Pearson
BTEC

كتاب Pearson BTEC International
المستوى 3

الهندسة (الهندسة الكهربائية)

العام الثاني/الصف الثاني عشر

المؤلفون: جيمس جودال، أندرو أوسبورن، مارك بروشنويكس، مايكل ريان

المستوى 3

كتاب الطالب

F01_ENG_ST_56259_Prelims_AR.indd 1 24/06/2025 07:37:24 ص

النشر: شركة بيرسون إديوكيشن ليمتد، 80 ستراند، لندن، WC2R 0RL.

www.pearsonschoolsandfecolleges.co.uk

يمكن العثور على نسخ من المواصفات الرسمية لجميع شهادات Pearson التأهيلية على الموقع الإلكتروني:
qualifications.pearson.com

© حقوق التأليف والنشر لمتن النصوص لعام 2020 محفوظة لصالح شركة بيرسون إديوكيشن ليمتد
تنسيق النص: شركة فلورنس برودكشن ليمتد
التحرير: شركة فلورنس برودكشن ليمتد
© حقوق التأليف والنشر للرسومات التوضيحية الأصلية محفوظة لشركة بيرسون إديوكيشن ليمتد
إعداد الرسومات التوضيحية: شركة فلورنس برودكشن ليمتد
البحث عن الصور: شركة إس بي آي جلوبال
تصميم الغلاف: شركة كريتيف مانكي فيجوال ديزاين
الترجمة: شركة LangSpire
نُشرت هذه الطبعة في عام 2025

أي علامات تجارية لجهة خارجية قد تظهر في هذا العمل هي ملك لأصحابها المعنيين وأي إشارات إلى العلامات التجارية أو الشعارات أو المظهر التجاري الآخر لجهة خارجية هي لأغراض توضيحية أو وصفية فقط، وذلك باستثناء عدم ذكر ما يخالف ذلك في هذا الكتاب. لا تهدف هذه الإشارات إلى الإفادة بتقديم أي رعاية، أو تأييد، أو تفويض، أو ترويج لمنتجات بيرسون إديوكيشن ليمتد من مالكي هذه العلامات، أو أي علاقة بين المالك وشركة بيرسون إديوكيشن ليمتد، أو الشركات، أو المؤلفين، أو المرخص لهم، أو الموزعين التابعين لها.

28 27 26 25

10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

فهرسة المكتبة البريطانية في بيانات النشر
يتوفر سجل كتالوج لهذا الكتاب من المكتبة البريطانية

رقم الكتاب المعياري الدولي (ISBN): 978 1 292 49147 9

إشعار حقوق التأليف والنشر
جميع الحقوق محفوظة. لا يجوز استنساخ أي جزء من هذا المنشور بأي شكل أو بأي وسيلة (بما في ذلك نسخه أو تخزينه في أي وسيط باستخدام الوسائل الإلكترونية، سواءً بشكل عابر أو عرضي لبعض الاستخدامات الأخرى لهذا المنشور) دون الحصول على إذن كتابي من مالك حقوق التأليف والنشر، باستثناء الحالات التي تتوافق مع أحكام قانون حقوق التأليف والنشر، والتصاميم، وبراءات الاختراع لعام 1988 أو بموجب شروط ترخيص صادر عن وكالة ترخيص، حقوق التأليف والنشر، برناردز إن، 86 فيتر لين، لندن EC4A 1EN (www.cla.co.uk).
يجب توجيه طلبات الحصول على إذن كتابي لمالك حقوق التأليف والنشر إلى الناشر.

المواقع الإلكترونية
لا تتحمل شركة بيرسون إديوكيشن ليمتد المسؤولية عن محتوى أي مواقع إلكترونية خارجية، ومن الضروري أن يعاين المعلمون كل موقع إلكتروني قبل استخدامه في الصف للتأكد من استمرار ملاءمة عنوان URL، ودقته، ومناسبته. ونقترح أن يضع المعلمون إشارات مرجعية للمواقع الإلكترونية المفيدة، مع مراعاة تمكين الطلاب من الوصول إليها عبر الشبكة الداخلية للمدرسة أو الكلية.

ملاحظة من الناشر
تنفذ شركة Pearson عمليات تحرير مُكثفة، بما يشمل التحقق من الإجابات والحقائق، لضمان دقة محتوى هذا المنشور، ولا تألو الشركة جهدًا لضمان خلو هذا المنشور من الأخطاء، ولكن الخطأ وارد فلا تتحمل Pearson المسؤولية عن أي سوء فهم ينشأ نتيجة أخطاء واردة في هذا المنشور. مع ذلك، فمن أولوياتنا ضمان دقة المحتوى، وفي حال ملاحظتك لأي خطأ، يُرجى التواصل معنا عبر resourcescorrections@pearson.com حتى نتأكد من تصحيحه.

رغم بذل الناشرون قصارى جهدهم لضمان دقة المشورة بشأن الشهادة التأهيلية وتقييمها، فإن المواصفات الرسمية ومواد إرشادات التقييم المرتبطة بها هي المصادر الموثوقة الوحيدة للمعلومات ويجب دومًا الرجوع إليها للحصول على إرشادات نهائية.

المحتويات

شكر وتقدير	د
الوحدة 19 الأجهزة والدوائر الإلكترونية	1
الوحدة 20 الدوائر الإلكترونية التناظرية	36
الوحدة 21 القياس والاختبار الإلكتروني للدوائر	118
الوحدة 23 الأنظمة الإلكترونية التناظرية والرقمية	168
الوحدة 36 المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة	254
الوحدة 56 الروبوتات الصناعية	302
مسرد المصطلحات	356

شكر وتقدير

المؤلفون: جيمس جودال، أندرو أوسبورن، مارك بروشنويكس، مايكل ريان

صورة الغلاف: © حقوق الطبع والنشر محفوظة لشركة بانيوات فيمفا/شترستوك

الوحدة 19

الصور:

123 آر إف: جورجيس مانكوسكاس ص 4 (بالوسط) (الشكل 19.2)؛ **ألامي ستوك فوتو:** جون بود ص 4 (بالأسفل) (الشكل 19.3)، لابوراتوري ص 6 (الشكل 19.4)؛ **مايكل ريان:** أُستخدِمت بإذن من مايكل رايان ص 16 (الشكل 19.24)؛ **ناشونال إنتسترومنتس:** لقطة شاشة مذبذب كولبيتس ص 3 (الشكل 19.1)؛ **شترستوك**: رومان باباكين ص 35.

الوحدة 20

الصور:

123 آر إف: أليسون هايز ص 116؛ **بيرسون إديوكيشن ليمتد:** كين فايل جرافيك ديزاين ص 41 (الشكل 20.4)، إتش إستوديوز ص 48 (الشكل 20.12)، 70 (الشكل 20.36)، بيرسون إديوكيشن ليمتد ص 70 (الشكل 20.37)، جولز سيلمز ص 110؛ **مايكل رايان:** مايكل رايان ص 100، 101، 102 **شترستوك:** ديزاينوا ص 98 (الشكل 20.71).

الوحدة 21

الصور:

123آر إف: سوفاكيت بانثيتاروجانابات، ص 138؛ **ألامي ستوك فوتو:** جي آي فوتوستوك إكس ص 129، كيه بيكسماينينغ ص 130؛ **بيرسون إديوكيشن:** غاريث بودن، ص 122 (بالأعلى على اليمين)، كولمان يوين، ص 122 (بالأسفل على اليمين) وص 150 (على اليمين)، استوديو 8 ص 123 (بالأعلى)، جولز سيلمز ص 124، تي إس زد-شان كوك ص 125 (بالأعلى)، أكسفورد ديزاينرز آند إلستراتورز ليمتد ص 126 وص 127، جولز سيلمز ص 128؛ **شترستوك:** بلانر ص.122 (بالأعلى على اليسار)، مني-جيهي ص.123 (بالأسفل) وص 154، دميتري ستريزاكوف ص 125 (بالأسفل)، أليكسي فيلاتوف ص 131، كارامفي ص 132، خوتنكو فلاديميرص 133، رومروي ص 134، فرانسيسكوموفوتوغرافو ص 150 (على اليسار)، أوستن ماسون ص 151 (بالأعلى)، إم إس ميكيل ص 151 (بالأسفل)، فلاديمير باتيشتشيف ص 167.

الوحدة 23

الصور:

123آر إف: آنا إيفانوفا ص 213 (بالأسفل)؛ **إم رايان**: ص 214 و215؛ **بيرسون إديوكيشن ليمتد:** أكسفورد ديزاينرز آند إليستراتورز ليمتد ص 180 (الشكل 23.10)، ناكي كويومتزيس ص 204؛ **شترستوك:** ماتي نوسيرم ص 188، تريكي شارك ص 213 (بالأعلى)، أندري أرماجوف ص 219، تيتياناك تي في ص 253.

F01_ENG_ST_56259_Prelims_AR.indd 4 24/06/2025 07:37:24 ص

الوحدة 36

الصور:

123آر إف: بيشيت بونهواد ص 258، فاديم ألكاندر ص 264، ليسيك ص 268، بختيار زين ص 283؛ **ألامي ستوك فوتو:** جينكور ص 260 (بالأسفل)، واروت سينتابانون ص 261 (بالأسفل)؛ **شترستوك:** روكابتشرد ص 257 (بالأعلى)، بوند 80 ص 257 (بالأسفل)، بابلو هيدالغو ص 260 (بالأعلى)، إكسمنتويز ص 261 (بالأعلى)، جينكور ص 262، بافيل إل فوتو آند فيديو ص 267 (بالأعلى على اليسار)، ديزرت فوكس 99 ص 267 (بالوسط على اليمين)، ريتش ساوثويلز ص 267 (بالوسط على اليسار)، أندري أرمياجوف ص 269، فلو ص 271، نوتثابات ماتفونغتافورن ص 274، فيدور كورولیفسكي ص 281، أورلا ص 286، جومنيتشا ص 290، نافينتار ص 293، مايكل جونج ص 295، أنطونيو غيليم ص 300.

الوحدة 56

الصور:

123 آر إف: التيتيودفيجوال ص 305(بالوسط) وص 17 (الفرز)، موليكس ص 307(زر الإيقاف المؤقت)، وكلز ص 307(حصائر استشعار الضغط)، فونيتيفات ص 319(التقاط الكرتون)، سيريساك 087 ص 319(التخزين)، كيتيساك 123 آر إف ص 327(بالأسفل)، شارفسين 86 ص 338، ميكتينا 4 ص 354؛ **ألامي ستوك فوتو:** هابين وانغ ص 305(بالأعلى)، شارفسين ص 307(جهاز التمكين)، ص 314 (الشكل 56.1) أندري بوبوف ص 315(بالأعلى)، روبرت أوبرهاوزر ص 315(بالأسفل)، أندرياس بروتس ص 319(تعبئة الروبوت)، نيكولاس فرناندیز ص 322 (الشكل 56.2)، ألكسندر بابيتشيف ص 327(بالأعلى)، توماس سولنر ص 329 (على اليسار)، آنا فازي ص 329 (على اليمين)، وو كايليانغ ص 330 (بالأسفل على اليمين)؛ **آلفر تكنولوجي:** مُستخدَمة بإذن من آلفر تكنولوجي ص320؛ **ميكاديميك:** "Meca500" (الروبوت)، "ميكاديميك" (الشركة المصنعة) ص 347 (الشكل 56.14 والشكل 56.15)، **شترستوك:** أوغست فونيتيفات ص 304، جينكور ص 305(بالأسفل)، أرش مرسيغود ص 307(زر التوقف)، بيكسل-شوت ص 307(ضوء الليزر)، سيبيلا ص 307(جهاز المجال الكهرومغناطيسي)، فيلينج لاكي ص 309، ناتاترافيل ص 313، فيرست فوتاتدج ص 314(بالأسفل)، تي آر إم كا ص 316، زيبوليانغ ص 317(اللحام)، جينسون ص 317(الطلاء)، فونلاماي فوتو ص 317(التجميع)، إيفجيني هاريتونوف ص 317(اللصق)، أوليفر سفيد ص 317 (المناولة) وص 330 (بالأسفل على اليسار)، آي فيوفايندر ص 318(توضيع المكونات)، فوتوغرين ص 318(اللحام بالقصدير)، جومبانات ص 318(التجميع)، الرابط التشعبي "https://enterprise.shutterstock.com/g/Zyabich" زيابيش فاميلي ص 318 (الاختبار)، تشيسكي ص 319 (الرص على لوح التحميل)، بوريس 15 ص 321(بالأعلى)، آر_بوي 321(بالأسفل)، بالونسيسي ص 323(الشكل 56.3)، جورودينكوف ص 330(بالأعلى على اليسار)، أشاركيو ص 330(بالأعلى على اليمين)، سيرجي ريزوف ص 331(بالأعلى)، هابين ص 331 (بالوسط)، فاكتوري إيزي ص 331 (بالأسفل)، فن فن فوتو ص 332، أندري أرمياجوف ص 333(بالأعلى)، يوري هويدا ص 333(بالأسفل)، آي آر ستون ص 335(بالأعلى)، فريم ستوك فوتيدجز ص 335(بالأسفل)، تشونغسيري تشايتونجنجام ص 336.

F01_ENG_ST_56259_Prelims_AR.indd 5 24/06/2025 07:37:25 ص

تعرُّف الوحدة

ستدرس في هذه الوحدة الدوائر الإلكترونية التناظرية المعتمدة على الصمامات الثنائية (الدايودات) والترانزستورات، إضافة إلى الدوائر المنطقية الرقمية التوافقية والتسلسلية. وستستخدم مجموعة من البرامج بغرض محاكاة الدوائر وبناءها بأمان، وستستخدم الأدوات التقليدية لاختبارها. يعتمد مصممو الدوائر الإلكترونية على الاستخدام المتكرر للبرامج بهدف محاكاة أفكار التصميم قبل بناء الدوائر النموذجية واختبارها في عملية تطوير المنتجات النهائية.

كيفية إجراء التقييم

التقييم

ستُقَيَّم بسلسلة من الواجبات التي يحددها مُعلمك.

ستُقَيَّم هذه الوحدة بسلسلة من المهام المقيّمة داخليًّا التي يحددها معلمك. وفي أثناء دراستك لهذه الوحدة، ستجد أنشطة تقييمية تساعدك على إنجاز تقييمك بنجاح. وإنجاز هذه الأنشطة يعني أنك نفذت بحثًا أو تدريبًا مفيدًا في إطار استعدادك لواجبك النهائي.

ومن أجل تنفيذ المهام المحددة في واجبك، من المهم التأكد من أنك قد استوفيت جميع معايير التقييم. ويمكنك تنفيذ ذلك في أثناء العمل على الواجب المحدد.

إذا كنت تهدف إلى تحقيق درجة التفوق أو الامتياز، فيجب عليك أيضًا التأكد من تقديم المعلومات في واجبك بالأسلوب الذي يتطلبه معيار التقييم ذي الصلة. على سبيل المثال، تتطلب معايير التفوق حل المسائل وتحليلها بدقة، أما معايير الامتياز فتشترط إجراء التقييم والتحليل النقدي.

ستتألف الواجبات التي حددها معلمك من عدد من المهام المصممة لتلبية المعايير الواردة في الجدول.

معايير التقييم

يوضح لك هذا الجدول ما يجب عليك فعله من أجل الحصول على درجة النجاح أو التفوق أو الامتياز، وأين يمكنك العثور على أنشطة لمساعدتك.

النجاح	التفوق	الامتياز
نتاج التعلم أ استكشاف التشغيل الآمن وتطبيقات الأجهزة والدوائر التناظرية التي تشكل اللبنات الأساسية للدوائر التجارية		
A.P1 محاكاة التشغيل الصحيح لدائرة واحدة تحتوي على دايود وترانزستور ومكبر العمليات باستخدام التخطيطات المدخلة. **تمرين تقييمي 19.1** **A.P2** بناء دائرة واحدة تحتوي على دايود وترانزستور ومكبر العمليات بأمان واختبار خصائص كل دائرة من هذه الدوائر. **تمرين تقييمي 19.1** **A.P3** شرح تشغيل دائرة واحدة تحتوي على دايود وترانزستور ومكبر العمليات باستخدام نتائج المحاكاة والاختبار. **تمرين تقييمي 19.1**	**A.M1** محاكاة التشغيل الصحيح لدائرة واحدة تحتوي على دايود وترانزستور ومكبر العمليات باستخدام التخطيطات المدخلة بدقة. **تمرين تقييمي 19.1** **A.M2** بناء دائرة واحدة تحتوي على دايود وترانزستور ومكبر العمليات بأمان واختبار خصائص كل منها بدقة. **تمرين تقييمي 19.1** **A.M3** تحليل تشغيل دائرة واحدة تحتوي على دايود وترانزستور ومكبر العمليات باستخدام نتائج المحاكاة والاختبار. **تمرين تقييمي 19.1**	**A.D1** تقييم تشغيل دائرة واحدة تحتوي على دايود وترانزستور ومكبر العمليات، باستخدام لغة صحيحة تقنيًا وذات مستوى عالٍ، ومقارنة النتائج من عمليات المحاكاة والاختبارات التي أجريت بأمان ودقة. **تمرين تقييمي 19.1**
نتاج التعلم ب استكشاف التشغيل الآمن وتطبيقات الأجهزة والدوائر المنطقية الرقمية التي تشكل اللبنات الأساسية للدوائر التجارية		
B.P4 محاكاة التشغيل الصحيح لدائرة منطقية توافقية واحدة على الأقل ودائرتين منطقيتين تسلسليتين باستخدام التخطيطات المدخلة. **تمرين تقييمي 19.2** **B.P5** بناء دائرة منطقية توافقية واحدة على الأقل ودائرتين منطقيتين تسلسليتين بأمان واختبر خصائص كل واحدة منها. **تمرين تقييمي 19.2** **B.P6** شرح تشغيل ثلاث دوائر منطقية على الأقل باستخدام نتائج المحاكاة والاختبار. **تمرين تقييمي 19.2**	**B.M4** محاكاة التشغيل الصحيح لدائرة منطقية توافقية واحدة على الأقل تعمل على تصغير البوابات ودائرتين منطقيتين تسلسليتين على الأقل وذلك باستخدام التخطيطات المدخلة بدقة. **تمرين تقييمي 19.2** **B.M5** بناء دائرة منطقية توافقية واحدة على الأقل لتقليل البوابات ودائرتين منطقيتين تسلسليتين على الأقل واختبار خصائص كل منها بدقة. **تمرين تقييمي 19.2** **B.M6** تحليل تشغيل ثلاث دوائر منطقية على الأقل باستخدام نتائج المحاكاة والاختبار. **تمرين تقييمي 19.2**	**B.D2** تقييم تشغيل دائرة منطقية توافقية واحدة على الأقل لتقليل البوابات ودائرتين منطقيتين متصلتين بالتسلسل، ومقارنة النتائج من عمليات المحاكاة والاختبارات التي أجريت بأمان ودقة. **تمرين تقييمي 19.2**
نتاج التعلم ج مراجعة تطوير الدوائر الإلكترونية التناظرية والرقمية وتقييم الأداء الشخصي		
C.P7 شرح كيفية تطبيق مهارات الصحة والسلامة والهندسة العامة والإلكترونية بفعالية في أثناء تطوير الدوائر. **تمرين تقييمي 19.3** **C.P8** شرح كيفية تطبيق السلوكيات المهنية ذات الصلة بفعالية في أثناء تطوير الدوائر **تمرين تقييمي 19.3**	**C.M7** التوصية بإدخال تحسينات على تطوير الدوائر الإلكترونية والسلوكيات ذات الصلة المطبقة. **تمرين تقييمي 19.3**	**C.D3** إبداء فهم تقني وتحليل جيد باستمرار للدوائر الإلكترونية، بما في ذلك تطبيق السلوكيات ذات الصلة والمهارات الهندسية العامة وفق مستوى احترافي. **تمرين تقييمي 19.3**

XXXX-3 Engineering Unit 19_AR.indd 1 24/06/2025 05:23:13 ص

بدء النشاط

هل تدرك الفرق بين الدوائر التناظرية والرقمية؟ ما التطبيقات الإلكترونية التي درستها بالفعل؟ هل بنيت أي دوائر إلكترونية؟ ما الطرق التي استخدمتها؟ يمكنك الاطلاع على محتوى الوحدة وإعداد قائمة بالعناصر التي تعتقد أنك تعرف عنها شيئًا بالفعل. وكجزءٍ من الوحدة، يتعين عليك مقارنة المهارات والمعرفة الأولية التي تتمتع بها بالمهارات والمعارف النهائية التي ستكتسبها لتقييم مدى تطورها. كن صادقًا في إجابتك!

نتاجات التعلم

أ} استكشاف التشغيل الآمن وتطبيقات الأجهزة والدوائر التناظرية التي تشكل اللبنات الأساسية للدوائر التجارية

ب} استكشاف التشغيل الآمن وتطبيقات الأجهزة والدوائر المنطقية الرقمية التي تشكل اللبنات الأساسية للدوائر التجارية

ج} مراجعة تطوير الدوائر الإلكترونية التناظرية والرقمية وتقييم الأداء الشخصي

أ} استكشاف التشغيل الآمن وتطبيقات الأجهزة والدوائر التناظرية التي تشكل اللبنات الأساسية للدوائر التجارية

ممارسات العمل الإلكتروني الآمن

السلامة عند التعامل مع الإلكترونيات

قد يكون العمل مع الدوائر الإلكترونية خطرًا إذا لم تتخذ الاحتياطات المعقولة. لذا، إليك في ما يلي بعض إرشادات السلامة للحفاظ على سلامتك في أثناء العمل.

- اعمل بإمدادات الجهد المنخفض فقط، ولا تعمل على بناء دائرة أو تعديلها بينما يكون التيار الكهربائي موصولًا.
- تحقق من عملك بعناية قبل توصيل التيار الكهربائي بالدائرة.
- حافظ على منطقة عملك نظيفة وجافة ومرتبة.
- كن حذرًا للغاية عند إجراء اللحام إذ يمكن أن تتسبب مكواة اللحام الساخنة في إصابتك بحروق بسهولة.
- اعمل دائمًا في مكان جيد التهوية، حيث إن اللحام قد ينبعث منه أبخرة ضارة.
- ارتدِ نظارات السلامة عند بناء الدوائر.
- اتبع دائمًا الإرشادات في تقييمات الأخطار المناسبة.
- اعرف الأشخاص المسؤولين عن الصحة والسلامة في مكان العمل، واتبع تعليماتهم دائمًا.

إضافة إلى حماية نفسك والآخرين، ينبغي أن تحرص على تجنب تلف المكونات. فهناك بعض المكونات التي تكون حساسة للكهرباء الساكنة، ويجب اتخاذ الاحتياطات اللازمة لتجنب التلف الناتج عن التفريغ الكهروستاتيكي (ESD). والبداية الجيدة في هذه العملية هي الحفاظ على نظافة منطقة العمل وترتيبها بحيث لا توجد مواد مثل الأكياس البلاستيكية التي قد تولد شحنة ثابتة. واحرص كذلك على التعامل مع لوحات الدوائر عن طريق حوافها قدر الإمكان. احرص دومًا على حفظ المكونات الحساسة في عبواتها حتى يحين وقت الحاجة إلى استخدامها. ويمكنك تنفيذ أعمال البناء في منطقة مخصصة ذات أسطح وأرضية تعمل على تفريغ الشحنة الساكنة، واستخدام طرق التأريض المناسبة، مثل حزام المعصم.

حالات الطوارئ

يجب أن تعرف ما يجب فعله وما يجب **تجنبه** في حالة نشوب حريق أو حدوث صعق كهربائي أو وقوع أي حالة طوارئ أخرى.

بحث

بالنسبة لمكان العمل وممارسات العمل:

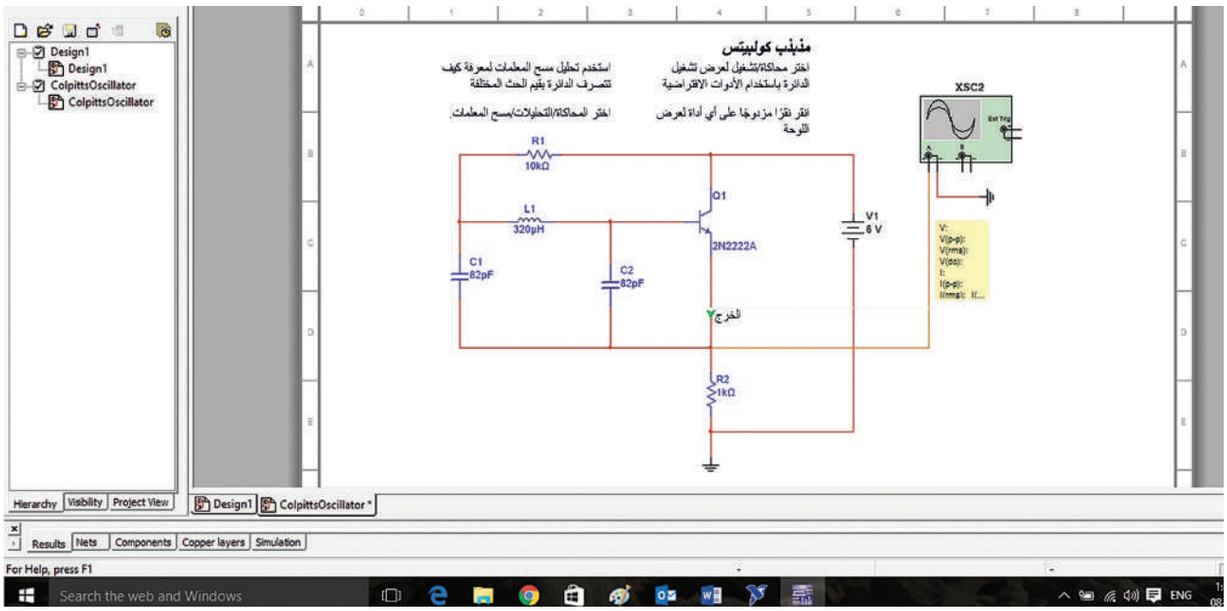
- تعرّف المسؤول عن الصحة والسلامة.
- تعرّف مُسعفِي الإسعافات الأولية المُعيَّنين وكيفية الاتصال بهم.
- تعرّف تقييمات الأخطار المناسبة
- تعرّف إجراءات الإخلاء.
- تعرّف أماكن وجود معدات السلامة، مثل طفايات الحريق وصُنْدوق الإسعافات الأولية.

XXXX-3 Engineering Unit 19_AR.indd 2 24/06/2025 05:23:14 ص

الإدخال التخطيطي ومحاكاة الدوائر التناظرية

من المهارات المهمة التي يجب أن تطورها هي القدرة على فهم مخططات الدوائر الكهربائية وبنائها، وينبغي أن تتبع هذه المخططات المعايير الدولية، مثل IEC 60617 من اللجنة الكهروتقنية الدولية®، أو الإقليمية مثل معياري BS8888 وBS3939 في المملكة المتحدة. وتتوافر العديد من حزم البرامج التي تسمح لك بذلك – انظر الشكل 19.1 على سبيل المثال، وتتراوح هذه الحزم من تنزيلات مجانية من الإنترنت إلى حزم احترافية مكلفة تُستخدم في هذا المجال، والتي تشترك جميعها في بعض الخصائص الأساسية. ويتمثل أحد العوامل الرئيسة في عدد المكونات المخزنة في مكتباتها ومدى سهولة استخدامها. لذا، يتعين أن تتمكن من العثور على المكونات التي تحتاج إليها سريعًا بحيث يمكنك سحبها وإفلاتها في نافذة الرسم لديك. يُمنح كل مكون تضيفه إلى تصميمك معرفًا فريدًا، مثل R1. وينبغي لك أن تكون قادرًا على توصيل المكونات، وذلك عن طريق السحب من نقطة لأخرى عادةً.

تحتوي المكتبات أيضًا على مجموعة متنوعة من مصادر الإشارة وأجهزة الاستشعار والمشغلات. ويلزمك التدرب على استخدام تطبيقات البرامج حتى تتمكن من العمل عليها بثقة وكفاءة.



الشكل 19.1 برنامج الإدخال التخطيطي والمحاكاة النموذجي.

يكمن الجانب الذكي للبرامج في أن المكتبات لا تحتوي على رموز الدوائر فحسب، بل تعمل أيضًا على تخزين تفاصيل خصائص الأجهزة، مثل جهد الانهيار وحد الطاقة لصمام دايود زينر. ويمكنك اختيار قيم المكونات الشائعة، مثل المقاومات والمكثفات، وتغييرها بسهولة من أجل تعديل تصميماتك. وتستخدم البرامج هذه المعلومات لتمكينك من محاكاة عملية تشغيل الدائرة. ويمكنك تضمين مجموعة كاملة من الأدوات الافتراضية، مثل: مقياس الجهد ومقياس التيار وراسمات الذبذبات وبعض الأجهزة الأكثر تعقيدًا (مثل محلل الطيف أو مخطط بود) بهدف قياس الإشارات عند أي نقطة في الدائرة.

تستخدم الغالبية العظمى من الحزم برنامجًا يُسمى SPICE لتنفيذ عملية المحاكاة. ويُضمن هذا البرنامج في حزمة البرامج، لذا لا يلزمك معرفة الكثير عنه في هذه المرحلة.

ستسمح حزمة البرامج الخاصة بك أيضًا بتصميم الدوائر الرقمية (المُناقشة في *الجزء (ب)*، صفحة 25 وما يليها) ومحاكاتها. وتحتوي المكتبات الرقمية على البوابات الأساسية والعائلات المنطقية القياسية.

XXXX-3 Engineering Unit 19_AR.indd 3 24/06/2025 05:23:15 ص

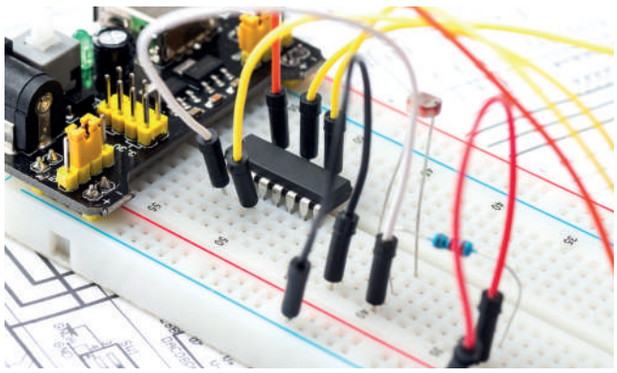
وتتوافر بعض الحزم التي تسمح لك ببناء ما يُسمى بالتصاميم الهرمية، حيث تعمل على تصميم وحدة ما، ثمّ تستخدم عدة وحدات لبناء وحدة أكبر وهكذا.

يمكن أن تنطوي الدوائر الرقمية على مشكلات تتعلق بالتوقيت، والتي قد تكون أحيانًا صعبة الحل. وتتوافر أجهزة تحليل منطقية يمكنها مقارنة الإشارات في نقاط متعددة في الدائرة للتحقق من حدوث التغييرات في الوقت المناسب، ولكنها قد تكون مكلفة للغاية. وتتيح لك المحاكاة التحقق من أن الإشارات تأخذ الوقت الكافي للاستقرار قبل أن تؤثر في جزء آخر من الدائرة.

أساليب بناء الدائرة

طرق إعداد النماذج الأولية

بعد تنفيذ التصميم والمحاكاة الأولية، تتمثل الخطوة التالية في بناء دائرة نموذجية لاختبار ما إذا كان تصميمك يعمل بشكلٍ عملي أم لا. وتتوافر العديد من طرق إعداد النماذج الأولية المتاحة، ومنها أنظمة التوصيل القبسي (Plug-in) التي تعتبر مفيدة في المراحل الأولى إذ تتيح لك تحريك المكونات بسهولة وتجربة قيم مختلفة. وهناك أيضًا الأنظمة الملحومة (Soldered) التي تتميز بكونها أكثر متانة، لكنها ليست سهلة التعديل إذا كنت بحاجة لإجراء تغييرات.

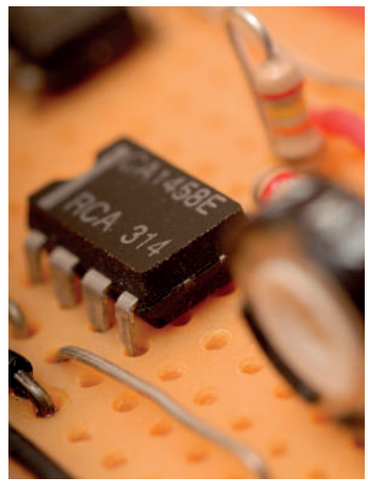


الشكل 19.2 نموذج أولي للدائرة على لوحة التجارب.

يُعرف أكثر أنواع أنظمة التوصيل القبسي شيوعًا باسم لوحة التجارب (انظر الشكل 19.2)، وهي عبارة عن كتلة بلاستيكية تحتوي على ثقوب مرتبة في مجموعات متصلة بمشابك النابض. وعادةً ما تكون الثقوب مرتبة عادةً بمسافة 0.1 بوصة (2.54 مم) بين كل منها. أما المسافة بين الكتل عبر الخط المركزي تبلغ 0.3 بوصة (7.62 مم)، وهي المسافة نفسها بين الدبابيس في الحزم المزدوجة على الخط (DIP) المستخدمة في العديد من الدوائر المتكاملة. وعليك إدخال المكونات مثل المقاومات والمكثفات وروابط أسلاك التوصيل في هذه الثقوب بغرض إكمال بناء الدائرة. وقد تجد أن استخدام لوحات التجارب محبطًا عند محاولة استخدامها مع الدوائر الكبيرة والمعقدة، حيث قد تواجه مشكلات في التوصيلات وفي الحفاظ على تباعد المكونات. إضافة إلى ذلك، قد تكتشف أن بعض أطراف المكونات لا تتناسب مع الثقوب.

تحتوي لوحة فيروبورد (انظر الشكل 19.3) على شبكة من الثقوب بمسافة تباعد 0.1 بوصة (2.54 مم). يمكنك تركيب المكونات من خلال الثقوب، حيث تكون المكونات على الجانب الفارغ من اللوحة. وعادةً ما تكون اللوحة مصنوعة من الراتنج فينولي أو أحيانًا تكون لوحة مقواة بالألياف الزجاجية. ويحتوي الجانب العكسي من اللوحة على مسارات نحاسية موازية تمتد بطول اللوحة. تُلحَم أطراف المكونات وروابط التوصيل بالمسارات. وتتلاءم مقاسات "الحزم المزدوجة على الخط" مع المصفوفة. وعليه، يلزم رسم المخطط بعناية. ويتعين عليك قطع المسارات في أماكن معينة لفصل المكونات المستقلة. ومن الأفضل تخطيط التصميم على شبكة قبل بدء عملية البناء.

يمكنك استخدام بديلًا للوحة فيروبورد، وهو لوحة الشرائح، لبناء دائرة دائمة أكثر، ومن المقرر أن تكون التوصيلات أكثر موثوقية. كما يمكنك شراء عدة أنواع من ألواح الشرائح.



الشكل 19.3 لوحة التوصيل "فيروبورد".

XXXX-3 Engineering Unit 19_AR.indd 4 24/06/2025 05:23:17 ص

هناك بديل آخر وهو لوحة الشبكة المثقوبة التي تحتوي فقط على ثقوب معزولة لتركيب المكونات. وفيها تعمل على لحام المكونات على اللوحة وربط المكونات من نقطة لأخرى، إما باللحام وإما عن طريق لف الأسلاك (وهي الطريقة الأقل شيوعًا). وتعتبر هذه الطريقة مفيدة في الدوائر الصغيرة والبسيطة التي تحتوي على عدد قليل من المكونات.

طرق البناء الدائمة

بمجرد محاكاة التصميم الخاص بك واختبار أنه يعمل باستخدام طريقة النموذج الأولي، ربما ترغب في إنشاء دائرة دائمة أكثر يمكن إعادة إنتاجها اقتصاديًا. وقد يحتوي برنامج التصميم الخاص بك على وسيلة لتحويل التصميم التخطيطي الخاص بك إلى تخطيط خاص بلوحة دوائر مطبوعة (PCB). وتحقيقًا لذلك، تتوافر بعض البرامج التي ستعمل تلقائيًا على توجيه مسارات الاتصال نيابةً عنك. قد تتطلب الدوائر الأكثر تعقيدًا لوحات دوائر مطبوعة مزدوجة الوجهة، والتي تتضمن مسارات على جانبي اللوحة. ومن المزايا الكبيرة للوحات دوائر مطبوعة مزدوجة الوجهة أنه يمكن إنتاجها بكميات كبيرة.

إن تصميم لوحة الدوائر المطبوعة يعني أنه يمكنك مراعاة أطوال أطراف المكونات المختلفة، والرقائق، والمكونات المثبتة على السطح، وغيرها من العناصر، وهو ما قد يكون من الصعب مراعاته في النموذج الأولي.

اختبار الدوائر التناظرية الفعلية

من المهم أن تعرف ما هي الفولتية والتيارات والأشكال الموجية المتوقعة عند النقاط الرئيسة في الدائرة التي تخضع للاختبار، وذلك لكي تتمكن من مقارنتها بالقيم التي تقيسها. وتتمثل الأدوات الرئيسة التي يلزم أن تكون قادرًا على استخدامها لاختبار الدوائر التناظرية في مصدر إمداد الطاقة الثابت وجهاز القياس متعدد الأغراض وراسم الذبذبات ومولد الإشارات.

تأكد من أنك على دراية بكيفية توصيل جهاز قياس متعدد الأغراض واستخدامه بشكلٍ صحيح لقياس الجهد والتيارات. يمكنك أيضًا فحص قيم المقاومات واختبار الصمامات الثنائية (الدايود) إلى جانب، في معظم أجهزة القياس متعدد الأغراض، الترانزستورات بشرط ألا تكون الدائرة مزودة بالطاقة.

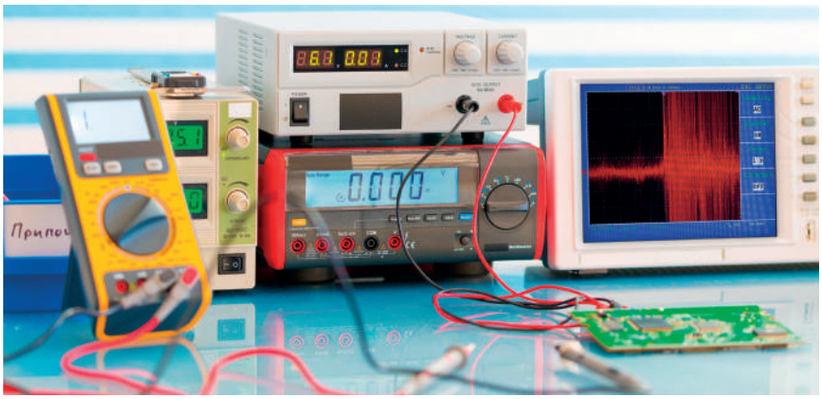
مولد الإشارات هو مصدر للإشارات ذات ترددات مختلفة. وعادةً ما تكون الوظائف المتاحة هي الموجات الجيبية والمثلثية والمربعة. ويمكنك تغيير تردد الإشارة وسعتها وقد تتمكن أيضًا من ضبط دورة العمل (جزء المدة التي تكون فيها الإشارة أو النظام نشطًا) للشكل الموجي. وستكون معظم مولدات الإشارات التي من المحتمل أن تستخدمها عبارة عن مولدات تردد صوتي تتراوح من حوالي 0.03 هرتز إلى 3 ميجاهرتز. وقد تحتوي على مقاومات خرج "منخفضة" و"مرتفعة" لتمكين التوافق مع الأحمال المختلفة – على سبيل المثال، مقاومة منخفضة للتوصيل المباشر بمكبر الصوت أو مقاومة عالية للتوصيل بجهاز راسم الذبذبات.

يعمل راسم الذبذبات على رسم الجهد على المحور الرأسي مقابل الوقت على المحور الأفقي. يمكنك تغيير حساسية محور الجهد عن طريق ضبط الكسب ($V\ cm^{-1}$). وتسمح لك راسمات الذبذبات ثنائية المسار بمقارنة إشارتين في وقتٍ واحد. وهذه ميزة مفيدة للغاية عند قياس كسب المكبر، حيث ستتمكن من رؤية إشارات الدخل والخرج على الشاشة نفسها في الوقت نفسه. كما يمكنك التحكم في كسب كل مسار على حدة. وتغير قاعدة الزمن ($s\ cm^{-1}$) السرعة التي تنتقل بها نقطة تغير الإشارة عبر الشاشة. وعادةً ما تضبط قاعدة الزمن لعرض ما يزيد عن دورتين كاملتين للإشارة (الإشارات) التي تقيسها. ومن المهم التأكد من أن ضوابط تحكم الكسب معينة على وضع "المعايرة" إذا كنت ترغب في أخذ قياسات دقيقة. وقد يتعين عليك أيضًا ضبط "التحكم في الثبات" للتأكد من أن كل مسار عبر الشاشة يبدأ من النقطة نفسها حتى تتمكن من رؤية مسار ثابت.

يوضح الشكل 19.4 بعض المعدات الأساسية الخاصة بالاختبار الإلكتروني. وتتمثل الأدوات الأكثر تعقيدًا التي قد تستخدمها من حينٍ لآخر في مخطط بود ومحلل الطيف وعداد التردد.

يمكن أيضًا استخدام جهاز قياس متعدد الأغراض وراسم ذبذبات لاختبار الدوائر الرقمية (بحسب ما جرى مناقشته في *الجزء ب*، صفحة 25 وما يليها)، ومع ذلك قد تحتاج إلى استخدام بعض الأدوات الإضافية.

XXXX-3 Engineering Unit 19_AR.indd 5 24/06/2025 05:23:17 ص



الشكل 19.4 معدات الاختبار الإلكترونية الأساسية.

يعطي المجس المنطقي مؤشرًا مرئيًا لما إذا كانت الإشارة عند المستوى المنطقي 0 أو المستوى المنطقي 1، وقد يكون قابلًا للتبديل بغرض استخدامه مع العائلات المنطقية المختلفة. ويمكن استخدام مجس منطقي مع نابض منطقي بغرض التحقق من تغير المستوى المنطقي على النحو المتوقع. ونبين أن النابض المنطقي يشبه المجس المنطقي، لكنه يضخ إشارة رقمية عند نقطة معينة. وتستخدم العديد من الدوائر الرقمية مدخلات ومخرجات منطقية متعددة. إضافة لذلك، يمكنك استخدام مشبك منطقي للاتصال بدائرة متكاملة (IC) بغرض مراقبة جميع الدبابيس في الوقت نفسه. هناك أيضًا المحلل المنطقي وهو عبارة عن أداة اختبار أكثر تعقيدًا تسجل العديد من الإشارات في وقت واحد وتعرضها على الشاشة. ويمكنك إعداد المحلل ليتفاعل مع حدث معين وجمع العينات وعرضها. يمكن للمحلل التحقق من أمور مثل الإشارات التي لا تغير أبدًا المستوى المنطقي الخاص بها (الأعطال "العالقة") أو الإشارات التي تتغير دائمًا معًا (دائرة قصيرة محتملة). يمكنك أيضًا فحص المشكلات المتعلقة بالتوقيت، والتي قد تتسبب في حدوث بعض الأخطاء. علاوة على ذلك، يمكنك استخدام مولد الكلمات لإنشاء أنماط البِتَّات.

اتبع هذه الخطوات للتحضير للعمل الذي ستنفذه في هذه الوحدة:

1. تعرّف أدوات القياس التي يتعين عليك استخدامها.
2. افحص نوع جهاز القياس متعدد الأغراض الذي ستستخدمه. تدرب على قياس الجهد والتيارات في ما يتعلق بالتيار المباشر (DC) والتيار المتناوب (AC) منخفض الجهد في الدوائر البسيطة.
3. استخدم جهاز القياس متعدد الأغراض في قياس قيم المقاوم ولاحظ ما يحدث عند قياس القيم في الدوائر. (تأكد من عدم توصيل الطاقة.)
4. اضبط مولد الإشارات لإعطاء خرج جيبي بتردد 1 كيلو هرتز. وصل الإشارة براسم ذبذبات واضبط السعة على 2 فولت. اضبط كسب الجهد في راسم الذبذبات بحيث يكون المسار الكامل مرئيًا ومرتفعًا قدر الإمكان. اضبط قاعدة الزمن لراسم الذبذبات لإعطاء دورتين كاملتين تقريبًا على الشاشة.
5. شاهد ما يحدث إذا قمت بتغيير الإشارة لتوليد موجة مثلثية، ثمّ موجة مربعة.

أجهزة الصمام الثنائي والدوائر التي تعمل بالصمام الثنائي

أشباه الموصلات

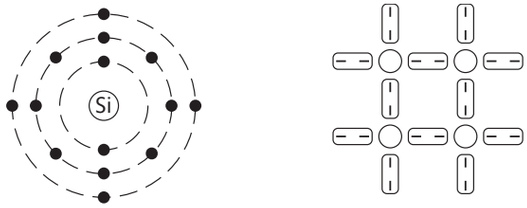
يعتبر السيليكون مادة **أشباه الموصلات** الأكثر استخدامًا. يحتوي السيليكون على الرقم الذري 14 ويقع في المجموعة الرابعة من الجدول الدوري. وتتضمن ذرة السيليكون أربعة إلكترونات تكافؤ، والتي تشكل روابط تساهمية مع أربع ذرات أخرى لتشكيل بنية بلورية (انظر الشكل 19.5 في الصفحة التالية). وتعتبر الروابط التساهمية قوية للغاية، لذلك يوجد عدد قليل جدًا من الإلكترونات "الحرة" التي يمكنها التحرك

المهارات

- المبادرة
- التوجيه الذاتي

يتطلب إنجاز التحقيقات بدقة تركيزًا وجهدًا.
في مكان العمل، قد تضطر إلى العمل بشكل مستقل في التحقيقات. يجب أن يكون لديك تحفيز ذاتي وقادرًا على استخدام المبادرة.

XXXX-3 Engineering Unit 19_AR.indd 6 24/06/2025 05:23:18 ص

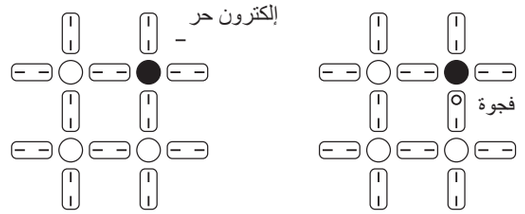


هيكل الشبكة الذرية هيكل ذرة السيليكون

الشكل 19.5 ذرة السيليكون وبنية الشبكة الذرية.

في درجات الحرارة المنخفضة. لذلك، فإن السيليكون الأصلي يتصرف بشكلٍ أقرب إلى **العازل**. وفي ظل زيادة درجة الحرارة، تكتسب الذرات الطاقة ويمكن كسر المزيد من الروابط التساهمية. فكلما زادت درجة الحرارة، زاد عدد الروابط المكسورة وبالتالي عدد الشحنات الحرة القادرة على التوصيل. وعندما يكتسب الإلكترون طاقة كافية لكسر الرابطة، تصبح الرابطة التساهمية الناتجة غير متوازنة كهربائيًا. وفي الواقع، يحمل "الثقب" الذي يبقى شحنة موجبة تعادل في مقدارها شحنة الإلكترون.

يمكنك زيادة موصلية أشباه الموصلات الجوهرية عن طريق إدخال كميات صغيرة من الشوائب. وهذا ما يعرف باسم التشويب. يوضح الشكل 19.6 عملية تشويب الشبكة البلورية للسيليكون.



المجموعة الثالثة: التشويب، النوع p المجموعة الخامسة: التشويب، النوع n

الشكل 19.6 تأثير التشويب في الشبكة البلورية للسيليكون.

بالنسبة لعنصر من المجموعة الخامسة من الجدول الدوري، مثل الأنتيمون (Sb)، تحتوي كل ذرة على خمسة إلكترونات تكافؤ وتُسمى خماسية التكافؤ. وفي حالة استبدال ذرة السيليكون والاستعاضة عنها بذرة الأنتيمون، فإن كل ذرة من الأنتيمون توفّر إلكترونًا واحدًا أكثر مما هو مطلوب لإكمال الروابط التساهمية في الشبكة البلورية، ثمّ يسهم كل إلكترون من هذه الإلكترونات في عملية التوصيل. يُطلق على الشوائب من المجموعة الخامسة اسم العناصر المانحة، ويُشار إلى المادة المشوبة باسم النوع السالب نظرًا لأن الإلكترونات تحمل شحنة سالبة.

بالنسبة لعنصر من المجموعة الثالثة من الجدول الدوري، مثل البورون (B)، تحتوي كل ذرة على ثلاثة إلكترونات تكافؤ وتُسمى ثلاثية التكافؤ. وفي حالة استبدال ذرة السيليكون والاستعاضة عنها بذرة بورون، فإن كل ذرة بورون توفّر إلكترونًا واحدًا أقل مما هو مطلوب لإكمال الروابط التساهمية في الشبكة البلورية. وهذا ينتج عنه "ثقبًا"، وتسهم كل من هذه الثقوب في عملية التوصيل. ويُطلق على الشوائب من المجموعة الثالثة اسم العناصر المستقبلة، ويشار إلى المادة المشوبة بالنوع الموجب نظرًا لأن الثقوب تحمل شحنة موجبة.

الصمام الثنائي (الدايود) ذو الوصلة PN

إذا شوبت بلورة سيليكون مفردة بعناصر مستقبلة على جانب وعناصر مانحة على الجانب الآخر، تتشكل وصلة PN. في البداية، يوجد تدرج تركيز للشحنة عبر البلورة، لذلك ستتحرك الإلكترونات نحو منطقة النوع p بينما تتحرك الثقوب نحو منطقة النوع n. ستتحد الثقوب والإلكترونات في المنطقة المركزية،

المصطلحات الرئيسة

أشباه الموصلات – مادة مثل السيليكون (Si) أو الجرمانيوم (Ge) أو زرنيخيد الغاليوم (GaAs) لها خصائص كهربائية تقع بين خصائص **الموصلات** والعوازل.

- تُسمى مواد أشباه الموصلات النقية بأشباه الموصلات الداخلية.
- تحتوي أشباه الموصلات الخارجية على كميات ضئيلة جدًا من الشوائب المُختارة لزيادة الموصلية. يطلق على عملية إدخال كميات مُقاسة من الشوائب مصطلح التشويب.

الموصل – مادة لها مقاومة منخفضة للغاية وتسمح بمرور التيار الكهربائي بسهولة. وتكون معظم الموصلات الجيدة على هيئة معادن، مثل النحاس والألومنيوم والفضة.

العازل – مادة لها مقاومة عالية للغاية. وعادةً ما تكون غير معدنية. من الأمثلة على العوازل الجيدة البلاستيك والمطاط.

XXXX-3 Engineering Unit 19_AR.indd 7 24/06/2025 05:23:19 ص

المصطلحات الرئيسة

الأنود – الاتصال بالمادة من النوع P.

الكاثود – هو الاتصال بالمادة من النوع N.

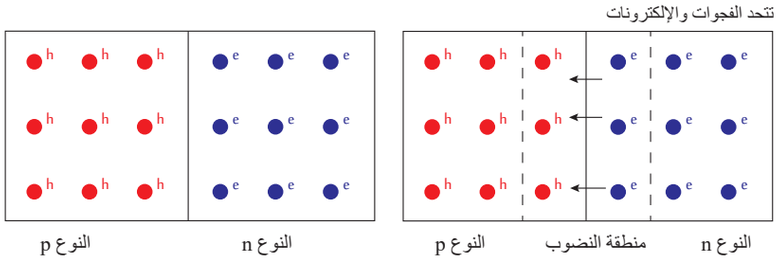
جهد الحاجز – الحد الأدنى لجهد الانحياز الأمامي اللازم لبدء التوصيل.

الانحياز الأمامي – يصف الصمام الثنائي (دايود) في الحالات التي يكون فيها الأنود أكثر إيجابيةً من الكاثود.

الانحياز العكسي – يصف الصمام الثنائي (دايود) في الحالات التي يكون فيها الأنود أكثر سلبيةً من الكاثود.

حاملات الشحنة الأكثرية – حاملات الشحنة الناتجة عن عملية التشويب، وتكون عبارة عن فجوات في المواد من النوع p وإلكترونات في المواد من النوع n.

حاملات الشحنة الأقلية – الفجوات في المادة من النوع n والإلكترونات في المادة من النوع p الناتجة عن أزواج الفجوات – الإلكترونات المتولدة حراريًا في الشبكة البلورية للسيليكون.



الشكل 19.7 تكوين منطقة النضوب في وصلة PN.

مكونة منطقة لا تحتوي على شحنات حرة، تُسمى منطقة النضوب (انظر الشكل 19.7 في الصفحة الآتية). وسيجري الوصول إلى حالة التوازن حيث يكون عرض منطقة النضوب هذه ثابتًا إلى حدٍ ما. ستعتمد القيمة الفعلية على العديد من المعلمات، بما في ذلك تركيزات التشويب النسبية للنوعين p وn ودرجة الحرارة. تُشكل منطقة النضوب حاجزًا أمام حركة ناقلات الشحنات الحرة عبر الحدود. ويلزم تطبيق الحد الأدنى من الجهد الأمامي لتجاوز جهد الحاجز حتى يتدفق التيار.

وصلة PN المنحازة للأمام

إذا وصلت الطرف الموجب لمصدر جهد مناسب **بأنود** في وصلة PN (الرسم التخطيطي ناحية اليسار في الشكل 19.8)، يعمل الجهد على تقليص منطقة النضوب بشكلٍ فعلي. عندما يكون الجهد المطبق كافيًا لتجاوز **جهد الحاجز**، يمكن للإلكترونات والثقوب التحرك بحرية عبر الوصلة، حيث يسهم كلاهما في التيار الكلي.

الشكل 19.8 انحياز الصمام الثنائي بوصلة PN .

وصلة PN المنحازة عكسيًا

يؤدي عكس مصدر الجهد إلى توسيع منطقة النضوب بشكل فعلي، ما يؤدي إلى إنشاء حاجز أكبر أمام حركة **حاملات الشحنة الأكثرية** (الرسم التخطيطي ناحية اليمين في الشكل 19.8).

تحتوي منطقة النوع n على الإلكترونات الحرة الأكثرية من ذرات العناصر المانحة، إضافة إلى الثقوب الأقلية التي يجري إنشاؤها بفعل الاضطراب الحراري لشبكة السيليكون البلورية. وبالطريقة نفسها، توجد إلكترونات أقلية في منطقة النوع p. وستجد هذه الإلكترونات ظروف الانحياز بحيث يتسبب المجال الكهربائي (تدرج الجهد) عبر الوصلة في "سحبها". وعلى الرغم من أن هذا التيار العكسي عادةً ما يكون صغيرًا للغاية، إلا أنه يمثل أهمية كبيرة. فإذا كان الجهد العكسي مرتفعًا، سيجري تسريع **حاملات الشحنة الأقلية** ويمكن أن يحدث "انكسار انهياري"، وهو وضع غير قابل للاسترداد عادةً.

يحتوي نوع الدايود الذي من المرجح أن تستخدمه على وصلة PN قياسية كما هو موضح أعلاه. ويمكن تجميع هذه الدايودات في أنواع الإشارات الصغيرة، المستخدمة في تطبيقات التيار المنخفض، ودايودات المقوم، المستخدمة في تطبيقات التيار العالي والجهد العالي.

ويعتبر الصمام الثنائي الباعث للضوء (LED) نوعًا شائعًا آخر من أنواع الدايود. في حالة توصيل LED في وضع الانحياز الأمامي، يتدفق التيار ويتسبب ذلك في إنتاج الضوء. وتتوافر مجموعة متنوعة من الألوان. وقد وجدت التطورات الأخيرة في تكنولوجيا LED طريقها بسرعة إلى تطبيقات الإضاءة والعرض، مثل أن تصبح الشكل الرئيس للإضاءة منخفضة الطاقة وعنصرًا مهمًا في معظم شاشات التلفزيون وأجهزة الحاسوب. تعمل الدايودات الليزرية أيضًا على إنتاج الضوء، لكن الفرق الرئيس هو أن الضوء المنتج بواسطتها يُعد متماسكًا. ويجري استخدامها في مشغلات DVD وBlu-ray والمؤشرات الليزرية.

تُستخدم الدايودات الضوئية في الكشف عن الضوء، وهي تنطوي على عدة أنواع، وعادةً ما تُستخدم في الانحياز العكسي. ويجري استخدامها في نطاق واسع في تطبيقات الاتصالات.

XXXX-3 Engineering Unit 19_AR.indd 8 24/06/2025 05:23:19 ص

وتُستخدم دايودات زينر في الانحياز العكسي لتوفير جهد مرجعي ثابت. عادةً ما يكون لديها منطقة نضوب ضيقة بسبب تركيزات التشويب في مناطق من النوع p والنوع n. وتنهار عند مستوى جهد معين (يُسمى جهد زينر). ويتعين عليك الحد من التيار باستخدام المقاوم المتسلسل لتجنب التلف الدائم.

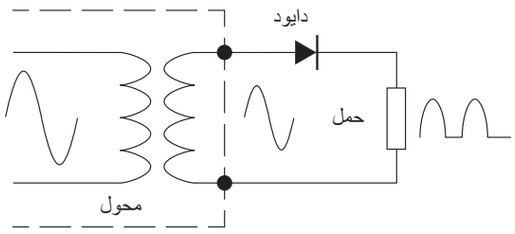
التقويم

إن قدرة الدايود على توصيل التيار في اتجاه واحد وحجبه في الاتجاه الآخر تُعد مفيدة في عدد من التطبيقات، وأكثرها شيوعًا هو التقويم، أي تحويل إشارة التيار المتناوب (a.c.) إلى إشارة تيار مستمر (d.c.).

في بقية هذا الجزء، نستكشف الدوائر المستخدمة لتطوير مصدر طاقة منظم للتيار المستمر منخفض الجهد. بالنسبة لكل نوع من أنواع الدوائر:

- استخدم حزمة التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD) لرسم المخطط.
- حاكي الخرج باستخدام أجهزة قياس افتراضية وراسم الذبذبات.
- وصل الدائرة باستخدام نظام النموذج الأولي وقس الإشارات.
- قارن النتائج التي حصلت عليها من القياس ومن المحاكاة.

مقوم نصف الموجة



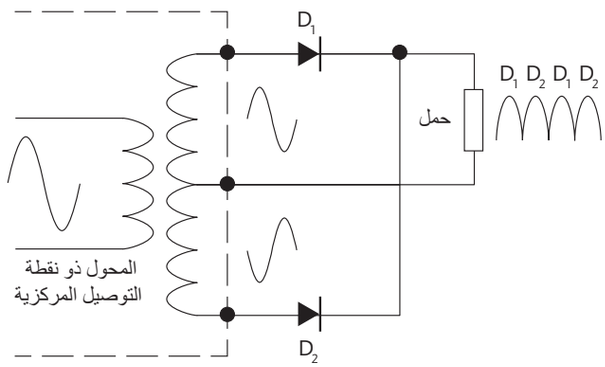
الشكل 19.9 مقوم نصف موجة.

يوضح الشكل 19.9 دائرة مقوم نصف الموجة. يكون الدايود منحازًا للأمام على نصف الدورة الموجب، ويعمل على تمرير التيار. وسيكون التيار الذي يمر عبر الحمل بنفس شكل مصدر الجهد الذي ينتجه. ويكون الدايود منحازًا عكسيًا على نصف الدورة السالب، لذا لن يتدفق أي تيار عبر الحمل على نصف الدورة السالب. ويجب اختيار الدايود بحيث يمكنه تحمل الجهد العكسي الأقصى (PIV).

مقوم الموجة الكاملة

ندرس نوعين من دوائر مقوم الموجة الكاملة.

- **المحول ذو نقطة التوصيل المركزية**



الشكل 19.10 مقوم الموجة الكاملة بالمحول ذو نقطة التوصيل المركزية

المهارات

- التعلم المستمر

مِن أبرز التطورات التي شهدتها الإضاءة المنزلية في السنوات الأخيرة استخدام الصمامات الثنائية الباعثة للضوء، وما تزال الجهود جارية في تطوير أجهزة واستخدامات جديدة في هذا المجال.

بحث

تحقق من أنواع الصمامات الثنائية المذكورة أعلاه وتطبيقاتها النموذجية.

في ما يأتي بعض أنواع الصمامات الثنائية الإضافية التي يمكنك التحقق منها:

- الصمام الثنائي شوتكي
- الصمام الثنائي النفقي
- الصمام الثنائي المتغير

المهارات

- التحليل

عند التفكير في كيفية تطور دوائر التقويم، فإنك تُحلل المعلومات. قد يكون التحليل وصفيًا، أو قد يتضمن استخدام المهارات الرياضية.

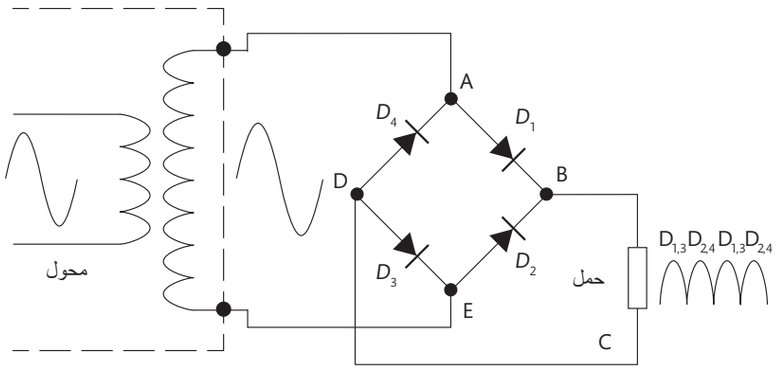
XXXX-3 Engineering Unit 19_AR.indd 9 24/06/2025 05:23:19 ص

يوضح الشكل 19.10 في الصفحة السابقة دائرة واحدة لتقويم الموجة الكاملة، وهي المقوم ثنائي الطور. ويكون الجهد في كل نصف من الملف الثانوي للمحول في طورين متعاكسين لبعضهما بعضًا. ويجري التعامل مع نقطة التوصيل المركزية بوصفها النقطة المرجعية. يكون الدايود D_1 منحازًا للأمام في نصف الدورة الموجب بينما يكون الديواد D_2 منحازًا عكسيًا. ويتدفق التيار عبر الحمل (من الأعلى إلى الأسفل كما هو مرسوم) عبر D_1. وفي نصف الدورة السالب، يكون D_1 منحازًا عكسيًا وD_2 منحازًا للأمام. ويتدفق التيار عبر الحمل (من الأعلى إلى الأسفل كما هو مرسوم) عبر D_2. ينتج عن ذلك تدفق التيار على كل من نصفي الدورتين عبر الديواد المنحاز للأمام. ولا يمكن أن يتدفق التيار في الاتجاه الآخر. يظل الخرج عند القطبية نفسها طوال الوقت، ولم يعد متناوبًا بل أصبح تيارًا مستمرًا نابضًا. ويكون التردد ضعف تردد مصدر التيار. ويجب أن يكون لدى كل دايود القدرة على تحمل ضعف قيمة الجهد العكسي الأقصى المستخدمة في تقويم نصف الموجة.

لن يقرأ جهاز القياس متعدد الأغراض المتصل عبر الحمل القيمة القصوى للشكل الموجي؛ بل سيقرأ متوسط القيمة على مدار الدورة، والتي يمكن إيجادها من خلال حساب المساحة أسفل المنحنى وقسمة الناتج على المدة الزمنية. ويمكن إثبات أن هذه القيمة المتوسطة تُعطى من خلال:

$$V_{avg} = \frac{V_{peak}}{\pi}$$

- **المقوم الجسري ذو الموجة الكاملة**



الشكل 19.11 المقوم الجسري ذي الموجة الكاملة.

يستخدم المقوم الجسري ذو الموجة الكاملة (الشكل 19.11) أربعة صمامات ثنائية، D_1 وD_2 وD_3 وD_4، والتي تكون متصلة بطريقة تجعل الأزواج المتقابلة تتوصل معًا. ويجري توجيه التيار خلال الحمل في الاتجاه نفسه (انظر الشكل 19.12 في الصفحة الآتية).

تستخدم الإمدادات العملية غالبًا وحدات المقوم الجسري، والتي تحتوي على أربعة صمامات ثنائية مدمجة بوصفها عنصر واحد بالدائرة.

التسوية (مرشح)

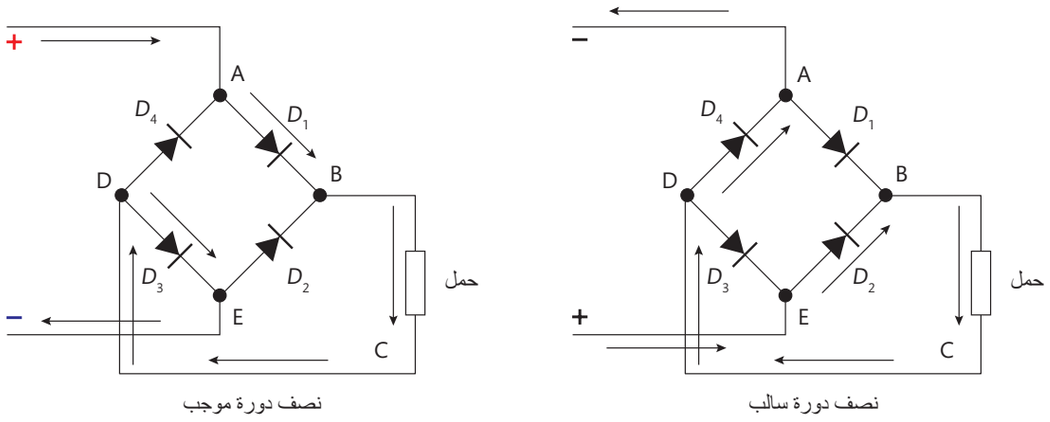
تُعد أبسط طريقة لتسوية النبضات الناتجة عن المقوم هي استخدام مكثف احتياطي (انظر الشكل 19.13 في الصفحة الآتية). يشحن هذا المكثف في أثناء ارتفاع شكل الموجة ويفرغ في أثناء تراجعها. يجب اختيار قيمة المكثف بحيث تقلل تموج الجهد.

منظم دايود زينر

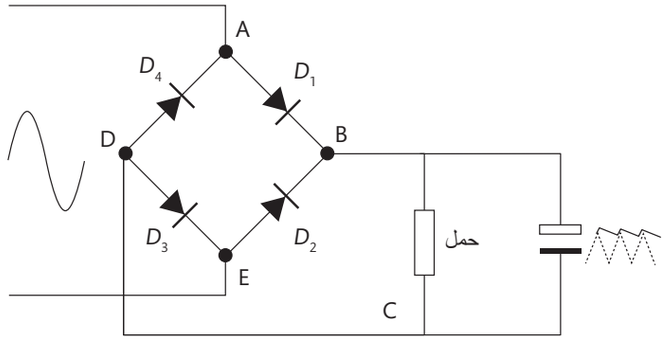
وكما لاحظت سابقًا، يُستخدم منظم دايود زينر في الانحياز العكسي. وصُممت هذه المنظمات لتوفّر جهد انهيار عكسي ثابت. على سبيل المثال، يوفر منظم دايود زينر من النوع NXP BZX79-C5V1 113، 5.1 فولت ٪5 0.5 واط جهد زينر قدره 5.1 فولت ± 5%، مع قدرة تبديد قصوى تبلغ 0.5 واط. ويُلاحَظ

XXXX-3 Engineering Unit 19_AR.indd 10 24/06/2025 05:23:19 ص

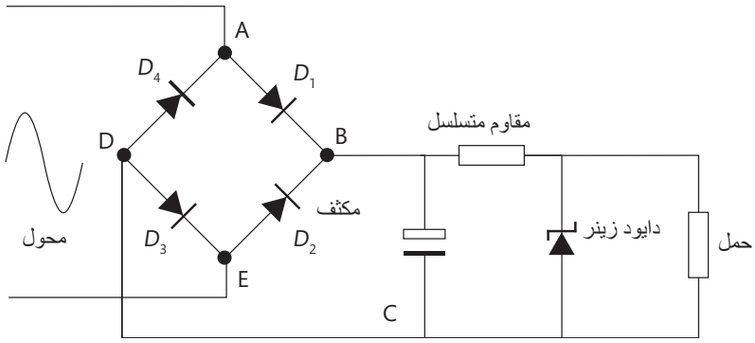
أن المنظم يجب أن يتحمل جميع تيارات الخرج في حال فصل الحمل. يحمي المقاوم المتسلسل المنظم عن طريق تقييد التيار الذي يمكن أن يتدفق (انظر الشكل 19.14).



الشكل 19.12 تدفق التيار في المقوم الجسري ذي الموجة الكاملة



الشكل 19.13 المقوم الجسري ذو الموجة الكاملة مع مكثف تنعيم.



الشكل 19.14 المقوم الجسري ذو الموجة الكاملة مع مكثف تمهيد مع صمام ثنائي زينر منظم للجهد.

XXXX-3 Engineering Unit 19_AR.indd 11 24/06/2025 05:23:20 ص

مثال عملي

احسب القيمة المُفضّلة الدنيا لمقاوم متسلسل لمصدر طاقة منظّم بصمام ثنائي زينر 5.1 فولت، إذا كان جهد الدخل للمُنظّم 12 فولت والقدرة القصوى للصمام الثنائي زينر 0.5 واط.

الحل:

الحد الأقصى للتيار الذي يمكن أن يتدفق عبر الصمام الثنائي زينر هو:

$$I_{max} = \frac{P}{V_Z} = \frac{5.0}{5.1} = 0.09804\ A$$ أو 98.04 mA.

الحد الأدنى لقيمة المقاوم المتسلسل هو:

$$R_S = \frac{V_S - V_Z}{I_{max}} = \frac{21 - 1.5}{98.04 \times 10^{-3}} = 70.4\ \Omega$$.

حدد أقرب قيمة مفضلة للمقاوم: $R_S = 82\ \Omega$.

المهارات

- حل المسائل
- التفسير
- التحليل
- اتخاذ القرار

عندما تحل مسألة ما، يجب عليك أولًا تفسير المعلومات المقدمة لك. في المثال العملي، حُللت المسألة رياضيًا. ثم يتعين عليك اتخاذ قرار بشأن مُكَوِّن متاح واقعيًا، بدلًا من قيمة نظرية.

وقفة للتفكير

1 اشرح الفرق بين الموصلات والعوازل وأشباه الموصلات.

2 ما المقصود بالتشويب وكيف يؤثر في خصائص مادة أشباه الموصلات؟

3 حدّد الأنواع المختلفة للصمام الثنائي من رموزها في مخططات الدوائر. اشرح كيفية عملها والغرض من استخدامها.

تلميح استخدم الإنترنت لمعرفة المزيد من التفاصيل بشأن تصنيع الصمامات الثنائية وتشغيلها.
استخدم حزمة CAD لرسم مخططات الدوائر التخطيطية ومحاكاة تشغيل الصمامات الثنائية.
اصنع نماذج أولية للدوائر وتدرّب على أخذ القياسات.

توسيع الأفق قارن النتائج التي حصلت عليها من عمليات المحاكاة والقياسات التي أجريتها. هل تتطابق مع ما تتوقعه؟

أجهزة الترانزستور والدوائر التي تعمل بالترانزستور

هناك فئتان رئيستان من الترانزستورات: الترانزستور الوصلي ثنائي القطب (BJT) وترانزستور الأثر الحقلي (FET). أعلن باردين وبراتين عن مبدأ الترانزستور لأول مرة عام 1948. وصيغ مصطلح "ترانزستور" كاختصار لمصطلح "مقاوم النقل"، ما يشير إلى أن تيارًا كبيرًا يتم التحكم فيه بواسطة تيار أصغر. ثم، أسهم شُوكلي في تطوير البنية ثنائية القطب والتطور اللاحق لعدد من عناصر التكبير والتبديل الإلكتروني. واقترح شوكلي هيكل ترانزستورات الأثر الحقلي في عام 1948، ولكن تم تقييد تطويرها حتى تم التأكد من فوائد استخدامها في الدوائر المتكاملة.

الترانزستور ثنائي القطب

الترانزستور الوصلي ثنائي القطب عبارة عن جهاز ثلاثي الأطراف. يوصل كل طرف بمنطقة مشوَّبة واحدة من نوع NPN أو PNP 'سندويتش'. تُعرف المناطق الثلاث باسم الباعث والمجمع والقاعدة (انظر الشكل 19.15 في الصفحة الآتية).

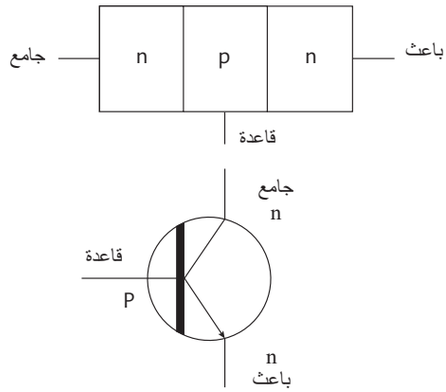
يشير السهم الموجود على الباعث في رمز الدائرة إلى اتجاه تدفق التيار التقليدي. ستجد أن الترانزستورات ثنائية القطب من نوع NPN تستخدم في نطاق واسع أكثر من الترانزستورات من نوع PNP. يختلف رمز PNP فقط في اتجاه السهم، وستكون للدوائر التي تستخدم ترانزستورات من نوع PNP أقطاب معاكسة. يوضح الرسم التخطيطي تكوينًا متماثلًا متعدد الطبقات، حيث يكون التشويب متطابقًا في منطقتي الباعث والمجمع. ومع ذلك، فإن هذا التكوين يُعد نادر الاستخدام في التطبيقات العملية. عادة ما تكون منطقة الباعث أصغر ماديًا من منطقة المجمع ولديها تركيز أعلى من التشويب.

المهارات

- الاستدلال المنطقي/الحجة

نوع من الاستدلال يُعرف باسم الاستقراء، يُبنى على مُعطياتٍ أو مُلاحظاتٍ جزئيةٍ لوضع قواعد أو مبادئ عامة. ويمكن استخدام هذه المبادئ لتحليل المسائل الجديدة. فعلى سبيل المثال، يمكن استخدام بيانات المكونات والقواعد الخاصة بطريقة عملها مع البرامج لمحاكاة كيفية عمل الدائرة.

XXXX-3 Engineering Unit 19_AR.indd 12 24/06/2025 05:23:20 ص



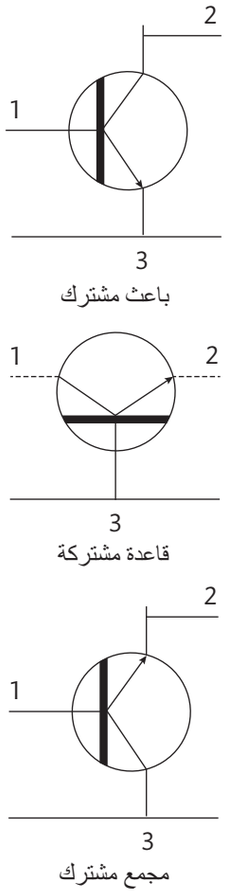
الشكل 19.15 رسم تخطيطي ورمز الدائرة لترانزستور ثنائي القطب من نوع NPN .

إذا اعتبرت النظام يحتوي على اتصالين لإشارة الدخل واتصالين لإشارة الخرج، فإنه نظرًا لأن الترانزستور يحتوي على ثلاثة أطراف، يجب أن يكون أحدها مشتركًا بين إشارات الدخل والإخراج. تُعرف الأنماط الثلاثة الممكنة لتوصيل الترانزستور في الدائرة بالباعث المشترك والقاعدة المشتركة والمجمع المشترك. يُظهر الشكل 19.16 الرموز الخاصة بهذه الأنماط. من المرجح أن تستخدم تكوين الباعث المشترك بشكل أكبر. تُعرف دائرة المجمع المشترك أيضًا باسم تابع الباعث (أو تابع الجهد).

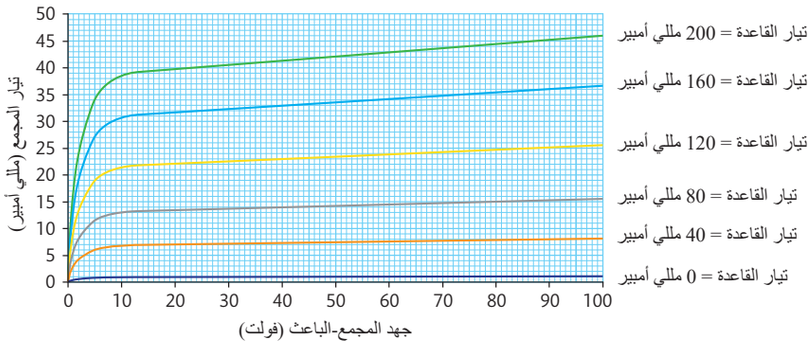
تصف خاصية الإخراج للترانزستور كيفية اختلاف تيار المجمع (I_C) مع فرق الجهد عبر المجمع والباعث (V_{CE}) عند قيمة ثابتة لتيار القاعدة (I_B) أو جهد باعث القاعدة (V_{BE}). يوضح الشكل 19.17 خصائص الخرج لقيم مختلفة من تيار القاعدة.

تُظهر الخصائص أن تيار المجمع يتناسب مع تيار القاعدة في جزء كبير من منطقة العمل. تُعرف هذه النسبة "بنسبة انتقال التيار الأمامي في وضع الباعث المشترك"، أو ببساطة كسب التيار. يمكن كتابتها بعدة طرق، مثل:

$$\frac{I_C}{I_B} = h_{fe} = \beta$$

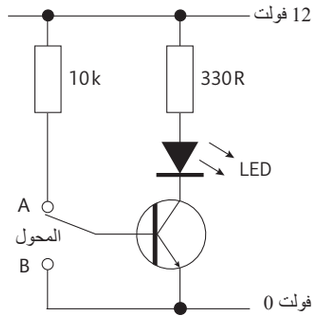


الشكل 19.16 الطرق الثلاث لتوصيل الترانزستور الوصلي ثنائي القطب.



الشكل 19.17 خواص الترانزستور الوصلي ثنائي القطب النموذجي.

XXXX-3 Engineering Unit 19_AR.indd 13 24/06/2025 05:23:20 ص



الشكل 19.18 استخدام الترانزستور الوصلي ثنائي القطب بوصفه مفتاحًا.

المصطلح الرئيس

القوة الدافعة الكهربائية العكسية – جهد كهربي في الاتجاه العكسي ينشأ نتيجة تبديل أو تغيير التيار المار عبر محث.

المهارات

- الإبداع
- الابتكار

تتطلّب عملية الانتقال من المخطط التخطيطي إلى النموذج الأولي للدائرة الإلكترونية إبداعًا وابتكارًا. فعلى سبيل المثال، تصميم تخطيط المكونات على لوحة تجارب لاختبار الدائرة عمليًا.

انظر إلى الدائرة الموضحة في الشكل 19.18.

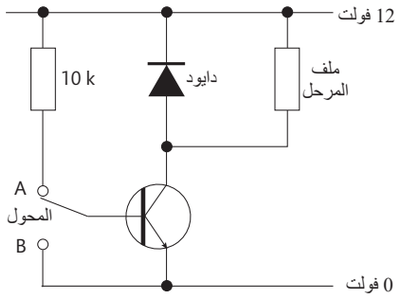
- حاول محاكاة ذلك وراقب ما يحدث عندما يكون المفتاح في الموضع A، ثم قس الجهد بين أزواج الأطراف (الباعث-القاعدة، القاعدة-المجمع، المجمع-الباعث).
- ماذا يحدث عندما يكون المفتاح في الموضع B؟
- هل تظهر النتيجة نفسها إذا قمت ببناء نموذج أولي للدائرة؟

تحييز ترانزستورات الوصلة ثنائية القطب

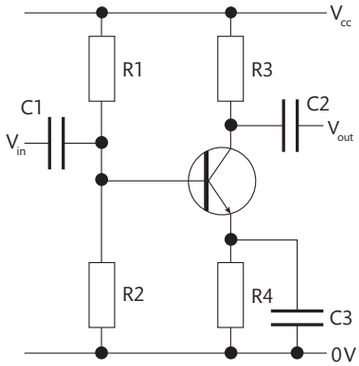
يجب تحييز الترانزستور بشكل صحيح لتمرير التيار. من النشاط العملي باستخدام الشكل 19.18، ستلاحظ أنه عندما يكون المفتاح في الموضع A، يكون جهد المجمع أعلى من القاعدة، ويكون جهد القاعدة أعلى من الباعث. إذا فكرت مليًا في الوصلات، فإن وصلة القاعدة-المجمع تكون مُحيِّزة عكسيًا، ووصلة القاعدة-الباعث تكون مُحيِّزة أماميًا. جهد القاعدة-الباعث يساوي تقريبًا 0.7 فولت، بينما يكون جهد المجمع-الباعث صغيرًا جدًا. في هذه الحالة، يكون الترانزستور "قيد التشغيل الكامل"، أي يكون في حالة تشبع، نتيجة عدم إمكانية مرور تيار مجمع إضافي.

وعندما يكون المفتاح في الموضع B، يكون الباعث والقاعدة عند الجهد نفسه، ويكون الترانزستور مغلقًا، أي أنه في حالة إيقاف كامل.

يمكن استخدام الترانزستورات على أنها مفاتيح، ولكن هناك حدًا أقصى للتيار الذي يمكنها تحمله. يجب توخي الحذر عند تبديل الأحمال الحثية، مثل المرحلات، حيث يتم عادةً استخدام دايود ثنائي مُحيِّزة عكسيًا مع المرحل لمنع تلف الترانزستور الناجم عن **القوة الدافعة الكهربائية العكسية**، (انظر الشكل 19.19).



الشكل 19.19 استخدام الترانزستور الوصلي ثنائي القطب لتشغيل مُرحّل.



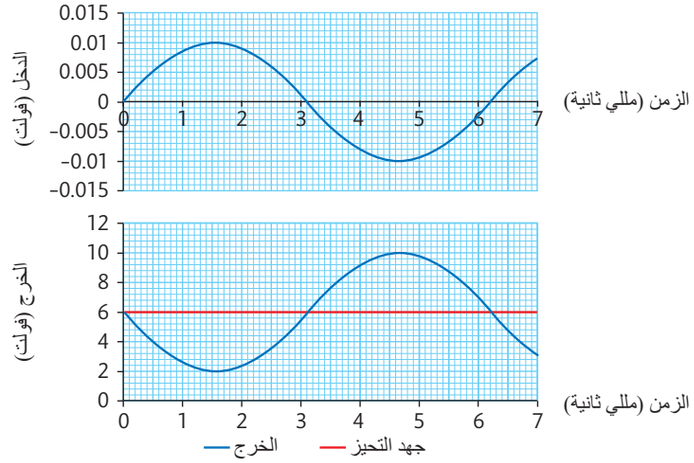
الشكل 19.20 مكبر باعث مشترك يستخدم ترانزستور الوصلة ثنائية القطب.

مكبر الباعث المشترك

يُعد مكبر الباعث المشترك، مثل الموضح في الشكل 19.20، مثالًا على مكبر من الفئة أ، حيث يضخم الترانزستور الأجزاء الموجبة والسالبة من إشارة الدخل. ويكون الخرج نسخة مكبرة دقيقة لشكل موجة إشارة الدخل. يجب اختيار قيم المكونات بحيث يتم تحييز الترانزستور بشكل مثالي داخل نطاقه النشط (انظر الشكل 19.21 في الصفحة الآتية). وهذا يضمن وقوع الإشارة الخارجة بين منطقتي التشبع والإيقاف دون تشويه.

في الدائرة الموضحة في الشكل 19.20، تشكل R1 وR2 دائرة مقسم محتملة، والتي تحدد جهد الانحياز عند القاعدة. وهذا يضمن استمرار تشغيل الترانزستور طوال دورة الإشارة (تشغيل الفئة أ). إذا كانت نقطة الانحياز منخفضة جدًا، فستدخل إشارة الخرج منطقة الإيقاف، ما يؤدي إلى قطع الجزء السفلي من إشارة الخرج. وبالمثل، إذا عينت نقطة انحياز عالية جدًا، فإن الترانزستور سيتشبع، ما يؤدي إلى قطع الجزء

XXXX-3 Engineering Unit 19_AR.indd 14 24/06/2025 05:23:20 ص



الشكل 19.21 إشاراتُ الدخل والخرج لمكبر باعث مُشترك، تُظهر تيار الانحياز المُستمر.

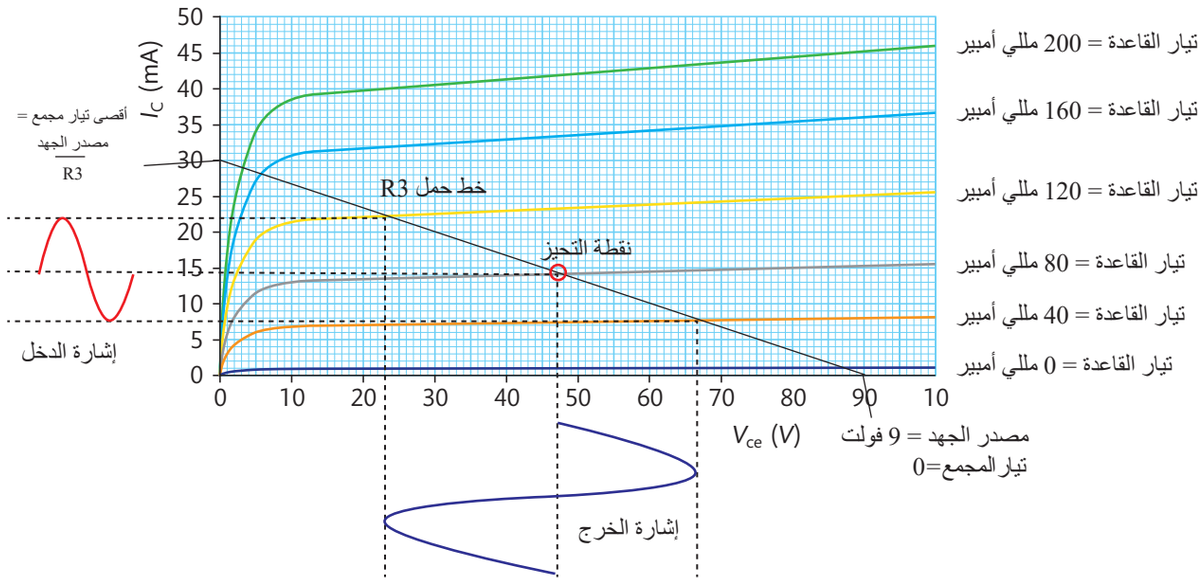
المهارات

- التحليل

قد تجد أحيانًا أن التحليل الرسومي أسهل في التنفيذ من التحليل الرياضي؛ إذ تعد المخططات والرسوم البيانية أدوات تحليل مفيدة لأنها لا تعتمد على اللغة.

العلوي من إشارة الخرج. عند تصميم مكبر باعث مشترك، يكون مستوى البداية الجيد لنقطة الانحياز هو حوالي نصف جهد الإمداد.

يُعد الترانزستور ثنائي القطب جهاز يتحكم فيه التيار. يحول مقاوم الحمل المجمع R3 تيار المجمع المتغير إلى جهد. كما يُدرج R4 لمنع الهروب الحراري. في غياب R4، فإن الزيادة في I_C ستؤدي إلى ارتفاع درجة الحرارة في الترانزستور، ما يقلل مقاومة الدخل ويرفع I_B. ما يؤدي إلى زيادة I_C، وسيؤدي سريعًا إلى الانهيار الحراري للجهاز. عند وجود R4، تؤدي أي زيادة في I_C إلى ارتفاع الجهد عند الباعث، ما يقلل V_{BE}، والذي بدوره يقلل I_C، ويعيد V_{BE} إلى الحالة الأصلية. وتجدر الإشارة إلى وجود عقبة تتمثل في أن R4 تمنع التغييرات ذاتها المطلوبة في المكبر. تم تضمين C3 للسماح لإشارة التيار المتردد بتجاوز R4 دون التأثير في ظروف تحييز التيار المستمر (انظر الشكل 19.22).



الشكل 19.22 تحليل خط الحمل لمكبر باعث مشترك باستخدام ترانزستور ثنائي القطب.

XXXX-3 Engineering Unit 19_AR.indd 15 24/06/2025 05:23:21 ص

المصطلح الرئيس

كسب الجهد – نسبة خرج الجهد إلى دخل الجهد.

وتتمثل أحد المقاييس المهمة للمكبر في **كسب الجهد** (A_v). يمكنك حساب كسب الجهد باستخدام الصيغة:

$$\text{كسب الجهد} = A_v = \frac{\text{خرج الجهد}}{\text{دخل الجهد}}$$

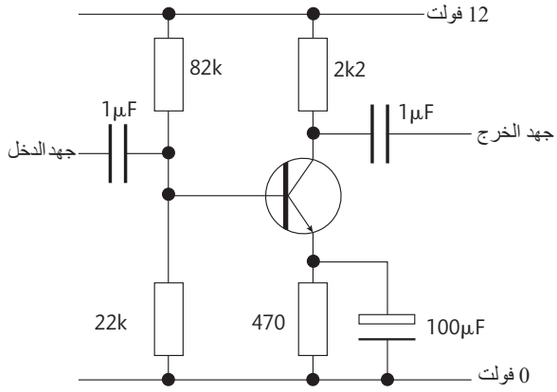
يمكن التعبير عن كسب الجهد بوحدات الديسيبل (dB) باستخدام العلاقة:

$$\text{كسب الجهد (dB)} = 20 \log (A_v) = 20 \log \left(\frac{\text{خرج الجهد}}{\text{دخل الجهد}}\right)$$

ويوجد مقياس آخر مهم وهو مدى النطاق الترددي. هو نطاق الترددات الذي يكون فيه جهد الخرج (تقريبًا) أعلى من حوالي 70% من قيمته القصوى. تُعرف هذه النقاط بنسبة 70% بنقاط 3 ديسيبل (3 dB)، للأسباب الآتية:

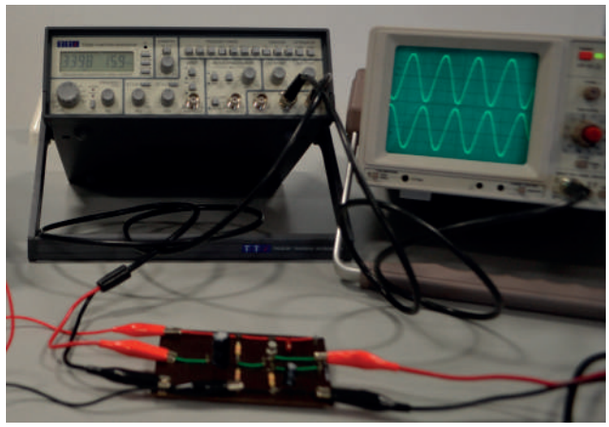
$$20 \log (0.7) = -3 \text{ dB}$$

راجع الدائرة الموضحة في الشكل 19.23.



الشكل 19.23 BJT مكبر باعث مشترك مع قيم مكوناته.

- حاول محاكاة الدائرة وراقب ما يحدث عند تغيير قيم المكونات واحدة تلو الأخرى (انظر الشكل 19.24).
- هل يعمل المكبر بالطريقة التي توقعتها؟
- صمم مخطط الدائرة بحيث يعمل بشكل أفضل على نظام النماذج الأولية مثل لوحة التجارب.
- هل تتصرف الدائرة الحقيقية بالطريقة نفسها كما في المحاكاة؟

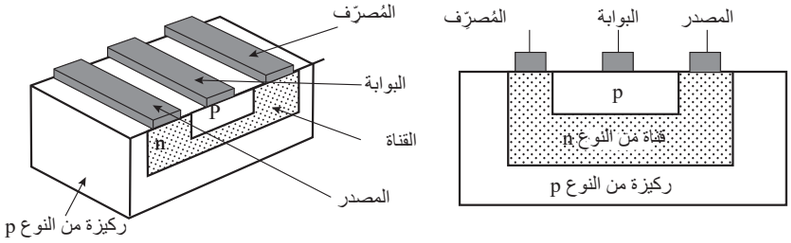


الشكل 19.24 اختبار مكبر باعث مشترك يستخدم ترانزستور الوصلة ثنائية القطب.

XXXX-3 Engineering Unit 19_AR.indd 16 24/06/2025 05:23:21 ص

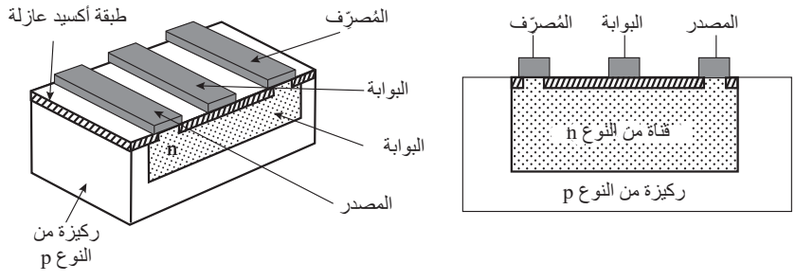
ترانزستورات الأثر الحقلي

يوجد نوعان أساسيان من ترانزستورات الأثر الحلقي: ترانزستور الأثر الحقلي الوصلي، انظر الشكل 19.25. وترانزستور الأثر الحقلي لأكسيد المعادن وأشباه الموصلات (MOSFET). يعتمد كلا النوعين على استخدام مجال كهربائي مطبق للتحكم في التيار المتدفق عبر قناة مشوبة (والتي يمكن أن تكون من النوع n أو من النوع p). عادةً ما يكون تصنيع ترانزستورات الأثر الحقلي أسهل، ويشغل مساحة أقل من ترانزستورات الوصلة ثنائية القطب. ونتيجة لذلك، تعد ترانزستورات الأثر الحقلي مناسبة للاستخدام في أجهزة التكامل واسعة النطاق (VLSI) مثل وحدات الذاكرة والمعالجات.

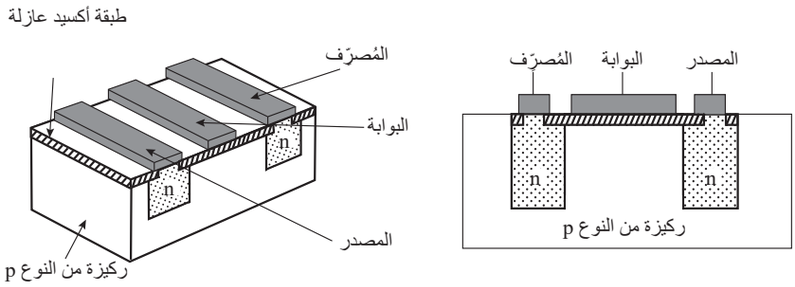


الشكل 19.25 بناء ترانزستور الأثر الحقلي الوصلي.

هناك نوعان من ترانزستور الأثر الحقلي لأكسيد المعادن وأشباه الموصلات - أ) النضوب أو ب) التحسين (انظر الشكل 19.26).



أ) نضوب MOSFET



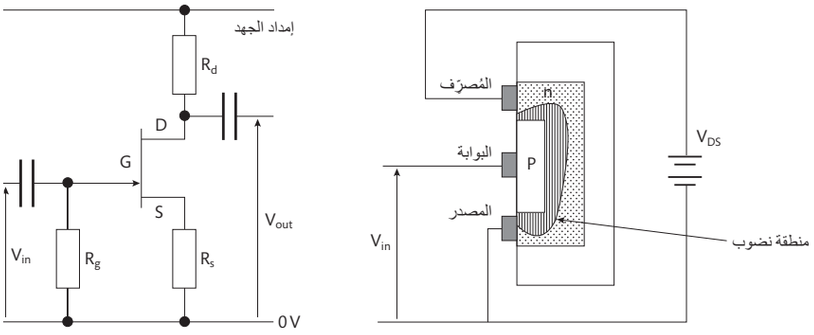
ب) تحسين MOSFET

الشكل 19.26 أ/ب بناء ترانزستور الأثر الحقلي لأكسيد المعادن وأشباه الموصلات.

XXXX-3 Engineering Unit 19_AR.indd 17 24/06/2025 05:23:22 ص

لاحظ اتجاه السهم على رمز ترانزستور الأثر الحقلي الوصلي في الشكل 19.27:

- يشير السهم الداخل إلى الجهاز إلى قناة N
- السهم الخارج من الجهاز يشير إلى قناة P.

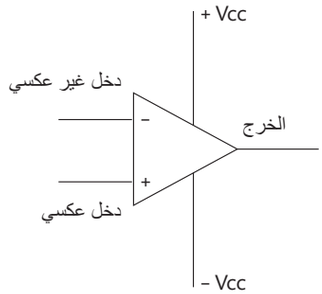


الشكل 19.27 مكبر مصدرٍ مشترك باستخدام ترانزستور الأثر الحقلي الوصلي وتأثير الانحياز في عرض القناة.

يمكنك تحليل مكبر ترانزستورات الأثر الحقلي بطريقة مشابهة لترانزستورات الوصلة ثنائية القطب باستخدام خصائصه، أو خط التحميل أو نماذج الإشارات الصغيرة. يوضح الشكل 19.27، على الجهة اليسرى دائرة مكبر مصدر مشترك ترانزستور الأثر الحقلي الوصلي، بينما تُظهر الجهة اليمنى رسمًا مقطعيًا لقناة شبه موصلة من النوع n مع منطقة بوابة من النوع p تُكوّن وصلة pn. تحتوي وصلة pn هذه على منطقة نضوب حول منطقة البوابة عندما لا يتم تطبيق أي جهد خارجي. تُضبط سماكة منطقة النضوب عن طريق تحييز وصلة pn. عند تطبيق جهد تيار مستمر، وإضافة إشارة سالبة إلى البوابة، تصبح الوصلة pn مُحيَّزة عكسيًّا، ما يزيد من سماكة منطقة النضوب. تكون المنطقة أوسع قرب المصرف وأضيق قرب المصدر نظرًا لأن فرق الجهد العكسي بين المصرف والبوابة أعلى. وتكون أضيق بالقرب من المصدر لأن فرق الجهد العكسي بين البوابة والمصدر أقل. تعمل سماكة منطقة النضوب على تقييد تدفق التيار عبر القناة عن طريق تقليل عرضها الفعال للقناة.

دوائر المُكبر العملياتي

تُعد المكبرات العملياتية (op amps) الدوائر المتكاملة التناظرية الأكثر استخدامًا. كما يُعد المكبر العملياتي بمنزلة دائرة متكاملة متعددة المراحل تحتوي على ما يقرب من 20 ترانزستور. ويتناسب جهد الخرج مع الفرق بين جهدي الدخل. يشار إلى المدخلات بالدخل العاكس والدخل غير العاكس (انظر الشكل 19.28).



الشكل 19.28 الرمز التخطيطي الأساسي لمكبر عملياتي.

XXXX-3 Engineering Unit 19_AR.indd 18 24/06/2025 05:23:22 ص

لا تتمتع المكبرات العملياتية الحقيقية بكسب غير محدود عبر جميع الترددات. إذا قست "كسب الحلقة المفتوحة" (الكسب دون تغذية راجعة) لأحد المكبرات العملياتية النموذجية مثل UA741، فستجد أنه يبلغ حوالي 100 ديسيبل بين 0 هرتز (d.c.) وحوالي 100 هرتز. ثم ينخفض كسب جهد الخرج خطيًا مع انخفاض التردد إلى "كسب الوحدة"، أو 1، عند حوالي 1 ميجا هرتز، كما هو موضح في الشكل 19.29.

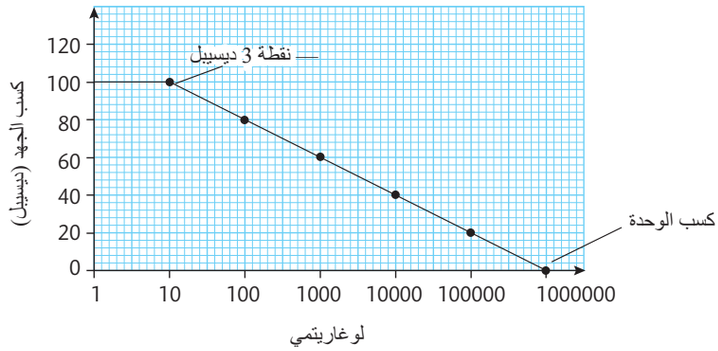
من الخصائص الموضحة في الشكل، عند 10 كيلو هرتز، يكون الكسب 40 ديسيبل، لذلك:

$$40\ \text{dB} = 20\ \log(A_v)$$

$$\frac{40}{20} = 2 = \log(A_v)$$

$$A_v = 10^2 = 100$$

ومن ثَمَّ، حاصل ضرب الكسب وعرض النطاق الترددي هو $A_vB = 100 \times 10\,000 = 1\,000\,000$.

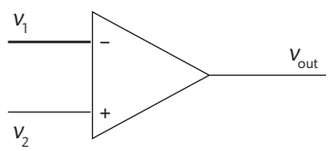


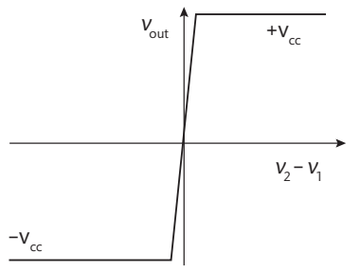
الشكل 19.29 الاستجابة الترددية النموذجية للكسب لمكبر عملياتي في حلقة مفتوحة.

تطبيقات المُكبرات العملياتية

مكبر المقارن (أو الاختلاف)

إذا استخدم المكبر العملياتي في وضعية الحلقة المفتوحة (دون تغذية راجعة)، يكون الكسب مرتفعًا جدًا (نظريًا لا نهائي). الجزء الخطي من الخصائص الموضحة في الشكل 19.30 قد تم تكبيره لإظهار وجوده، ولكنه في الواقع شديد الانحدار، وستجد صعوبة كبيرة في قياسه. (تخيل أنك تحاول موازنة قطب طويل جدًا في مركزه بإصبع واحد، ستحدث حركة طفيفة للغاية تسقطه بطريقة أو بأخرى.)





كسب الجهد $= A_v \approx \infty$

إذا كان $v_2 > v_1$ إذًا $v_{out} \approx +V_{cc}$

إذا كان $v_1 > v_2$ إذًا $v_{out} \approx -v_{cc}$

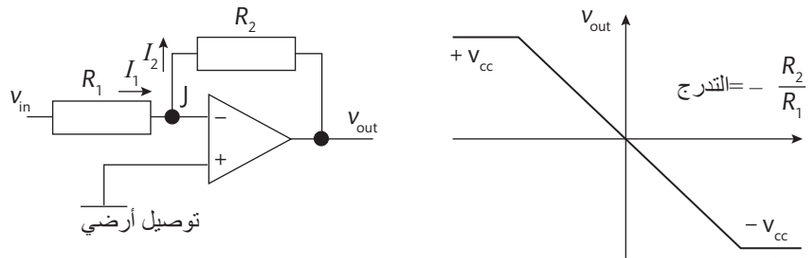
الشكل 19.30 وظيفة نقل الحلقة المفتوحة لمكبر عملياتي.

XXXX-3 Engineering Unit 19_AR.indd 19 24/06/2025 05:23:22 ص

تتوقع أن يكون الناتج صفرًا عندما تكون فولتية أطراف الدخل متساوية. ومع ذلك، من المستحيل صنع ترانزستورات إدخال متطابقة تمامًا، كما أن هذه النتائج في تيارات الانحياز غير المتكافئة. من الناحية العملية، ستجد أن المكبرات العملياتية تحتوي على أطراف لتطبيق إزاحة جهد دخل لموازنة المكبر. غالبًا لا تظهر توصيلات مصدر الطاقة وجهد الإزاحة الصفري على مخططات الدوائر لتبسيط الرسم. قد تحتاج إلى الرجوع إلى بيانات الشركة المصنعة للحصول على جميع التفاصيل اللازمة لاستخدام المكبر العملياتي.

المكبر العاكس

يستخدم المكبر العاكس (الشكل 19.31) التغذية الرجعة السلبية للتحكم في كسب المكبر. بالنسبة لمكبر عملياتي مثالي، تكون مقاومة الدخل لا نهائية، ما يعني أنه لا يوجد تيار يتدفق بين طرفي الإدخال. إذا لم يكن هناك تيار، فلن يكون هناك فرق جهد بين النقطة J والأرضي، لذلك تُسمى النقطة J بـ"الأرضي الافتراضي".



الشكل 19.31 مكبر عكسي.

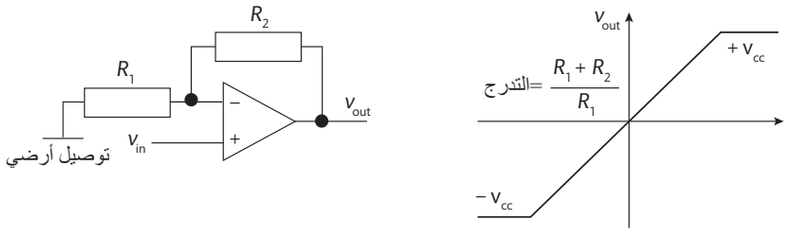
كسب الجهد لمكبر عملياتي هو:

$$A_v = \frac{v_{out}}{v_{in}} = -\frac{R_2}{R_1}$$

الإشارة السالبة موجودة لأن هذا مكبر عاكس.

المكبر غير العاكس

يستخدم المكبر غير العاكس (الشكل 19.32) أيضًا التغذية العكسية السلبية للتحكم في كسب الجهد. تتصل إشارة الدخل عبر الدخل غير المقلوب.



الشكل 19.32 مكبر غير عكسي.

في هذه الحالة، يُعطى كسب الجهد بالعلاقة:

$$A_v = \frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

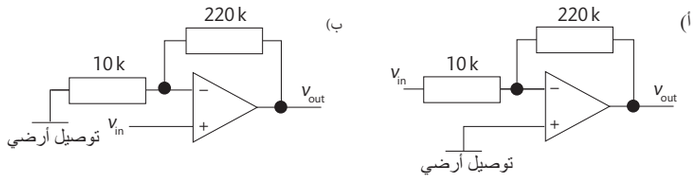
تحقيق عملي:

- حاول محاكاة دوائر مكبرات عملياتية عاكسة وغير عاكسة. غيّر قيم المقاومات وتحقق ما إذا كانت المعادلات الخاصة بكسب الجهد ما تزال صحيحة.
- اصنع نموذجًا أوليًا لكل دائرة وتأكد من أنها تعمل بالطريقة نفسها التي أظهرتها المحاكاة.

XXXX-3 Engineering Unit 19_AR.indd 20 24/06/2025 05:23:22 ص

مثال عملي

احسب كسب الجهد لدوائر المكبر الموضحة في **الشكل 19.33**. ما سعة جهد الخرج لكل دائرة إذا كانت سعة إشارة الدخل 50 مللي فولت؟



الشكل 19.33 دائرتا مكبر.

الحل:

الدائرة (أ) هي مكبر عكسي:

$$\text{كسب الجهد} = A_v = -\frac{R_2}{R_1} = -\frac{220 \times 10^3}{10 \times 10^3} = -22$$

$$v_{out} = A_v\, v_{in} = -22 \times (50 \times 10^{-3}) = -1.1\ \text{V}$$

الدائرة (ب) هي مكبر غير عكسي:

$$\text{كسب الجهد} = A_v = \frac{R_1 + R_2}{R_1} = \frac{10 \times 10^3 + 220 \times 10^3}{10 \times 10^3} = 23$$

$$v_{out} = A_v\, v_{in} = 23 \times (50 \times 10^{-3}) = 1.15\ \text{V}$$

المهارات

- حل المسائل
- التفسير
- التحليل

يتطلب إجراء التحقيقات تفسير المعلومات، وتحليل النتائج المتوقعة، ومقارنتها بالقياسات/النتائج الفعلية.

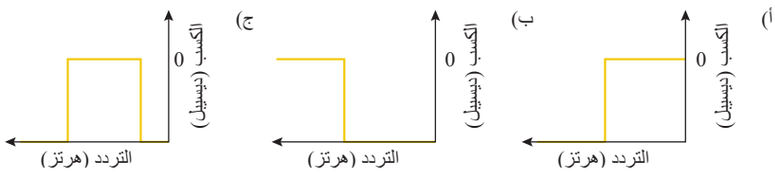
وقفة للتفكير استخدم خاصية الحلقة المفتوحة لتقدير عرض النطاق الترددي لمكبر عملياتي.

تلميح يتراوح عرض النطاق الترددي لمضخم الحلقة المفتوحة من 0 هرتز إلى نقطة 3- ديسيبل. اتبع المثال لحساب كسب الجهد بعد تحويله من قيمة الديسيبل.

توسيع الأفق قدّر عرض النطاق الترددي إذا استُخدم المكبر العملياتي نفسه لإنشاء مكبر غير عاكس بكسب 20 ديسيبل.

مرشحات غير فعالة

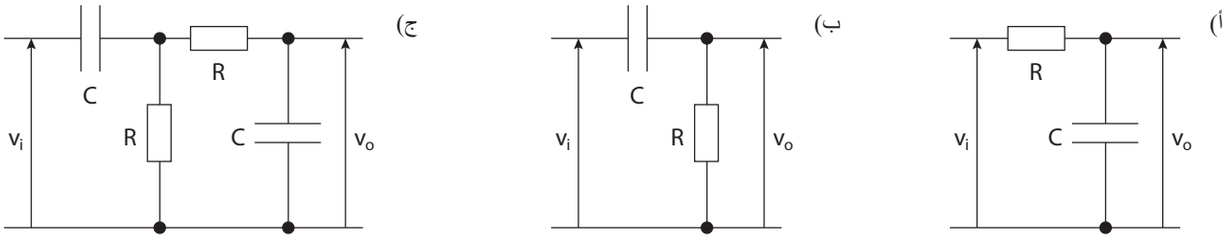
تسمح دائرة المرشح بمرور الترددات في نطاق معين بينما تمنع ترددات أخرى. هناك عدة أنواع من المرشحات، وأكثرها شيوعًا هي: مرشحات الترددات المنخفضة والمرشحات الترددات العالية ومرشحات النطاقات الترددية المعينة. يوضح الشكل 19.34 الأداء المثالي لهذه المرشحات.



الشكل 19.34 الاستجابة الترددية المثالية لكل من: أ) مرشح ترددات منخفضة، ب) مرشح ترددات عالية و ج) مرشح نطاقات ترددية معينة.

XXXX-3 Engineering Unit 19_AR.indd 21 24/06/2025 05:23:22 ص

يمكن بناء مرشح ترددات منخفضة أو عالية بسيط باستخدام مقاومة ومكثف في ترتيب مقسم جهد. مرشح الترددات النطاقية المعينة هو مرشح هجين يتألف من مرشح ترددات منخفضة ومرشح ترددات عالية. يوضح الشكل 19.35 مخططات الدوائر لهذه الأنواع الثلاثة من المرشحات.



الشكل 19.35 شبكات RC لمرشحات (أ) الترددات المنخفضة، (ب) الترددات العالية، (ج) النطاقات الترددية المعينة.

جهد الخرج للمرشح أقل من جهد الدخل، لذا فإن معامل الكسب أقل من 1. وهذا يعني أن الدوائر تُخفف الإشارة:

$$\text{الكسب} = 20 \log\left(\frac{v_o}{v_i}\right) < 1$$

لا تحتوي الاستجابات الترددية لمرشحات RC الحقيقية على الانقطاعات الحادة الموضحة في الشكل 19.34 في الصفحة السابقة. ويعود ذلك إلى أن الممانعة الخاصة بالمكثف تتغير مع التردد، ما يؤدي إلى تغيّر جهد الخرج. لذلك، يعتمد الكسب (التخفيف) على تردد جهد الدخل. كما تسبب العنصر التفاعلي (المكثف) في حدوث تغيير في الطور بين إشارات الدخل والخرج.

في مرشح الترددات المنخفضة، نظرًا لكونه شبكة فاصلة محتملة، يكون جهد الخرج:

$$v_o = v_i \frac{X_c}{\sqrt{R^2 + X_c^2}}$$

حيث X_C هي الممانعة السعوية:

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC}$$

- عند الترددات المنخفضة، تكون ممانعة المكثف أكبر بكثير من ممانعة المقاومة، وعليه: $v_o \approx v_i$.
- عند الترددات العالية، تكون ممانعة المكثف أقل بكثير من ممانعة المقاومة، ما يؤدي إلى تخفيف جهد الخرج.

يُعرف تردد القطع للمرشح على أنه التردد الذي تنخفض فيه طاقة الخرج إلى نصف مستوى طاقة الدخل. يحدث هذا عندما تكون ممانعات المقاومة والمكثف متساوية، أي:

$$R = \frac{1}{2\pi fC}$$

وبإعادة الترتيب، نحصل على:

$$f_C = \frac{1}{2\pi RC}$$

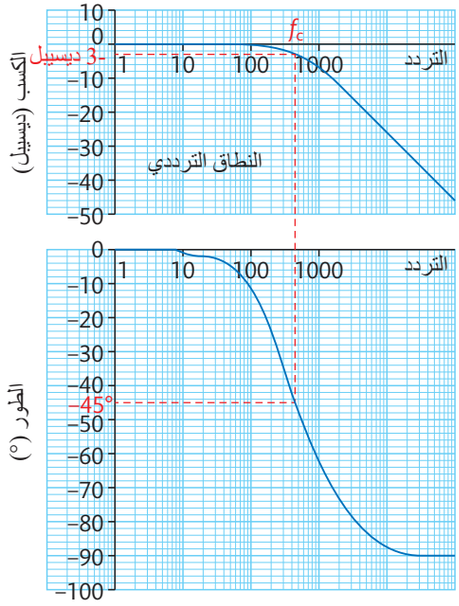
تُحدد زاوية الطور عند تردد القطع من خلال:

$$\Phi = -\tan^{-1}\left(\frac{X_C}{R}\right).$$

وبما أن: $X_C = R$ إذن: $\Phi = -45°$.

XXXX-3 Engineering Unit 19_AR.indd 22 24/06/2025 05:23:26 ص

يُعرف الجمع بين الرسوم البيانية لكل من الكسب وزاوية الطور مقابل التردد باسم مخطط بود. يوضح الشكل 19.36 مخطط بود لمرشح الترددات المنخفضة.



الشكل 19.36 مخطط بود لمرشح الترددات المنخفضة يبين الكسب وإزاحة الطور لمختلف الترددات.

المهارات

- التحليل

يُعد اختيار أفضل نهج أمرًا مهمًا لتحليل المسألة. فعلى سبيل المثال، قد يكون تفسير الطريقة الرسومية أسهل من المعادلات.

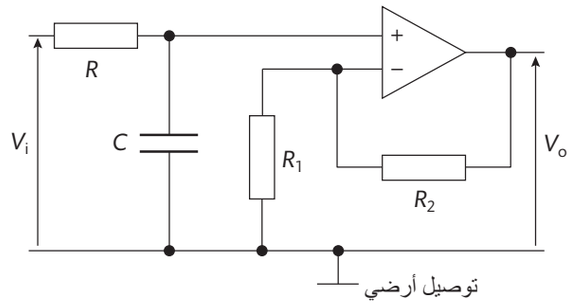
وقفة للتفكير اشرح كيف يعمل مرشح الترددات العالية.
تحقق من كيفية تغير كسب الجهد وزاوية الطور في مرشح ترددات عالية من نوع RC بتغير التردد.

تلميح راجع العلاقة بين ممانعة المكثف والمقاومة في مرشح الترددات المنخفضة.

المرشحات الفعالة

يستخدم المرشح النشط مكبرًا عمليًا لتكبير الإشارة المخفضة من مرشح RC.

يوضح الشكل 19.37 دائرة مرشح الترددات المنخفضة النشط الذي يستخدم مكبرًا عمليًا في تكوينه غير المقلوب. الكسب الكلي للدائرة هو حاصل ضرب الكسب المحدد بواسطة المقاومتين R_1 وR_2 (كما هو موضح في الجزء الخاص بتكوينات المكبر العملياتي في صفحة 18) مع توهين مرشح الترددات المنخفضة.



الشكل 19.37 مرشح ترددات منخفضة نشط.

XXXX-3 Engineering Unit 19_AR.indd 23 24/06/2025 05:23:26 ص

مثال عملي

احسب قيم مكونات مرشح الترددات المنخفضة بتردد قطع 500 هرتز وكسب 20 عند الترددات المنخفضة.

الحل:

بالنسبة للمكبر غير العكسي:

$$\text{الكسب} = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 20$$

$$\frac{R_2}{R_1} = 19$$

حدد قيمة مناسبة لـ R_1:

في حالة: $R_1 = 10\,\text{k}\Omega$ ثم: $R_2 = 190\,\text{k}\Omega$.

بما أن قيمة R_2 المحسوبة غير متوافرة عادةً، يمكن استخدام مقاومتين على التسلسل (مثل 180 كيلو أوم و 10 كيلو أوم).

بالنسبة لمرشح تمرير الترددات المنخفضة:

$$RC = \frac{1}{2\pi f_C} = \frac{1}{2\pi(500)}$$

حدد قيمة مناسبة لـ R:

في حالة: $R = 10\,\text{k}\Omega$ ثم: $C = \frac{1}{2\pi(500) \times 10 \times 10^3} = 31.8 \times 10^{-9}\,\text{F} = 31.8\,\text{nF}$.

هذه القيمة المحسوبة لـ C لا تكون متوافرة عادةً. أقرب قيمة مفضلة هي 33 nF.

المهارات

- الإبداع
- الابتكار
- التفكير الناقد
- التحليل

يتطلب حل مسائل الدوائر التفكير الناقد والتحليل. وعليك أيضًا توظيف الإبداع والابتكار عند اختيار الأساليب المناسبة.

تمرين تقييمي 19.1 — A.P1, A.P2, A.P3, A.M1, A.M2, A.M3, A.D1

دراسة مجموعة من الدوائر والأجهزة التناظرية، وذلك بمحاكاتها وبنائها واختبارها عمليًا، ثم إجراء مقارنة بين سلوكها النظري والتشغيلي.

يجب أن تتضمن الدوائر المراد التحقيق فيها ما يأتي:

- دائرة تقويم الموجة الكاملة المنظمة القائمة على الصمام الثنائي
- دائرة مكبر ترانزستور باعث مشترك أحادية المرحلة
- دائرة مكبر عملياتي عكسي أو غير عكسي.

في كل تحقيق يجب عليك:

- استخدام حزمة برامج التصميم بمساعدة الحاسوب لمحاكاة دائرة تناظرية واحدة على الأقل تتضمن صمام ثنائي وترانزستور ومكبر عملياتي
- بناء كل نوع من أنواع الدوائر الإلكترونية التناظرية، وأخذ قياسات عملية لإظهار خصائص تشغيلها.
- تقييم الاختلافات في الأداء بين المحاكاة والاختبار التشغيلي لدائرة واحدة على الأقل تتضمن صمام ثنائي وترانزستور ومكبر عملياتي.

التخطيط

- ما الموارد التي أحتاج إليها في المهمة؟ كيف يمكنني الوصول إليها؟
- كم من الوقت لدي لإنجاز المهمة؟ كيف سأخطط لوقتي بنجاح وأتابع تقدمي؟

التنفيذ

- أعرف الإستراتيجيات التي يمكنني استخدامها لهذه المهمة. يمكنني تحديد ما إذا كانت مناسبة لإنجاز المهمة.
- يمكنني تقييم ما إذا كان نهجي ناجحًا، وإذا لم يكن كذلك، فما التغييرات التي أحتاج إلى إجرائها.
- يمكنني وضع المراحل الرئيسة وتقييم تقدمي ونجاحي في تلك الفترات.
- يمكنني تحديد متى أخطأت وتعديل تفكيري أو نهجي للعودة إلى المسار الصحيح.

المراجعة

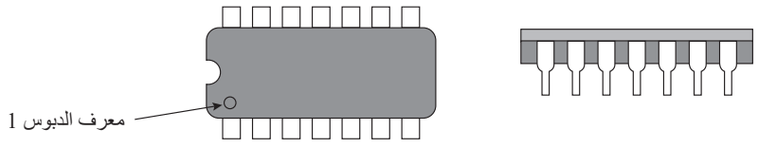
- يمكنني تقييم ما إذا كنتُ قد استوفيتُ معايير المهمة (أي نجحت في إنجازها).
- يمكنني أن أربط بين ما تعلمته الآن وما تعلمته سابقًا.
- يمكنني شرح المهارات التي استخدمتها والمهارات الجديدة التي اكتسبتها.

XXXX-3 Engineering Unit 19_AR.indd 24 24/06/2025 05:23:26 ص

ب استكشاف التشغيل الآمن وتطبيقات الأجهزة والدوائر المنطقية الرقمية التي تشكل اللبنات الأساسية للدوائر التجارية

البوابات المنطقية والجبر البولياني (المنطقي)

البوابات المنطقية هي المكونات الأساسية للدوائر الرقمية. البوابات المنطقية الرقمية الأكثر شيوعًا المتاحة هي سلسلة **TTL** 74xxx (المصنوعة باستخدام الترانزستورات الوصلية ثنائية القطب) وسلسلة **CMOS** 40xxx (المصنوعة باستخدام **MOSFETs**). يحتوي كلا النوعين على عدد كبير من البوابات والوظائف القياسية المتاحة. ويتوافر معظمها في أشكال مختلفة، مثل حزم التثبيت المزدوجة على الخط (DIP) كما هو موضح في الشكل 19.38، أو تقنية التثبيت السطحي (SMT). الحزم التي تحتوي على بوابات بسيطة عادةً ما تحتوي على 14 أو 16 دبوسًا، بينما تحتوي الدوائر المتكاملة الأكثر تعقيدًا على عدد أكبر من الدبابيس.



الشكل 19.38 البوابات المنطقية في تكوين DIP.

وظائف المنطق الأساسية المتاحة بوصفها أجهزة منطقية هي بوابات **AND** و**OR** و**NOT**. كل بوابة لها دخل وخرج يعملان بمستويين من الجهد أو حالتين: منطقي 1 ومنطقي 0. يمكن وصف سلوك كل نوع من البوابات بعبارة بولیانية ويُختصر في جدول الحقيقة الذي يحتوي على خرج كل تركيبة ممكنة من المدخلات. يمكن توسيع البوابات الأساسية لتشمل NAND (NOT AND) وNOR (NOT OR) وXOR (بوابة OR الحصرية) وXNOR (بوابة NOR الحصرية) لتوفير المزيد من الوظائف. الجدول 19.1 في صفحة 26 يعرض رموز الدوائر القياسية وجداول الحقيقة للأنواع المختلفة من البوابات المنطقية.

يمكن أن تحتوي البوابات المنطقية على أكثر من مدخل، ولكنها عادةً ما تحتوي على مخرج واحد فقط. على سبيل المثال، يحتوي الطراز 7400 على أربع بوابات NAND ثنائية المدخلات في DIP ذي 14 دبوسًا، ولكل بوابة مخرج واحد. يحتوي الطراز 7410 على ثلاث بوابات NAND ثلاثية المدخلات في DIP بالحجم نفسه.

مقارنة خصائص منطق ترانزستور - ترانزستور وأشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة

تتمتع عائلات أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة ومنطق ترانزستور - ترانزستور بخصائص كهربائية مختلفة، تم تلخيصها في الجدول 19.2 في صفحة 26، وهذا يعني أن مخرج نوع ما قد لا يعمل بشكل صحيح مع مدخل النوع الآخر. على الرغم من السماح بمستويين منطقيين فقط، إلا أنه من الناحية العملية يوجد نطاق من الفولتية المقبولة للمنطق 0 والمنطق 1. كما تختلف مستويات المنطق للدخل والخرج قليلًا، كما هو موضح في الشكل 19.39 في صفحة 27. مواصفات الخرج أكثر صرامة من الدخل للسماح بتفكك الإشارة في أثناء الإرسال.

صُمم منطق ترانزستور-ترانزستور ليستخدم مع مصدر منظم بجهد 5 فولت تيار مستمر. أما أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة المبكرة فقد صُممت في البداية لتعمل بجهد يتراوح بين 3 و15 فولت، وقد أدت التطورات في تقنية أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة إلى زيادة سرعات التبديل مع الحفاظ على استهلاك أقل للطاقة. يُعد الحد الأقصى للخرج هو عدد المدخلات المتشابهة التي يمكن تشغيلها بواسطة الخرج. وتأخير الانتشار هو الوقت الذي تستغرقه الإشارة لتمريرها من الدخل إلى الخرج.

المصطلحات الرئيسة

البوابة المنطقية – دائرة تنفذ دالة منطقية بولیانية.

الجبر البولياني – جبر منطقي ذو حالتين (سُمي على اسم جورج بول).

TTL – منطق ترانزستور-ترانزستور القائم على الترانزستورات الوصلية.

CMOS – أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة، القائمة على ترانزستورات الأثر الحقلي لأكسيد المعادن وأشباه الموصلات (MOSFET).

MOSFET – ترانزستور الأثر الحقلي لأكسيد المعادن وأشباه الموصلات.

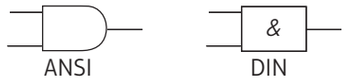
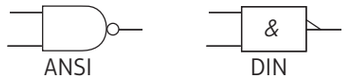
بوابة AND – تنتج خرجًا بقيمة 1 فقط عندما يكون كلا الدخلين بقيمة 1.

بوابة OR – تنتج خرجًا بقيمة 1 فقط عندما يكون الدخلين مختلفين.

بوابة NOT – تنتج خرجًا معاكسًا للدخل.

XXXX-3 Engineering Unit 19_AR.indd 25 24/06/2025 05:23:27 ص

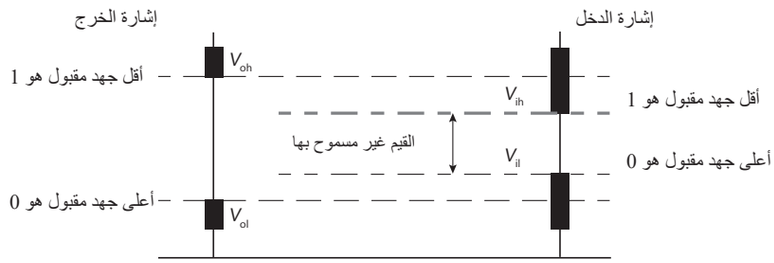
الجدول 19.1 البوابات المنطقية والرموز المقابلة لها وجداول الحقيقة

البوابة	الرمز	التعبير البوليانى	الدخل A	الدخل B	الخرج Q
AND		$A \cdot B$	0	0	0
			0	1	0
			1	0	0
			1	1	1
OR		$A + B$	0	0	0
			0	1	1
			1	0	1
			1	1	1
NOT		$\overline{A}$	0		1
			1		0
NAND		$\overline{A \cdot B}$	0	0	1
			0	1	1
			1	0	1
			1	1	0
NOR		$\overline{A + B}$	0	0	1
			0	1	0
			1	0	0
			1	1	0
XOR		$A \oplus B$	0	0	0
			0	1	1
			1	0	1
			1	1	0
XNOR		$\overline{A \oplus B}$	0	0	1
			0	1	0
			1	0	0
			1	1	1

الجدول 19.2 مقارنة بين العائلات المنطقية

الصنف	سلسلة 74LS	سلسلة 74HC	سلسلة 74LHCT	سلسلة 4000
النوع	منطق ترانزستور-ترانزستور منخفض الطاقة من نوع شوتكي	CMOS عالي السرعة	CMOS عالي السرعة متوافق مع منطق ترانزستور-ترانزستور	CMOS
مصدر الطاقة ($+V_S$)	5 فولت	2 فولت إلى 6 فولت	5 فولت	3 فولت إلى 15 فولت
المدخلات	ترتفع المدخلات غير المستخدمة إلى مستوى المنطق 1	معاوقة عالية جدًا تصل المدخلات غير المستخدمة بـ 0 أو 1 بحسب الحاجة	مثل 74HC ولكنها متوافقة مع مخرجات 74LS	معاوقة عالية جدًا تصل المدخلات غير المستخدمة بـ 0 أو 1 بحسب الحاجة
المخرجات	تيار منخفض تستخدم الترانزستور لتبديل التيارات العالية	مثل 74LS ولكن بتيار أعلى، يمكنها توفير واستقبال 20 مللي أمبير.	مثل 74LS ولكن بتيار أعلى، يمكنها توفير واستقبال 20 مللي أمبير.	تيار منخفض جدًا، تستطيع توفير واستقبال حوالي 5 ميلي أمبير.
حزمة الإخراج (لكل خرج)	يمكنها تشغيل ما يصل إلى 10 مدخلات 74LS أو 50 مدخل 74HCT.	يمكنها تشغيل ما يصل إلى 50 مدخلًا من نوع CMOS و74HC و74HCT، أو 10 مداخل من نوع 74LS.	يمكنها تشغيل ما يصل إلى 50 مدخلًا من نوع CMOS و74HC و74HCT، أو 10 مداخل من نوع 74LS.	يمكنها تشغيل حتى 50 مدخلًا من نوع CMOS و74HC و74HCT أو مدخل من نوع 74LS.
الحد الأقصى للتردد	35 ميجاهرتز	25 ميجا هرتز	25 ميجا هرتز	1 ميجا هرتز
استخدام الطاقة	مللي واط	ميكروواط	ميكروواط	ميكروواط

XXXX-3 Engineering Unit 19_AR.indd 26 24/06/2025 05:23:27 ص



الشكل 19.39 مستويات المنطق.

المنطق التوافقي

دائمًا ما يكون خرج **الدائرة المنطقية التوافقية** مطابقًا لمجموعة المدخلات نفسها - الناتج مزيجًا منطقيًا من الدخل. يمكن تلخيص سلوك الدائرة، مثل البوابات الفردية، في جدول الحقيقة.

المهارات

- الاستدلال المنطقي/المناقشة
- التحليل

لسلوك البوابات قواعدٌ ثابتة، ويتطلب تحليل مسائل البوابات المنطقية استخدام الاستدلال المنطقي.

المصطلح الرئيس

الدائرة المنطقية التوافقية - دائرة مكونة من عدة بوابات منطقية. وللتوضيح، لا تُظهر الدوائر المنطقية دائمًا توصيلات الإمداد.

مثال عملي

يحتوي جهاز الإنذار ضد السرقة على مستشعر على الباب (A) ومستشعر حركة في غرفة المعيشة (B) ومفتاح تشغيل (C). ينطلق الإنذار (Q) في حال تشغيل مفتاح الإنذار وفي حالة تفعيل مستشعر الباب أو مستشعر الحركة (أو كليهما).

أ) اكتب جدول الحقيقة للنظام.

ب)اكتب تعبيرًا منطقيًا عندما يكون Q منطقيًا 1.

ج) حول المعادلة البولينية إلى بوابات منطقية.

الحل:

أ) يرد جدول الحقيقة في الجدول 19.3.

ب)يكون الناتج 1 منطقيًا إذا تحققت أحد الشروط الثلاثة الآتية:

(A AND NOT B AND C), (NOT A AND B AND C),
(A AND B AND C).

وعليه، Q = (NOT A AND B AND C) OR
(A AND NOT B AND C) OR (A AND B AND C).

ج) كتابة التعبير من ب) في الجبر البولياني:

$Q = (\overline{A} \cdot B \cdot C) + (A \cdot \overline{B} \cdot C) + (A \cdot B \cdot C)$

كل حد بين قوسين يُمثل بوابة AND ثلاثية المدخلات.

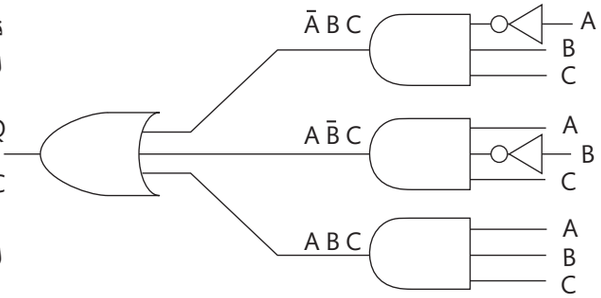
يلزمك أيضًا:

- بوابة OR ثلاثية المدخلات لدمج الحدود الثلاثة بين الأقواس.
- بوابتَي NOT (عاكستان) لإنشاء الحدّين A NOT وB NOT.

الجدول 19.3 جدول الحقيقة لنظام الإنذار ضد السرقة

A	B	C	Q
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

يوضح الشكل 19.40 مخطط الدائرة المنطقية.



قد تضطر إلى إيجاد طريقة بديلة لإنشاء البوابة. على سبيل المثال، استخدم NOR ثلاثي المدخلات متبوعًا بـ NOT.

الشكل 19.40 مخطط الدارة المنطقية لجهاز الإنذار ضد السرقة.

XXXX-3 Engineering Unit 19_AR.indd 27 24/06/2025 05:23:27 ص

وقفة للتفكير

ماذا ستفعل إذا لم تجد البوابات المنطقية التي تريدها بالضبط؟

أ) تحقق من استخدام بوابتين ثنائية المدخلات لإنشاء بوابة ذات 3 مدخلات

ب) من الصعب العثور على بوابة OR ثلاثية المداخل من نوع TTL. ابحث عن طريقة بديلة باستخدام بوابتي OR ثنائيتي المدخل أو بوابة NOR مع بوابة NOT.

تلميح استخدم جداول الحقيقة لمقارنة منطق الدوائر المكافئة.

المهارات

- اتخاذ القرار

تحتوي العديد من المسائل الهندسية على مجموعة من الحلول الممكنة. ومن المهم أن تتمكن من اتخاذ خيارات مدروسة عند اختيار الحل.

بحث

- تحقق من استخدام خرائط كارنوف لأربعة مدخلات.
- تدرب على إيجاد المجموعات وتحديد تعبيراتها البولينية. تذكر أنه إذا كان بإمكان المُدخل أن يكون إما 1 منطقي وإما 0 منطقي، فيُمكنك حذفه من حد الضرب (AND).

كنشاط عملي، يمكن تطبيق ذلك على نظام إنذار ضد السرقة الموضح في المثال المحلول:

- حاول رسم المخطط التخطيطي ومحاكاته. سيكون عليك العثور على بوابات مناسبة في المكتبات.
- قم ببناء نموذج أولي وتحقق من أنه يعمل كما هو متوقع.

تصغير الدائرة المنطقية

يمكنك غالبًا تقليل عدد البوابات المستخدمة لإنشاء دائرة باستخدام تقنية التصغير. خريطة كارنوف هي طريقة لكتابة جدول الحقيقة بطريقة مختلفة قليلًا. يمثل كل مربع سطرًا واحدًا من جدول الحقيقة. تُرتب الشبكة بحيث يحتوي كل مربع على دخل واحد فقط يختلف عن المربعات الموجودة أعلى وأسفل ويسار ويمين مباشرةً. انظر الشكل 19.41.

الدخل			الخرج
A	B	C	Q
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

C		AB			
		00	01	11	10
0				1	1
1					1

الشكل 19.41 جدول الحقيقة وخريطة كارنوف المقابلة له لدائرة منطقية ثلاثية المدخلات.

لإجراء التصغير، يمكنك وضع دائرة حول المجموعات التي تقع بجانب بعضها رأسيًا وأفقيًا. يمكن أن يكون حجم المجموعة أي قوة للعدد 2 (أي 1، 2، 4، 8، وهكذا). ويتمثل الهدف في جعل المجموعات كبيرة قدر الإمكان. في مثال الشكل 19.41 توجد مجموعتان متداخلتان، كما هو موضح في الشكل 19.42.

C		AB			
		00	01	11	10
0				1	1
1					1

الشكل 19.42 تجميع القيم في خريطة كارنوف.

- في المجموعة الأفقية: A دائمًا هو المنطق 1؛ B يمكن أن يكون المنطق 1 أو المنطق 0، لذا قم بإزالته؛ C هو المنطق 0. لذلك، فإن التعبير البولياني للمجموعة الأفقية هو $A\overline{C}$.
- في المجموعة الرأسية: A دائمًا هو المنطق 1؛ وB دائمًا هو المنطق 0؛ وC يمكن أن يكون المنطق 1 أو المنطق 0، لذا قم بإزالته. لذلك، فإن التعبير البولياني للمجموعة الأفقية هو $A\overline{B}$.

XXXX-3 Engineering Unit 19_AR.indd 28 24/06/2025 05:23:27 ص

عند الجمع بين المجموعات، يتم تقليل التعبير المنطقي العام إلى:

$$Q = (A \cdot \overline{C}) + (A \cdot \overline{B})$$

قوانين دي مورغان

تحتاج أحيانًا إلى تغيير نوع البوابة بحيث تستخدم نوعًا واحدًا فقط. يُطلق على البوابتين NAND أو NOR اسم البوابات الشاملة لأنه يمكنك إنشاء جميع البوابات الأخرى منها. وفي ما يلي صيغة قوانين دي مورغان ببساطة:

$$\overline{A} \cdot \overline{B} = \overline{A + B}$$

$$\overline{A} + \overline{B} = \overline{A \cdot B}$$

وفي ما يلي شرح الخطوات نظريًا:

- عكس القيم المتغيرة.
- تغيير العملية (من AND إلى OR أو العكس).
- عكس المعادلة بأكملها.

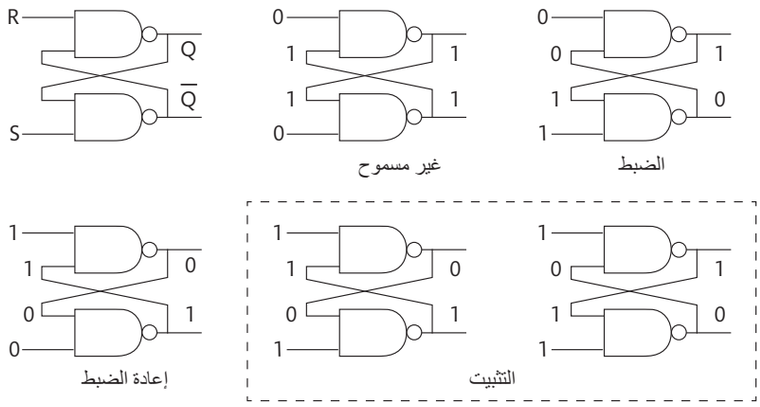
الدوائر المنطقية التسلسلية

يعتمد خرج الدائرة المنطقية التسلسلية على مجموعة الدخل والحالة الحالية للخرج.

الأجهزة ثنائية الاستقرار

توجد عدة أنواع من الدوائر ثنائية الاستقرار، والمعروفة أيضًا باسم القلابات.

اللبنة الأساسية للدوائر المتسلسلة هي دائرة R-S ثنائية الاستقرار. يستخدم هذا بوابتين NAND، حيث يتم تغذية خرج كل بوابة إلى مدخل البوابة الأخرى والعكس صحيح (انظر الشكل 19.43). عندما تكون R = المنطق 1، و0 = Q؛ هذا يسمى إعادة الضبط (RESET). عندما يكون S = المنطق 1، 1 = Q؛ هذا يسمى الضبط (SET). عندما تكون R = S = المنطق 0، تظل Q بالقيمة التي كانت عليها في الأصل؛ وهذا ما يسمى بالتثبيت (LATCH). R=S=1، تُعتبر هذه الحالة غير مسموح بها لأنها تُعطي نتيجة غير مرغوبة. بالإضافة إلى ذلك، فإن التبديل من R = S = المنطق 0 مباشرة إلى R = S = المنطق 1 فإن الناتج يصبح غير محدد بسبب اختلاف سرعة استجابة البوابات.



الشكل 19.43 قلابة R-S تستخدم بوابات NAND.

يمكن التغلب على قيود قلابة R-S باستخدام نسخ معدلة. أكثر التعديلات شيوعًا هي قلابة النوع D المزودة بساعة (كما هو موضح في الشكل 19.44 في الصفحة الآتية) وقلابة J-K (كما هو موضح في الشكل 19.45 في الصفحة الآتية). عادةً ما تُفعل القلابات من نوع D وJ-K على حافة الساعة الصاعدة أو الهابطة. يجب الرجوع إلى بيانات الشركة المُصنّعة لمعرفة نوع الحافة المستخدمة.

بحث

تحقق من استخدام قوانين دي مورغان لإنشاء بوابات AND وOR وNOT وXOR وXNOR باستخدام بوابات NAND فقط، وباستخدام بوابات NOR فقط.

لماذا قد ترغب في بناء دائرة باستخدام نوع واحد فقط من البوابات؟

المهارات

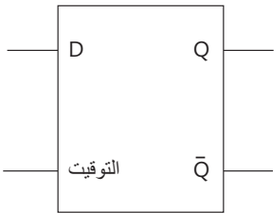
- التحليل
- التفسير
- الاستدلال المنطقي/المناقشة
- اتخاذ القرار

تعمل دائرة المنطق التوافقي بالطريقة نفسها دائمًا لمجموعة المدخلات نفسها. عند تصميم مثل هذه الدائرة، عليكَ فهم المسألة وتحليلها باستخدام الاستدلال المنطقي، ثم تحديد نوع الحل المطلوب.

XXXX-3 Engineering Unit 19_AR.indd 29 24/06/2025 05:23:28 ص

جدول الانتقال

الدخل	قبل الساعة	بعد الساعة	ملاحظات
D	Q_n	Q_{n+1}	
0	0	0	إعادة الضبط (Q = 0)
	1	0	
1	0	1	الضبط (Q = 1)
	1	1	



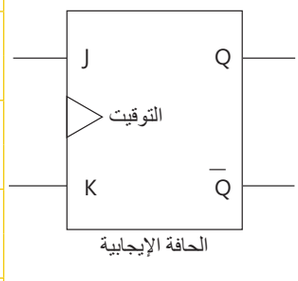
[تثبت قيمة الخرج عند القيمة السابقة إذا كانت قيمة الساعة = 0]

الشكل 19.44 قلابة من النوع D مع ساعة.

جدول الانتقال

الدخل		قبل الساعة	بعد الساعة	ملاحظات
J	K	Q_n	Q_{n+1}	
0	0	0	0	التثبيت
		1	1	
0	1	0	0	إعادة الضبط (Q = 0)
		0	1	
1	0	1	0	الضبط (Q = 1)
		1	1	
1	1	1	0	التبادل (التغيير)
		0	1	

المدخلات		الخرج
J	K	Q_{n+1}
0	0	Q_n
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q_n}$

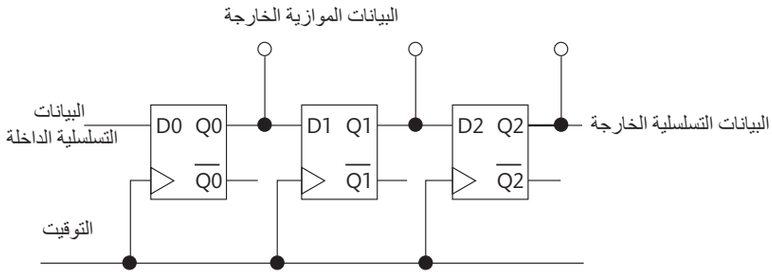


الشكل 19.45 قلابات من النوع J-K مشغلة على حافة الساعة الصاعدة.

يُطلق على القلابات من النوع D أحيانًا اسم قلابات "نوع البيانات"، وذلك لأن البيانات يتم تسجيلها في الخرج. قد يُشار إليه أيضًا باسم "نوع التأخير"، لأن حركة البيانات من الدخل إلى الخرج تتأخر حتى نبضة الساعة التالية.

سجل الإزاحة

السجل عبارة عن مجموعة من القلابات المستخدمة لتخزين البيانات الثنائية. أنسب قلابة للاستخدام في السجل هي القلابة من النوع D (انظر الشكل 19.46). يمكن تعديل القلابة من نوع J-K لتعمل بصفتها



الشكل 19.46 سجل إزاحة ثلاثي المراحل باستخدام قلّابات من نوع D.

بحث

ابحث في تطوّر القلّابات، بدءًا من الدائرة ثنائية الاستقرار R-S الأساسية، وصولًا إلى التطبيقات العملية للقلّابات من نوع D ونوع J-K. لماذا تستخدم القلابات J-K العملية ترتيب "رئيس - تابع"؟

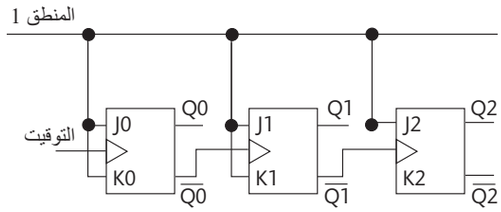
استكشف تداعيات تشغيل القلابات إما على الحافة الصاعدة وإما على الحافة الهابطة.

XXXX-3 Engineering Unit 19_AR.indd 30 24/06/2025 05:23:28 ص

قلابة من النوع D بوضع عاكس بين مدخلَي J وK. يُعرف السجل الذي يمكن فيه نقل بِتَّات البيانات إلى اليسار أو اليمين (أو العكس) باسم سجل الإزاحة.

يُسجل المنطق 0 أو المنطق 1 عند إدخال البيانات إلى Q0 على حافة الساعة الصاعدة الأولى. على الحافة الصاعدة التالية، يتم تمرير هذه الإشارة إلى Q1 وهكذا. وفي الوقت نفسه، يُمرر مستوى المنطق الجديد عند D0 إلى Q0. يمكن تمرير ثلاث بِتَّات من البيانات في سلسلة بثلاث نبضات على مدار الساعة. يمكن قراءتها بالتوازي. يحول سجل الإزاحة البيانات التسلسلية إلى بيانات متوازية - "الدخل المتوازي والخرج المتسلسل" (SIPO). ويمكن تخزين البيانات في السجل عن طريق تعطيل إشارة الساعة. يمكن أيضًا تشغيله في سلسلة بثلاث نبضات ساعة أخرى - مسجلات الدخل المتسلسل والخرج المتوازي (SISO).

عداد غير متزامن (متموج)

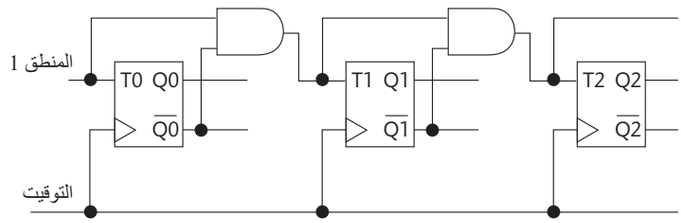


الشكل 19.47 عدّاد غير متزامن (تموجي) ثلاثي المراحل باستخدام قلّابات J-K.

العداد الموضح في الشكل 19.47 يُطلق عليه اسم العداد غير المتزامن لأن المخرجات Q0 إلى Q2 لا تتغير بشكل متزامن، بل تنتقل القيم بشكل تدريجي، حيث يؤدي تغيير Q0 إلى إحداث تغييرات في Q1، والذي بدوره يؤدي إلى تغييرات في Q2. يؤدي هذا التأثير إلى تأخير بين نبضة الساعة الأولية والنتيجة المستقرة، والمعروفة باسم تأخير الانتشار. يعني توصيل مدخلي J وK معًا أن خرج القلابات يتغير إذا تم الاحتفاظ به عند المنطق 1، ولكنه لا يتغير إذا تم الاحتفاظ به عند المنطق 0. وهذا ما يسمى بالقلابات من النوع T (التبادل).

عداد غير متزامن

يهدف العداد المتزامن الموضح في الشكل 19.48 إلى التغلب على تأخير الانتشار في العداد غير المتزامن الطويل من خلال ضبط جميع المخرجات في الوقت نفسه. يمكنك استخدام قلابات J-K متصلة مثل القلابات من نوع T. لاحظ كيف تتصل المراحل معًا باستخدام مدخلات ومخرجات المرحلة السابقة.



الشكل 19.48 عدّاد غير متزامن (تموجي) ثلاثي المراحل (باستخدام قلّابات من النوع T).

لمزيد من المناقشة حول تصميم الدوائر الرقمية واختبارها، انظر *الإدخال التخطيطي والمحاكاة* (صفحة 3) *واختبار الدوائر التناظرية الفعلية* (صفحة 5).

XXXX-3 Engineering Unit 19_AR.indd 31 24/06/2025 05:23:28 ص

وقفة للتفكير	ما الطرق التي عليك استخدامها لاختبار الدوائر الرقمية؟ هل هناك أي اختلافات بين محاكاة الدوائر التوافقية والدوائر التسلسلية وبنائهما واختبارهما؟
تلميح	ابحث عن مجموعة من الموارد التي تشرح الموضوعات ببساطة ووضوح. تعلم رموز الدوائر للبوابات الأساسية وكن قادرًا على استخدام جداول الحقيقة أو جداول الوظائف الخاصة بها.
توسيع الأفق	ابحث في كيفية استخدام البوابات والدوائر المنطقية لإجراء الوظائف الحسابية والمنطقية وكيف يمكن استخدامها للتحكم في تدفق البيانات.

تمرين تقييمي 19.2 — B.P4, B.P5, B.P6, B.M4, B.M5, B.M6, B.D2

دراسة مجموعة من الدوائر والأجهزة التناظرية، وذلك بمحاكاتها وبنائها واختبارها عمليًا، ثم إجراء مقارنة بين سلوكها النظري والتشغيلي.

يجب أن تتضمن الدوائر المراد التحقيق فيها ما يأتي:

- الدوائر المنطقية التوافقية التي تحتوي على ثلاثة مدخلات وخمس بوابات على الأقل
- دائرتان منطقيتان تسلسليتان، مثل عدّاد وسجل إزاحة بثلاث مراحل على الأقل.

تتمثل مهام كل تحقيق في:

- محاكاة دائرة منطقية توافقية واحدة على الأقل ودائرتين منطقيتين تسلسليتين باستخدام حزمة برامج التصميم بمساعدة الحاسوب
- بناء دائرة منطقية توافقية واحدة على الأقل ودائرتين منطقيتين تسلسليتين وإجراء قياسات لإظهار الخواص التشغيلية للدوائر.
- تقييم الاختلافات في التشغيل بين المحاكاة واختبار الدائرة الفيزيائية لدائرة منطقية توافقية واحدة على الأقل ودائرتين منطقيتين تسلسليتين.

التخطيط

- ما الموارد التي أحتاج إليها في المهمة؟ كيف يمكنني الوصول إليها؟
- كم من الوقت لدي لإنجاز المهمة؟ كيف سأخطط لوقتي بنجاح وأتابع تقدمي؟

التنفيذ

- أعرف الإستراتيجيات التي يمكنني استخدامها لهذه المهمة. يمكنني تحديد ما إذا كانت مناسبة لإنجاز المهمة.
- يمكنني تقييم ما إذا كان نهجي ناجحًا، وإذا لم يكن كذلك، فما التغييرات التي أحتاج إلى إجرائها.
- يمكنني وضع المراحل الرئيسة وتقييم تقدمي ونجاحي في تلك الفترات.
- يمكنني تحديد متى أخطأت وتعديل تفكيري أو نهجي للعودة إلى المسار الصحيح.

المراجعة

- يمكنني تقييم ما إذا كنتُ قد استوفيتُ معايير المهمة (أي نجحت في إنجازها).
- يمكنني أن أربط بين ما تعلمته الآن وما تعلمته سابقًا.
- يمكنني شرح المهارات التي استخدمتها والمهارات الجديدة التي اكتسبتها.

XXXX-3 Engineering Unit 19_AR.indd 32 24/06/2025 05:23:28 ص

ج { مراجعة تطوير الدوائر الإلكترونية التناظرية والرقمية وتقييم الأداء الشخصي

تحسين أدائك

مجرد القيام بشيء لا يعني بالضرورة التعلم. يجب أن تكون مشاركًا بنشاط وأن تفكر مليًا في الأنشطة للحصول على أكبر فائدة من التجربة. اكتسبت، في أثناء العمل على هذه الوحدة، معرفة تقنية واسعة، وطوّرت مهارات عملية وفكرية، وجمعت بيانات، وحللتها بشكل نقدي. وبصفتك مهندسًا مهنيًا في المستقبل، سيُشكِّل ما تعلمته حجر الأساس لتطور مسيرتك المهنية. ويتعين عليك أن تُنمّي مهارة التعلُّم المُستمرّ في ظلّ التطور التكنولوجي المتسارع؛ إذ يجب على كل مهندس مهني المشاركة في أنشطة التطوير المهني المستمر في إطار المحافظة على مكانته الوظيفية. وتُعَدُّ الممارسة التقييمية أداةً رئيسةً في ربط النظرية بالممارسة، وتُساعد على وضع ما تعلمته في سياقه. ولا يقتصر التقييم على النظر إلى الماضي فحسب؛ بل يشمل أيضًا تطوير السمات والمهارات الشخصية، وتقييم كيف يمكن استخدامها للارتقاء بمستواك في المستقبل. فهي وسيلة تُنمّي استقلاليتكَ في التعلُّم، لتكون قادرًا على تحديد أهدافك والسعي نحو تحقيقها بعزم.

ستكون قد طبَّقت مفهوم "خطط - نفّذ - راجع" بشكل عمليّ في أثناء تنفيذ المهام.

مرحلة **التخطيط** هي المرحلة التي تُحدِّد فيها أمورًا مثل:

- ما عليك فعله
- لمَ عليك فعله
- كيف ستقوم به
- ما الموارد التي ستحتاج إليها
- ما الدلائل التي يتعين عليك جمعها
- كيف يمكنك الاحتفاظ بالسجلات حتى تستخدمها لاحقًا.

في مرحلة **التنفيذ**، تحتاج إلى:

- اتبع خطتك والتزام المواعيد النهائية
- ترتيب أولويات المهام وعدم التشتت
- مراجعة التقدم وتغيير الخطة عند الضرورة
- معرفة الوقت المناسب لطلب المساعدة أو النصيحة
- جمع الأدلة فور إنتاجها والاحتفاظ بالسجلات بطريقة منظمة، مثلًا باستخدام سجلّ خاص
- مراجعة عملك باستمرار في أثناء مرحلة التنفيذ، والتحقق من أي نتائج تبدو شاذة.

في مرحلة **المراجعة**، عليك مراعاة ما يأتي:

- ما قمت به
- ما الذي تعلمته
- كيف تعلمته
- ما شعورك حياله
- ما إذا كانت الطريقة التي اتبعتها جيدة للتعلم أم لا
- ما أساليب التعلم التي لم تُجدِ نفعًا معك
- ما المهارات التي اكتسبتها
- ما الذي سار بشكل جيد، وما الذي ستفعله بشكل مختلف في المرة القادمة
- ما إذا كنت بحاجة إلى تغيير خطتك ولمَ أجريت أي تغييرات
- ما إذا كانت التغييرات التي أجريتها فعالة

المهارات

- الإبداع
- الابتكار
- التحليل

يمكن أن تعطي الدائرة المنطقية المتسلسلة نتائج مختلفة لمجموعة المدخلات نفسها. وعليك توظيف الإبداع عند تحليلها أو تصميمها.

المهارات

- الرصد الذاتي/التقييم الذاتي/التعزيز الذاتي

يجب أن تكون موضوعيًا ونزيهًا عند مراجعة الأشياء التي قمت بها. حدد ما الذي سار بشكل جيد، وما الذي ستفعله بشكل مختلف في المرة القادمة.

XXXX-3 Engineering Unit 19_AR.indd 33 24/06/2025 05:23:28 ص

- ما الذي قد تفعله بشكل مختلف في المستقبل
- ما إذا حققت أهدافك من عدمه.

على الرغم من أن تحقيق أهدافك أمر مهم، إلا أن جوهر عملية التقييم ينصبّ بشكل أكبر على عملية التعلّم، وما قمتَ به، وكيف تغلّبتَ على أيّة صعوبات.

تمرين تقييمي19.3 C.P7, C.P8, C.M7, C.D3

مراجعة النشاط العملي والتفكير مليًا فيه لتعرف الأجهزة الإلكترونية واستخدامها في الدوائر المنطقية التناظرية والرقمية، بما في ذلك:

ضع تقريرًا "بالدروس المستفادة" يتضمن حوالي 500 كلمة لشرح كيفية تطبيقك لمهارات الصحة والسلامة والمهارات الهندسية الإلكترونية والعامة. ويجب أن يتضمن تقريرك أيضًا شرحًا لأهمية سلوكيات معينة (مثل مهارات التواصل) وضرورة توظيفها.

المهام هي:

- راجع الأنشطة التي أنجزتها، وقيّمها، ثم دوّن ملاحظات حول ما سار بشكل جيد، والتحسينات التي يمكنك إجراؤها، وما الذي ستفعله بشكل مختلف في المرة القادمة.
- راجع ما تعلمته من خلال تنفيذ الأنشطة وقيّمه من حيث اكتسابك للمعرفة والمهارات والتقنيات.
- ضع تقريرًا مهنيًا

التخطيط

- ما المطلوب مني فعله؟
- ما معايير النجاح لهذه المهمة؟
- ما الذي أتعلمه؟ لمَ يُعد هذا مهمًا؟

التنفيذ

- أستطيع ربط ما أقرأه/أبحث فيه بالمهمة التي يتعين عليّ إنجازها وتحديد المعلومات المهمة.
- أسجل ملاحظاتي وأفكاري.
- يمكنني تحديد متى أخطأت وتعديل تفكيري أو نهجي للعودة إلى المسار الصحيح.

المراجعة

- يمكنني أن أربط بين ما تعلمته الآن وما تعلمته سابقًا.
- يمكنني شرح المهارات التي استخدمتها والمهارات الجديدة التي اكتسبتها.
- يمكنني اتخاذ خيارات مستنيرة بناءً على التقييم.
- يمكنني استخدام هذه التجربة في المهام المستقبلية وأنشطة التعلم لتحسين التخطيط ومراقبة تقدمي.

XXXX-3 Engineering Unit 19_AR.indd 34 24/06/2025 05:23:28 ص

فكِّر في المستقبل

سيمون بينينك

مهندس كهربائي أول

أعمل مهندس تصميم كهربائي منذ 15 عامًا. وقد شاركتُ في مشاريع مُتنوعة، من إنشاء مبانٍ جامعية جديدة إلى ترميم مبانٍ تاريخية مهمة. وتُعد مهنة الهندسة مشوقة لأن كل يوم فيها يحمل في طياته جديدًا. وأنا أعملُ في تصميم الشبكات الكهربائية للمباني، حيث يشمل ذلك أنظمة الطاقة، والإضاءة، والبيانات، وإنذار الحريق، والحماية من الصواعق، وغيرها الكثير. ومعظم الأجهزة اليوم قابلة للتحكم عن بُعد، ومن المهم مواكبة أحدث التطورات في هذا المجال.

يتطلب عملي التعاون الوثيق مع مهندسين متخصصين في مجالات أخرى، لذا من الضروري أن يكون لديّ معرفة عملية بما يقومون به، حتى وإن لم أكن أمتلك خبرتهم المتخصصة. فالعمل الجماعي مهارة أساسية يجب على كل مهندس تطويرها. وإدارة الوقت والتنظيم الشخصي هما أمران مهمان للغاية أيضًا؛ لأن العقود يجب أن تُنجز في مواعيدها المحددة، ليس فقط لتجنب الغرامات المالية، ولكن أيضًا للحفاظ على سمعة الشركة.

بصفتي مهندسًا، أعمل دائمًا وفقًا للإرشادات واللوائح، لذلك من المهم جدًا بالنسبة لي ربط النظرية بالتطبيق. فعلى سبيل المثال، يجب تحديد أحجام جميع الكابلات داخل المبنى، وحساب مستويات الإضاءة، وتحديد مسافات تركيب أجهزة إنذار الحريق، وفقًا للإرشادات الواردة في اللوائح. وقد ساعدني إكمال مؤهلاتي على فهم المعلومات التي أحتاج إلى معرفتها، وكيفية الوصول إليها. ومع أنني حصلتُ على مؤهلات جيدة، إلا أنه من المهم جدًا الاستمرار في التطوير المهني ومواكبة التكنولوجيا المتغيرة باستمرار. فأنا أحضر فعاليات التطوير المهني المستمر بانتظام. فمن المهم تحديث سيرتي الذاتية باستمرار لضمان قدرة شركتي على المنافسة

تركيز مهاراتك

بناء الدوائر الإلكترونية واختبارها

من المهم أن تطور معرفتك ومهاراتك حتى تتمكن بثقة من:

- تعرّف المكونات من خلال رموز دوائرها
- تحديد المكونات الحقيقية وقيمها باستخدام رموز الألوان وما إلى ذلك.
- وضع مخططات رسمية باستخدام حزمة البرامج المناسبة
- محاكاة الدوائر التناظرية والرقمية
- إعداد مكونات الدوائر الإلكترونية، سواءً كانت نماذج أولية أو دائمة، وذلك بتجهيز الأسلاك وتقليمها وتشكيل أطراف المكونات لتتناسب مع أماكنها
- وضع المكونات الإلكترونية في لوحات التجارب ولوحات التوصيل الشبكية مثل لوحة التوصيل فيروبورد.
- لحام المكونات بدقة وإتقان
- اتباع تقييمات الأخطار والإرشادات الأخرى للعمل بأمان
- تحديد أدوات القياس المناسبة واختيارها بدقة
- جدولة البيانات وتقديمها في أشكال رسومية مناسبة مثل رسومات الأشكال الموجية والرسوم البيانية والصور الفوتوغرافية
- مقارنة القياسات بالقيم المتوقعة والتحقيق في أي حالات شاذة
- الاحتفاظ بسجلات دقيقة ومنظمة.

XXXX-3 Engineering Unit 19_AR.indd 35 24/06/2025 05:23:29 ص

تعرُّف الوحدة

ستدرس في هذه الوحدة التصميم الآمن وبناء واختبار الدوائر الإلكترونية التناظرية باستخدام مكونات منفصلة (مثل المقاومات والمكثفات والمحثات والصمامات الثنائية والترانزستورات) والدوائر المتكاملة (على سبيل المثال، المكبرات التشغيلية ومنظمات الجهد). وستبحث في كيفية تعديل الدوائر التناظرية لتلبية مواصفات معينة. يستخدم المصممون الإلكترونيون برامج التصميم والمحاكاة الاحترافية لاختبار أفكار التصميم قبل بناء دوائر النموذج الأولي واختبارها. وستستخدم برنامجًا مشابهًا لتصميم الدوائر ومحاكاتها وإنشائها بأمان واستخدام الأدوات التقليدية لاختبارها. ستفكر في المهارات والفهم الذي اكتسبته والسلوكيات التي طبقتها في أثناء دراسة الوحدة.

التقييم

ستقيَّم بسلسلة من الواجبات التي يحددها معلمك.

كيفية إجراء التقييم

ستُقَيَّم هذه الوحدة بسلسلة من المهام المقيّمة داخليًّا التي يحددها معلمك. وفي أثناء دراستك لهذه الوحدة، ستجد أنشطة عبارة عن تمارين تقييمية تساعدك على إنجاز تقييمك بنجاح. وإنجاز هذه الأنشطة لا يعني أنك قد حصلت على درجة معينة، بل يعني أنك قد نفذت بحثًا أو تدريبًا مفيدًا سيكون مناسبًا عند إنجاز واجبك النهائي.

من أجل تنفيذ المهام المحددة في واجبك، من المهم التأكد من أنك قد استوفيت جميع معايير التقييم. ويمكنك تنفيذ ذلك بالعمل على كل واجب.

إذا كنت تهدف إلى تحقيق درجة التفوق أو الامتياز، فيجب عليك التأكد من تقديم المعلومات في واجبك بالأسلوب الذي يتطلبه معيار التقييم ذي الصلة. فعلى سبيل المثال، يتطلب مستوى تقدير التفوق تحليلك للموضوع، بينما يتطلب مستوى تقدير الامتياز تقييمك له.

ستتألف الواجبات التي حددها معلمك من عدد من المهام المصممة لتلبية المعايير الواردة في الجدول، ومن المحتمل أن تتخذ شكل تقارير مكتوبة، ولكنها قد تشمل أيضًا:

- استخدام حزمة برامج التصميم بمساعدة الحاسوب لإدخال ومحاكاة أنواع الدوائر التناظرية باستخدام المعايير الوطنية أو الدولية المناسبة
- استخدام إحدى طرق النمذجة المناسبة لإنشاء دوائر إلكترونية تناظرية وأخذ قياسات لإثبات تشغيل كل منها
- حساب القياسات النظرية لكل نوع من أنواع الدوائر التناظرية لتوضيح العلاقة بين قيم المكونات ومعلمات الدائرة
- تفسير موجز عميل معين وتحديد المكونات لإنشاء الدائرة التناظرية لتلبية متطلبات هذا الموجز
- استعراض الأنشطة المُنجزة والتفكير فيها، وتحديد ما الذي سار على أكمل وجه والتحسينات التي يمكن إجراؤها.

معايير التقييم

يوضح لك هذا الجدول ما يجب عليك تنفيذه بهدف الحصول على درجة النجاح أو التفوق أو الامتياز، وأين يمكنك إيجاد أنشطة لمساعدتك.

النجاح	التفوق	الامتياز
نتاج التعلم أ التحقق من تشغيل الدوائر الإلكترونية التناظرية أحادية الوظيفة بالبحث والمحاكاة		
A.P1 إدخال تخطيط الدائرة ومحاكاة التشغيل الصحيح لدائرة واحدة على الأقل من كل نوع من أنواع الدوائر التناظرية أحادية الوظيفة. **تمرين تقييمي 20.1**	**A.M1** إدخال تخطيط الدائرة والمحاكاة الدقيقة لدائرة واحدة على الأقل من كل نوع من أنواع الدوائر التناظرية. **تمرين تقييمي 20.1**	**AB.D1** تقييم تشغيل دائرتين على الأقل من كل نوع من أنواع الدوائر التناظرية، باستخدام لغة صحيحة تقنيًا، ومقارنة الحسابات النظرية ونتائج التجارب والمحاكاة التي أجريت بأمان. **تمرين تقييمي 20.1**
نتاج التعلم ب استكشاف التشغيل الآمن للدوائر الإلكترونية التناظرية أحادية الوظيفة التي تشكل اللبنات الأساسية للدوائر التجارية		
B.P2 بناء دائرة واحدة من كل نوع من أنواع الدوائر التناظرية أحادية الوظيفة بأمان وتحديد خصائص كلٍ منها. **تمرين تقييمي 20.1**	**B.M2** بناء دائرة واحدة على الأقل من كل نوع من أنواع الدوائر التناظرية واختبار الخصائص بدقة. **تمرين تقييمي 20.1**	
B.P3 شرح التشغيل الصحيح لدائرة واحدة من كل نوع من أنواع الدوائر التناظرية أحادية الوظيفة، باستخدام الحسابات النظرية ونتائج الاختبار، واقتراح التطبيقات المناسبة. **تمرين تقييمي 20.1**	**B.M3** تحليل التشغيل الصحيح لدائرة واحدة على الأقل من كل نوع من أنواع الدوائر التناظرية باستخدام الحسابات النظرية ونتائج الاختبار. **تمرين تقييمي 20.1**	
نتاج التعلم ج تعديل دائرة إلكترونية تناظرية أحادية الوظيفة لتلبية معايير معينة على النحو المعمول به في نطاق واسع في الصناعة		
C.P4 تصميم دائرة تناظرية أحادية الوظيفة معدلة باستخدام حسابات قيَم المكونات وطرق المحاكاة. **تمرين تقييمي 20.2**	**C.M4** التطوير الدقيق لدائرة معدلة أحادية الوظيفة تعمل على النحو المراد، مع توثيق الحلول البديلة. **تمرين تقييمي 20.2**	**C.D2** تصحيح تشغيل دائرة معدلة أحادية الوظيفة لتحسين أدائها في أثناء العملية. **تمرين تقييمي 20.2**
C.P5 بناء دائرة أحادية الوظيفة معدلة بشكل دائم بأمان واختبارها. **تمرين تقييمي 20.2**		
نتاج التعلم د مراجعة تطوير الدوائر الإلكترونية التناظرية وتقييم الأداء الشخصي		
D.P6 شرح كيفية التطبيق الفعَّال لمهارات الصحة والسلامة والتصميم والبناء والهندسة العامة في أثناء تطوير الدائرة التناظرية. **تمرين تقييمي 20.3**	**D.M5** التوصية بإدخال تحسينات على تطوير الدائرة التناظرية والسلوكيات المُطبقة ذات الصلة. **تمرين تقييمي 20.3**	**D.D3** الإبداء المستمر للفهم التقني والتحليل الجيد لتطوير الدوائر التناظرية، بما في ذلك تطبيق السلوكيات ذات الصلة والمهارات الهندسية العامة وفق مستوى احترافي. **تمرين تقييمي 20.3**
D.P7 شرح كيفية تطبيق السلوكيات ذات الصلة بفعالية في أثناء تطوير الدائرة التناظرية. **تمرين تقييمي 20.3**		

بدء النشاط

يتعاون الطلاب في مجموعات صغيرة لمناقشة التطبيقات الإلكترونية التي درسوها بالفعل. هل صممت وبنيت أي دوائر إلكترونية؟ ما الطرق التي استخدمتها؟ يمكنك الاطلاع على محتوى الوحدة وإعداد قائمة بالعناصر التي تعتقد أنك تعرف شيئًا عنها بالفعل. ما المهارات التي تعتقد أنك بحاجة إلى تطويرها؟ تحتاج في هذه الوحدة إلى مقارنة مهاراتك ومعرفتك الأولية بمهاراتك ومعرفتك النهائية وتحديد كيفية تطورها. من المهم أن تكون صادقًا في إجابتك!

نتاجات التعلم

ستتعلم في هذه الوحدة:

أ } التحقق من تشغيل الدوائر الإلكترونية التناظرية أحادية الوظيفة بالبحث والمحاكاة

ب} استكشاف التشغيل الآمن للدوائر الإلكترونية التناظرية أحادية الوظيفة التي تشكل اللبنات الأساسية للدوائر التجارية.

ج} تعديل دائرة إلكترونية تناظرية أحادية الوظيفة لتلبية معايير معينة على النحو المعمول به في نطاق واسع في الصناعة

د } مراجعة تطوير الدوائر الإلكترونية التناظرية وتقييم الأداء الشخصي.

أ } التحقق من تشغيل الدوائر الإلكترونية التناظرية أحادية الوظيفة بالبحث والمحاكاة

ب } استكشاف التشغيل الآمن للدوائر الإلكترونية التناظرية أحادية الوظيفة التي تشكل اللبنات الأساسية للدوائر التجارية

كل يوم نستخدم عددًا متزايدًا من الأجهزة الرقمية، لذلك قد تتساءل عما إذا كانت الدوائر التناظرية ما تزال تستحق الدراسة. ولكن عندما تنظر عن كثب، تجد أن الأجهزة الرقمية يجب أن تتفاعل مع عالم تناظري. على سبيل المثال، يعد الميكروفون ومكبر الصوت في هاتفك الخلوي من المكونات التناظرية. فالهاتف الخلوي يحتاج إلى مكبر للصوت للتحكم في مستوى الأصوات. يحتوي هاتفك الخلوي والجهاز اللوحي الإلكتروني والحاسوب المحمول على مقاييس التسارع وأجهزة استشعار تعمل باللمس وأجهزة استشعار القرب وأكثر من ذلك. يحتاج النموذج المتحكم فيه عن بُعد إلى الاستجابة لتردد معين. ويحتاج جهاز الألعاب إلى مُذبذِب لتوليد التردد الصحيح للتفاعل مع وحدة التحكم. وتحتاج أنظمة الاتصالات إلى مُذبذِبات ومرشحات لفصل القنوات. لذا، ستدرس في هذه الوحدة الدوائر الإلكترونية التناظرية التقليدية التي تُشكِّل اللبنات الأساسية للأنظمة الأكثر تعقيدًا.

يعتمد مصممو الدوائر الإلكترونية على الاستخدام المتكرر للبرامج لمحاكاة أفكار التصميم قبل بناء الدوائر النموذجية. ستستخدم برامج مشابهة لتصميم ومحاكاة الدوائر قبل إنشائها واختبارها.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 38 24/06/2025 05:59:20 ص

برامج التصميم التخطيطي والمحاكاة

توجد عدة أنواع متاحة من برامج التصميم والمحاكاة. وتشترك كلها في بعض الخصائص. يمكنك إنشاء دوائر باستخدام السحب والإسقاط لوضع المكونات والأدوات في **رسم تخطيطي**. ويمكنك توصيل المكونات معًا ببساطة باستخدام نقاط توصيل المكونات. يحتوي كل مكون على **اسم مرجعي** (على سبيل المثال R1، C1) و**قيمة مكوّن** (على سبيل المثال 10 كيلو أوم، 220 نانو فاراد). يبني البرنامج نموذج رياضي للدائرة باستخدام شبكة المكونات والعقد (نقاط الاتصال) المعروفة باسم القائمة الشبكية لمحاكاة تشغيل الدائرة. وهذا مشابه للطريقة التي تكتب بها المعادلات العقدية باستخدام قوانين كيرشوف للجهد والتيار لتحليل الدائرة.

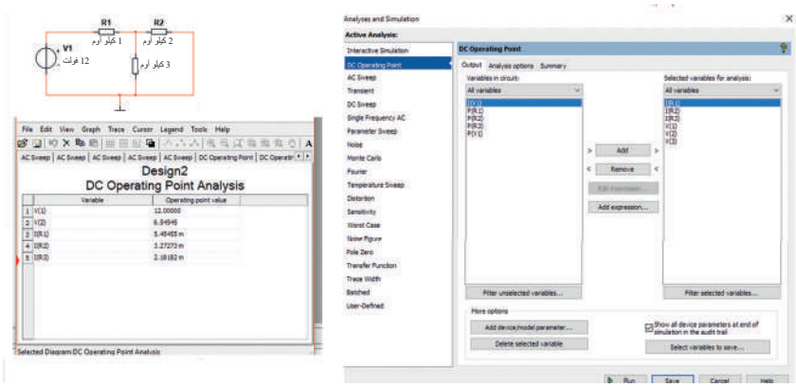
عادةً ما تحتوي برامج التصميم و**المحاكاة** على برنامج محاكاة مع التركيز على الدوائر المتكاملة (SPICE) مدرجًا بداخلها. يحتوي نموذج SPICE على معلومات المكونات (التسمية والقيمة ونوع النموذج) و**العُقد** التي يتصل بها. على سبيل المثال،

```
** قائمة شبكية بسيطة**
rR3 2 0 3000 vresR3
rR2 2 0 2000 vresR2
rR1 1 2 1000 vresR1
vV1 1 0 dc 12 ac 0 0
```

يشير r إلى أن R3 و R2 و R1 مقاومات.
R3 = 3000 Ω، ويتصل بالعقدتين 2 و0.
R2 = 2000 Ω، ويتصل بالعقدتين 2 و0.
R1 = 1000 Ω، ويتصل بالعقدتين 1 و2.
يستخدم البرنامج قائمة المقاومات نموذج "vres" الموجود في مكتبته الذي يستخدم قانون أوم.
يشير v إلى أن V1 هو مزوّد جهد.
توضح dc 12 أن القيمة هي 12 فولت تيار مستمر. وهو يتصل بالعقدتين 1 و0.

لا تحتاج إلى أن تكون قادرًا على كتابة ملف SPICE، فحزمة البرامج تقوم بذلك نيابةً عنك. ومع ذلك، من المفيد أن نرى كيف ترتبط بالمبادئ الكهربائية التي تدرسها.

يوضح الشكل 20.1 الرسم التخطيطي **لشبكة كهربائية** مرسومة في حزمة البرامج. ويوضح أيضًا كيفية إعداد المعلمات لإجراء محاكاة لظروف تشغيل التيار المستمر والقيم المحسوبة للجهد والتيار في الدائرة. تستخدم الرسومات التخطيطية رموز المعيار الدولي IEC60617.



الشكل 20.1 مثال عن الإدخال التخطيطي والمحاكاة.

موضوعات ذات صلة

لمزيد من المعلومات حول المكونات الإلكترونية وتطبيقاتها، راجع **الوحدة 19: الأجهزة والدوائر الإلكترونية** و**الوحدة 23: الأنظمة الإلكترونية التناظرية والرقمية**.

المصطلحات الرئيسة

رسم تخطيطي - رسم تخطيطي يستخدم الرموز القياسية لتمثيل عناصر نظام ما. مخطط دائرة.

اسم مرجعي - اسم يُستخدم لتحديد مكوّن في رسم تخطيطي (مثل R1، C2). لكل مكون اسم مرجعي فريد.

قيمة مكوّن - قيمة المكوّن في الرسم التخطيطي (على سبيل المثال 22 كيلو أوم، 10 ميكروفاراد). يمكن أن يكون لأكثر من مكون القيمة نفسها.

محاكاة - استخدام الحاسوب لنمذجة تشغيل الدائرة للتنبؤ بكيفية عملها. وتسمح المحاكاة للمستخدم بتجربة أسئلة "ماذا لو" قبل إنشاء دائرة حقيقية.

عقدة - نقطة يُوصل فيها مكونين أو أكثر في شبكة.

شبكة كهربائية - مكونات كهربائية/إلكترونية متصلة ببعضها، عادةً لتشكيل دائرة.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 39 24/06/2025 05:59:21 ص

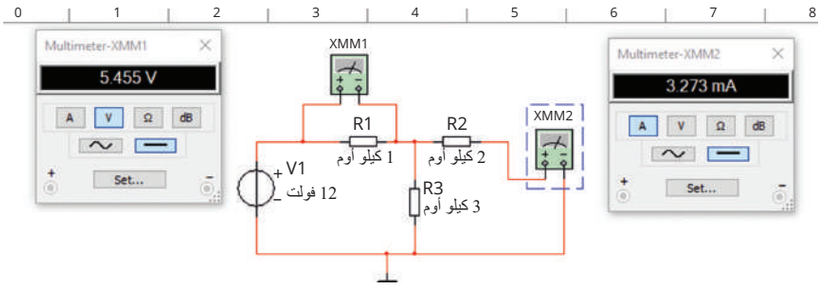
المصطلحات الرئيسة

الأدوات/الأجهزة الافتراضية - الأدوات الإلكترونية المصممة باستخدام البرنامج عند تنفيذ المحاكاة (على سبيل المثال، ملتيميتر، راسم الذبذبات، مولد الإشارات، مخطط بود).

قائمة شبكية — قائمة بالمكونات والعقد في الشبكة وكيفية توصيلها.

يمكنك التحقق من القيم باستخدام القلم والورق والآلة الحاسبة؛ فهي صحيحة.

يمكنك أيضًا استخدام **الأدوات الافتراضية** في الرسم التخطيطي. قارن القيم المُتحصَّل عليها في الشكلين 20.1 و 20.2.



الشكل 20.2 استخدام الأدوات الافتراضية عند محاكاة الدائرة.

يمكن أيضًا استخدام **قائمة شبكية** لتحويل الرسم التخطيطي إلى تخطيط لوحة دائرة مطبوعة لإنشاء دائرة عمل.

تشتمل أوصاف الأنواع المختلفة من الدوائر التناظرية التي يتناولها محتوى الوحدة على استخدام البرامج وتقنيات البناء والاختبار. ومن المحتمل أن يكون البرنامج الذي تستخدمه مختلفًا عن ذلك الموضح. لذا، من المهم أن تتمكن من استخدام البرنامج المتاح لك.

مزوّد الطاقة

بحث

قبل البدء في جزء مصادر الطاقة، راجع بنية مواد أشباه الموصلات، مثل السيليكون، وكيف يمكن تشويبها لإعطاء مواد من النوع n-type و p-type. تحقق من أنك تفهم كيفية عمل الدايود (ثنائي الوصلة) ذي وصلة p-n في الانحياز الأمامي والعكسي. ابحث عن هذا إذا لزم الأمر.

يوفر مزوّد الطاقة الكهرباء لتشغيل النظام الإلكتروني. ويجب أن يكون مزوّد الطاقة قادرًا على توفير مستويات الجهد والتيار اللازمة لتشغيل الأجهزة أو المكونات في النظام ضمن التفاوتات المحددة. فهو يُحوِّل الكهرباء ذات التيار المتناوب (AC) إلى خرج تيار مستمر (DC) منخفض الجهد. قد يوفر المزوّد العملي أكثر من خرج جهد واحد.

يوضح الشكل 20.3 مخططًا تفصيليًّا لمزوّد طاقة تيار مستمر منخفض الجهد مُنظَّم.

الشكل 20.3 مخطط كتلة لمزوّد الطاقة.

يكون تزويد الطاقة من عدة أنظمة فرعية:

- محول
- مقوم
- التنعيم/مرشح
- مُنظِم.

ستُشرَح الأنظمة الفرعية في الفقرات الآتية.

موضوعات ذات صلة

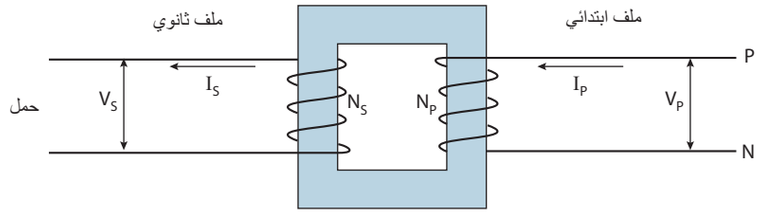
يتناول **نتاج التعلم ب** في **الوحدة 57: المبادئ الكهربائية والإلكترونية،** المكونات الأساسية: المقاوم والمكثف والمحث، وكيفية تصرفها في دوائر التيار المستمر والتيار المتناوب والصيغ المتعلقة بها.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 40 24/06/2025 05:59:21 ص

المحول

تتطلب معظم الدوائر الإلكترونية جهد تيار مستمر أقل قيمة من جهد تزويد التيار المتناوب. ويُستخدم محول خفض لتوفير جهد دخل تيار متناوب منخفض الجهد.

يتكون **المحول** من ملفين مرتبطين بقلب مغناطيسي؛ وهما الملف الابتدائي والملف الثانوي. يُركز القلب على التدفق المغناطيسي الناتج عن تدفق التيار في الملف الابتدائي. وتنتقل الطاقة إلى الملف الثانوي بالتدفق المغناطيسي. يُشكل الجهد المتناوب في الملف الابتدائي تدفقًا مغناطيسيًا متناوبًا في القلب، الذي بدوره يؤدي إلى جهد متناوب في الملف الثانوي.



الشكل 20.4 محول مثالي.

محولات مثالية

يتسم المحول المثالي بالآتي:

- لا يوجد فقد
- مقاومة ملفات صفرية
- تدفق تسرب صفري
- نفاذية أساسية عالية جدًا

نسبة الجهد للمحول هي:

$$\text{(نسبة اللفات)}\ K = \frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s}$$

(حيث V_p = الجهد في الملف الابتدائي، V_s = الجهد في الملف الثانوي، N_p = عدد اللفات في الملف الابتدائي و N_s = عدد اللفات في الملف الثانوي).

إذا كان $V_s < V_p$ في المحول، فإن الجهد الثانوي يكون أصغر من الجهد الابتدائي. وهذا ما يسمى **بمحول خافض**.

إذا كان $V_s > V_p$ في المحول، فإن الجهد الثانوي يكون أكبر من الجهد الابتدائي. وهذا ما يسمى **بمحول رافع**.

يمكن العثور على *نسبة التيار* للمحول المثالي بملاحظة عدم وجود فقد، وبالتالي:

طاقة الدخل = طاقة الخرج

$$V_p I_p = V_s I_s$$

نعيد ترتيب الصيغة، فتكون:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} = \frac{N_p}{N_s}$$

(حيث إن I_p = التيار في الملف الابتدائي و I_s = التيار في الملف الثانوي).

عادةً ما تُصنف المحولات بحسب طاقتها التي هي نتاج الجهد والتيار. وهذا ما يسمى تصنيف VA (أو kVA في محول عالي الطاقة).

تصنيف VA $V_s I_s = V_p I_p$

موضوعات ذات صلة

لمزيد من المعلومات حول المبادئ الكهربائية وتطبيق الأساليب الرياضية لحل المسائل الهندسية، راجع

الوحدة 57: المبادئ الكهربائية والإلكترونية.

المصطلحات الرئيسة

محول - جهاز كهربائي يستخدم مجالًا مغناطيسيًا لنقل الطاقة الكهربائية من دائرة التيار المتناوب الابتدائية إلى دوائر التيار المتناوب الثانوية.

محول رافع - محول يزيد فيه الجهد الثانوي عن الجهد الابتدائي.

محول خافض - محول يقل فيه الجهد الثانوي عن الجهد الابتدائي.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 41 24/06/2025 05:59:21 ص

محولات غير مثالية

يمكنك تحديد مصدرين رئيسين لفقد الطاقة في محول حقيقي:

- الفقد بالقلب (بسبب التيارات الدوامية)، ويُسمَّى أحيانًا فقد الحديد
- الفقد بالملف (بسبب مقاومة الملفات التي تسبب التسخين)، وعادة ما يُسمَّى فقد النحاس.

مثال عملي

يتمتع المحول المثالي بمعدل قدرة يبلغ 240 فولت أمبير. يتم توصيل مزوّد تيار متناوب بجهد V_{rms} 120 بالملف الابتدائي. Vrms هي قيمة جذر متوسط مربع الجهد الابتدائي. نسبة اللفات، K، هي 10:1. احسب:

أ) الجهد الثانوي

ب) التيار الابتدائي

ج) التيار الثانوي

الحل

أ) استخدم صيغة نسبة اللفات

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

$$\frac{120}{V_s} = \frac{10}{1}$$

أعِد الترتيب لجعل V_s الموضوع،

$$\frac{V_s}{120} = \frac{1}{10}$$

$$V_s = \frac{120}{10} = 12V_{rms}$$

ب) استخدم نسبة VA،

تصنيف $VA = V_p I_p$

$$120 \times I_p = 240$$

$$I_p = \frac{240}{120} = 2A$$

ج) استخدم صيغة نسبة التيار،

$$\frac{I_s}{I_p} = \frac{N_p}{N_s}$$

$$\frac{I_s}{2} = \frac{10}{1}$$

$$I_s = 20\ A$$

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 42 24/06/2025 05:59:23 ص

وقفة للتفكير

1. ما نوع المحول الذي سيحول:
   أ. 415 V_{rms} إلى 11 kV_{rms}؟
   ب. 11k V_{rms} إلى 415 V_{rms}؟
2. يحتوي المحول على 420 لفة في ملفه الابتدائي. ما عدد اللفات في الملف الثانوي اللازمة لزيادة الجهد بمعامل ثلاثة؟
3. يعمل المحول المثالي على تحويل الجهد الابتدائي 230 V_{rms} إلى جهد ثانوي 23 V_{rms}. خرج الطاقة هو 2.3 كيلو واط. احسب:
   أ. نسبة اللفات في المحول.
   ب. التيار في الملف الابتدائي.
   ج. التيار في الملف الثانوي.

تلميح فكر في ما إذا كان المحول يُستخدم لزيادة الجهد أو خفضه في كل حالة.

توسيع الأفق كيف يرتبط الجهد الابتدائي والثانوي للمحول بنسبة اللفات؟

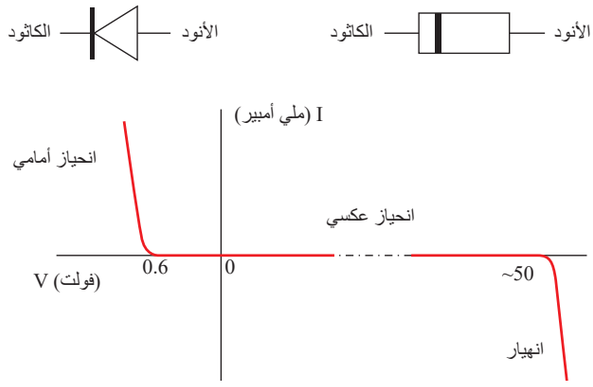
يوصف المحول في الجزء 3 بأنه مثالي. ماذا يخبرك هذا عن طاقة الدخل والخرج؟

ما العلاقة بين الجهد (V) والتيار (I) والطاقة (P)؟

المقوم

المقوم هو المكون الأساسي المستخدم لتحويل التيار المتناوب إلى تيار مستمر، والدايود هو أهم عناصره.

يقوم الدايود بتوصيل التيار في اتجاه واحد فقط. يتدفق التيار التقليدي من الأنود إلى الكاثود في اتجاه السهم في الرمز. يوضح الشكل 20.5 المظهر الفيزيائي النموذجي للدايود والرمز التخطيطي وخصائص الجهد-التيار المبسطة.



الشكل 20.5 رمز الدايود والخصائص المبسطة.

عندما يُوصَّل الأنود بشكل إيجابي أكثر من الكاثود، يُقال أن الدايود في حالة انحياز أمامي. يبدأ التيار بالتدفق عندما يكون فرق الجهد بين المصعد (الأنود) والمهبط (الكاثود) أكبر من حوالي 0.6 فولت في حالة الدايود المصنوع من السيليكون. ثم يزداد التيار بسرعة لزيادة طفيفة في فرق الجهد. (في الواقع، يوجد تيار صغير جدًا يتدفق إلى أقل من 0.6 فولت، ولكنه صغير جدًا بحيث لا يمكن قياسه باستخدام معدات معملية قياسية).

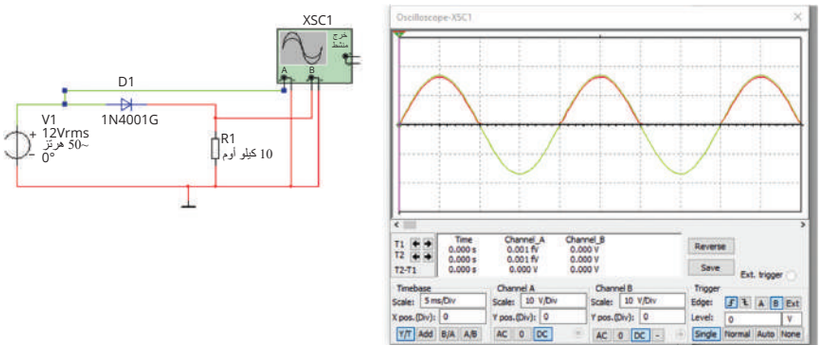
عندما يتم توصيل الأنود بشكل سلبي أكثر من الكاثود، يُقال أن الدايود في حالة انحياز عكسي. لا توجد تدفقات تيار. إذا استمررت في زيادة الانحياز العكسي، فسينتقل الدايود في النهاية إلى منطقة الانهيار ويتضرر نهائيًا. تُحدد الشركة المُصنعة جهد الانهيار العكسي. على سبيل المثال، يحتوي 1N4001 على جهد انهيار عكسي يبلغ 50 فولت، ويحتوي 1N4007 على جهد انهيار عكسي يبلغ 1000 فولت.

المصطلح الرئيس

مُقوّم - مكون أو نظام يحول جهد التيار المتناوب إلى جهد تيار مستمر.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 43 24/06/2025 05:59:23 ص

يوضح الشكل 20.6 محاكاة الدايود الذي يوفر تقويم نصف موجي. بُسِّط جهد مزوّد الدخل إلى مزوّد جهد متناوب يبلغ V_{rms} 12، بتردد 50 هرتز. يعمل الدايود في الشكل 20.5 فقط على الدورة النصفية الموجبة لجهد الدخل. يمكنك رؤية جهد الخرج على شاشة راسم الذبذبات. إنها سلسلة من النبضات المكافئة للدورات النصفية الموجبة لجهد الدخل. لا يعمل الدايود في الدورة النصفية السالبة. يُدخِل **التقويم نصف الموجي** نصف طاقة الدخل المتاحة فقط.



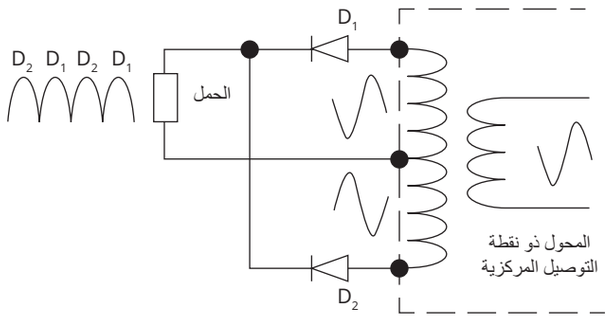
الشكل 20.6 محاكاة دائرة مقوم نصف موجي.

المصطلحات الرئيسة

تقويم نصف موجي - دائرة مقوم تسمح فقط بمرور نصف دورة واحدة من جهد التيار المتناوب.

تقويم كامل الموجة - دائرة مقوم تحول جهد التيار المتناوب الكامل ليمر كنبضات تيار مستمر.

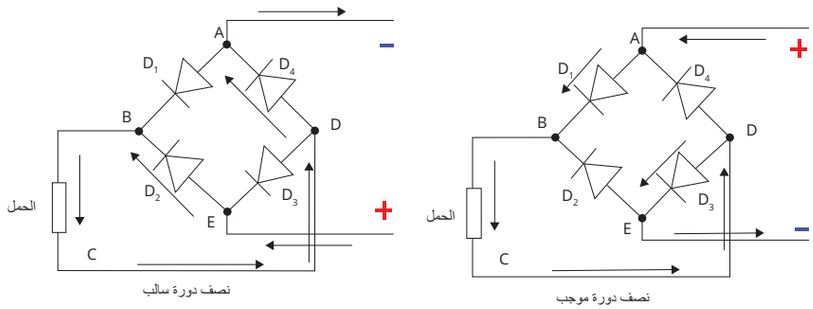
هناك عدة طرق للحصول على **تقويم كامل الموجة**. إحدى الطرق هي استخدام محول سنتر تاب (ذو نقطة وسطى) واثنين من الدايود. يُنتج محول السنتر تاب جهدين للخرج. يكون الجهدان مختلفي الطور بزاوية 180 درجة مع بعضهما. يُنفذ الدايود الأول (D1) نصف الدورة الموجبة. ويُنفذ الدايود الثاني (D2) نصف الدورة السالبة. يتدفق التيار خلال الحمل في اتجاه واحد فقط. جهد الخرج "مضطرب" ولكنه يظل على القطبية نفسها. إنه جهد تيار مستمر.



الشكل 20.7 مقوم سنتر تاب (ذو نقطة وسطى) لموجة كاملة.

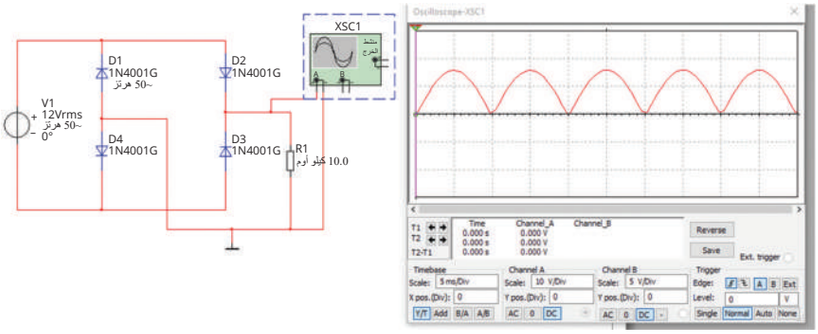
الطريقة الأكثر شيوعًا لإنتاج تقويم كامل الموجة هي استخدام 4 دايود في ما يعرف بدائرة قنطرية. أحد أسباب ذلك هو أن الصمامات الثنائية مكونات رخيصة نسبيًا، ومحول السنتر تاب أغلى من محول الخفض البسيط. من الناحية العملية، قد يقرر المصمم استخدام دائرة متكاملة لمقوم قنطري. هذه وحدة واحدة مزودة بموصلين لدخل التيار المتناوب وموصلين لخرج التيار المستمر. تعمل الصمامات الثنائية في أزواج كما هو موضح في الشكل 20.8. يكون مسار التيار خلال الحمل دائمًا في الاتجاه نفسه. الخرج هو جهد تيار مستمر نابض.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 44 24/06/2025 05:59:23 ص



الشكل 20.8 دائرة مقوم قنطري لموجة كاملة.

يوضح الشكل 20.9 محاكاة لدائرة مقوم موجة كاملة. تمت محاكاة جهد مزوّد الدخل باستخدام مزوّد جهد متناوب منخفض لأغراض التبسيط.



الشكل 20.9 محاكاة مقوم موجة كاملة.

يُظهر لنا خرج المحاكاة نقطتين مهمتين.

- يمكنك حساب تردد الخرج من خط راسم الذبذبات. تم ضبط القاعدة-الزمن على 5 مللي ثانية لكل قسم أفقي. يأخذ كل "نتوء" قسمين. لذلك، فإن تردد نبضات التيار المستمر هو

$$f = \frac{1}{t}$$

$$f = \frac{1}{2 \times 5 \quad 10^{-3}}$$

$$f = 100\,\text{Hz}.$$

تردد الدخل هو 50 هرتز، وبالتالي فإن تردد الخرج هو ضعف تردد الدخل.

- تبلغ سعة نبضات التيار المستمر الناتجة نحو 1.7 قسم. يتم ضبط حساسية القناة (أ) على 10 فولت لكل قسم عمودي. تبلغ السعة 17 فولت تقريبًا. كيف يمكن أن يحدث ذلك إذا كان الدخل 12 فولت؟ انظر إلى مخطط الدائرة مرة أخرى. موضح بوصفه 12 V_{rms}. قيمة جذر متوسط مربع الجهد هي قيمة "متوسطة" للجهد.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 45 24/06/2025 05:59:24 ص

$$V_{rms} = \frac{V_{peak}}{\sqrt{2}}$$

إذا كنت تستخدم القيمة المعطاة لـ V_{rms} ،

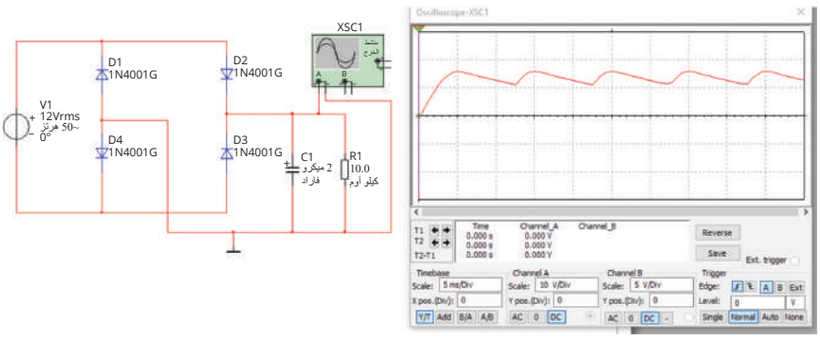
$$12 = \frac{V_{peak}}{\sqrt{2}}$$

$$V_{peak} = 12\sqrt{2} = 16.97 \text{ V}.$$

تتوافق المحاكاة مع القيمة المحسوبة.

التنعيم

إن خرج دائرة المقوم غير مناسب لتشغيل معظم الدوائر الإلكترونية. يجب أن يكون أكثر نعومة لتوفير جهد ثابت. طريقة بسيطة لتنعيم جهد الخرج هي توصيل مكثف باعتباره مستودع. يتم شحن المكثف بسرعة على الحافة الصاعدة لجهد الدخل. عند الحافة السفلية لجهد الدخل، يتم تفريغ المكثف من خلال الحمل. إذا كان ثابت الوقت للمكثف والحمل صغيرًا جدًا، فسيفقد المكثف معظم شحنته وسيظل جهد الخرج مضطربًا. ويجب أن تكون قيمة المكثف كبيرة بما يكفي لمنع حدوث تغيير كبير جدًا في الجهد.



الشكل 20.10 محاكاة مقوم موجة كاملة مع تنعيم المكثف.

المصطلح الرئيس

التنعيم - مكون أو دائرة تعمل على تنعيم نبضات جهد خرج التيار المستمر.

استخدمت المحاكاة في الشكل 20.10 مكثفًا سعته 2 ميكروفاراد لتوفير **التنعيم** وإظهار جهد التموج على جهد خرج التيار المستمر. من الناحية العملية، ستستخدم مكثفًا ذا قيمة أكبر لتقليل جهد التموج.

يُظهر لنا خرج المحاكاة عدة نقاط مهمة.

- تردد جهد الدخل هو 50 هرتز. الفترة الزمنية لجهد تموج الخرج هي 10 ملي ثانية. وبالتالي، فإن تردد جهد تموج الخرج هو 100 هرتز. تردد جهد التموج هو ضعف تردد الجهد المزوَّد.
- الفترة الزمنية للمكثف-المقاوم هي

$$\tau = RC$$

$$\tau = 10 \times 10^{3} \times 2 \times 10^{-6}$$

$$\tau = 20 \times 10^{-3} \text{s} = 20 \text{ ms}.$$

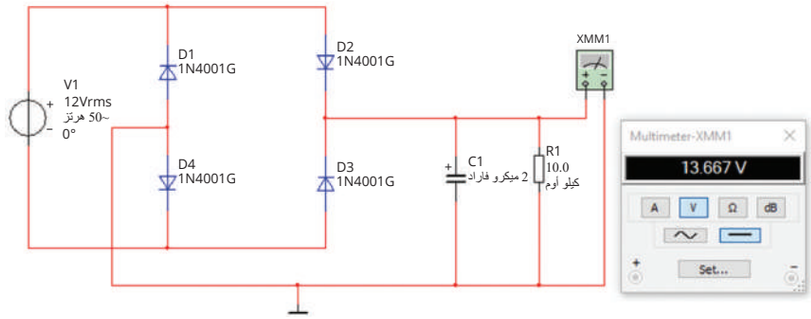
إذا كنت تستخدم قاعدة أساسية تقريبية لمعدل الانحلال الأسي، فسيستغرق تفريغ المكثف نحو 5 ثوابت زمنية. في هذه الحالة، سيستغرق التفريغ الكامل نحو 100 ملي ثانية. يبدأ المكثف في إعادة الشحن بعد نحو 10 ملي ثانية، وبالتالي لا ينخفض الجهد كثيرًا.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 46 24/06/2025 05:59:25 ص

- تبلغ سعة جهد التموج نحو 0.7 قسم عمودي. الحساسية هي 10 فولت لكل قسم عمودي. جهد التموج هو 7 فولت.
- يبلغ متوسط جهد خرج التيار المستمر تقريبًا

$$V_{ave} = \frac{17 + 10}{2} = 13.5\ V$$

تتوافق هذه القيمة توافقًا كبيرًا مع جهد التيار المستمر المُحاكى باستخدام جهاز قياس متعدد الأغراض (ملتيميتر) لقياس الجهد الموضح في الشكل 20.11.



الشكل 20.11 جهد الخرج لمقوم موجة كاملة مع التنعيم باستخدام ملتيميتر.

منظم الجهد

يوفر مزوِّد الطاقة المنعّم جهد خرج تيار مستمر أكثر ثباتًا، لكنك لاحظت أن القيمة يمكن أن تختلف باختلاف الحِمل. كلما زاد تيار الخرج، زادت سرعة تفريغ المكثف، وبالتالي يكون جهد التموج أكبر، وسيكون الجهد المقاس أصغر. يمكن إضافة دائرة **منظم الجهد** لإعطاء جهد خرج ثابت لمجموعة كبيرة من الأحمال. توجد أنواع عديدة من منظمات الجهد. يُركز هذا الجزء على منظم الجهد الخطي. تعتبر منظمات تحويل الجهد أكثر تعقيدًا ويمكن دراستها لاحقًا.

منظم جهد بسيط باستخدام دايود زينر

لقد رأينا أن الدايود يسمح للتيار بالتدفق في اتجاه واحد فقط عندما يكون القطب الموجب ذو انحياز موجب أكثر من الكاثود (الانحياز الأمامي). ومع ذلك، يمكن أن يعمل الدايود عند توصيله في انحياز عكسي إذا كان الجهد مرتفعًا بدرجة كافية. ينتج عن هذا ما يعرف بانهيار الانهيار الانهماري، وسيتم تدمير الدايود. (يؤدي التدفق الحالي إلى التسخين؛ يولد التسخين المزيد من الموصلات الحرة في المواد شبه الموصلة، ما يؤدي إلى زيادة كبيرة في التيار، الأمر الذي يؤدي إلى مزيد من الحرارة والتيار وهذا يؤدي إلى تلف دائم).

يعمل **دايود زينر** مثل أنواع الدايود الأخرى عند توصيله في انحياز أمامي على النحو الموضح في الخصائص. وهو مصمم بحيث يكون له جهد انهيار محدد جيدًا. يُحدد جهد زينر من خلال بناء الجهاز. ويحدث انهيار زينر عادةً بجهد أقل نسبيًا من جهد الانهيار العكسي للدايود للأغراض العامة.

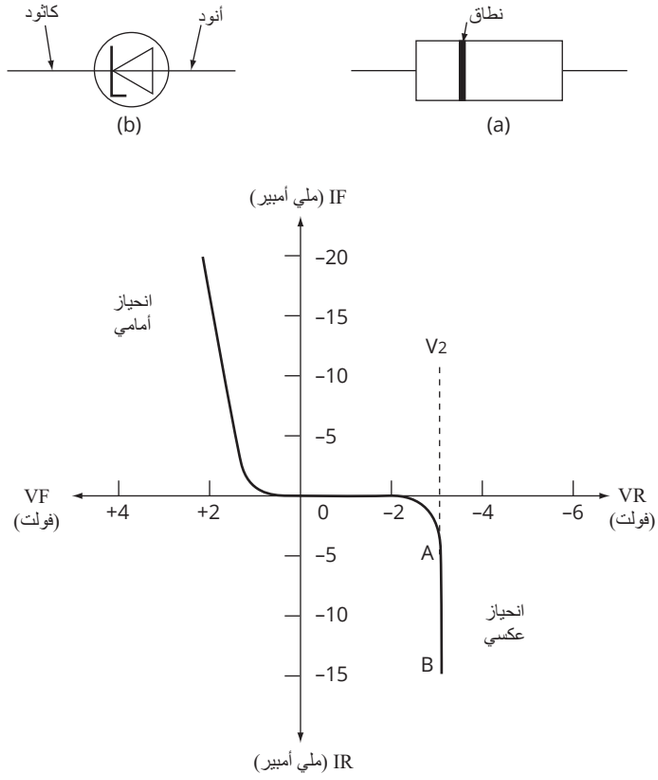
يُوصَّل المقاوم بالتسلسل مع دايود زينر للحد من تدفق التيار من خلاله. ويمكن إصلاح انهيار زينر. تتوافر دايودات زينر بمجموعة متنوعة من قيم جهد زينر. ويمكن استخدامها لإعطاء الجهد المرجعي الدقيق، أو لتنظيم جهد الخرج لمزوّد الطاقة. يمكنك أن ترى أن جهد زينر لهذا الدايود هو -3 فولت.

المصطلحات الرئيسة

منظم الجهد - مكون أو نظام يحافظ على الجهد عند قيمة ثابتة.

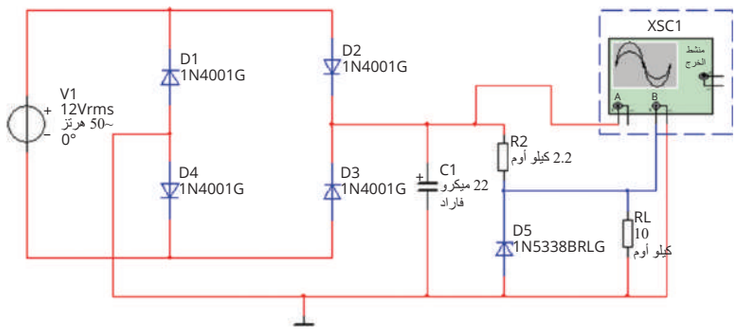
دايود زينر - صمام ثنائي مصمم لإعطاء جهد مرجعي ثابت عند توصيله في انحياز عكسي.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 47 24/06/2025 05:59:25 ص



الشكل 20.12 خصائص دايود زينر.

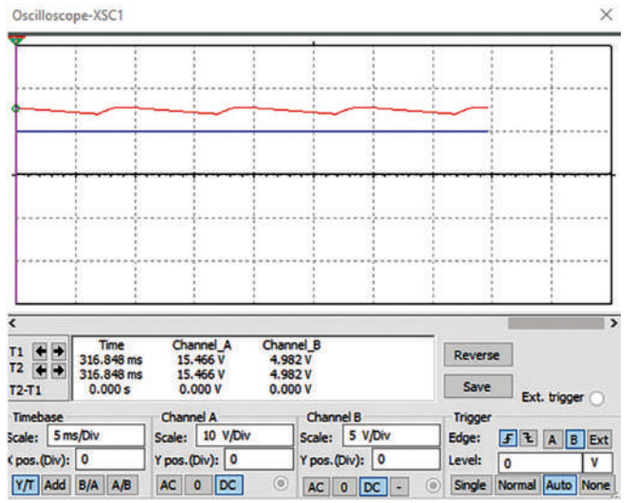
يوضح الشكل 20.12 مزوّد طاقة مع تنظيم دايود زينر، حيث يحُد R2 من تدفق التيار عبر دايود زينر الذي يبلغ جهده 5.1 فولت. تمت زيادة قيمة مكثف التنعيم عن الدائرة السابقة لتقليل جهد التموج عند الدخل إلى قسم المُنظم.



الشكل 20.13 مزوّد طاقة جهد بموجة كاملة مع مكثف تنعيم ومنظم دايود زينر.

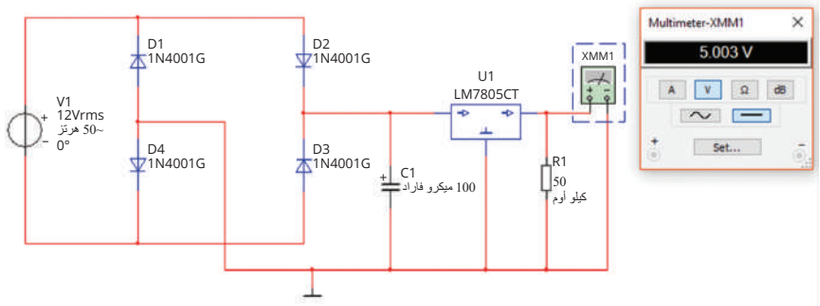
تُظهر خطوط راسم الذبذبات الافتراضي في الشكل 20.14 جهد التموج على جهد الدخل (أحمر). جهد الخرج (الأزرق) هو قيمة ثابتة تبلغ نحو 5 فولت، على النحو المتوقع. ستبقى قيمة الخرج عند 5 فولت بشرط أن يظل جهد التموج أعلى منها.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 48 24/06/2025 05:59:25 ص



الشكل 20.14 خطوط راسم الذبذبات الافتراضي لمزوّد الطاقة مع مكثف تنعيم ومنظم دايود زينر.

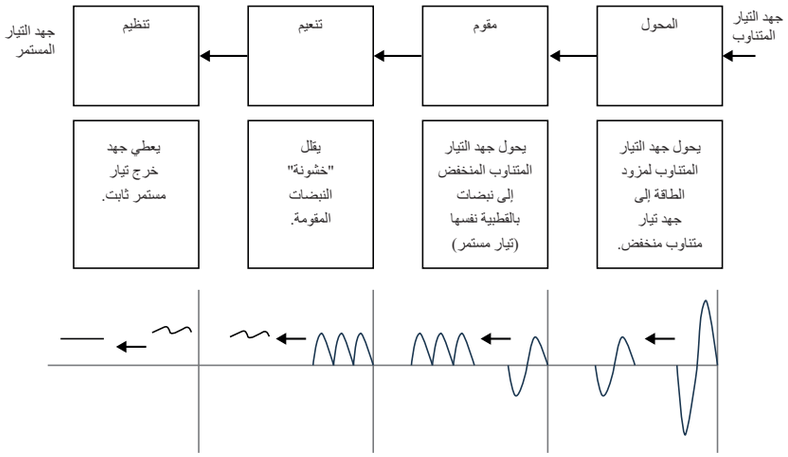
قد يختار المصمم استخدام دائرة متكاملة لمُنظم الجهد تحتوي على تحكم أكثر تعقيدًا في وحدة واحدة. وتتوافر مُنظِمات الجهد الثابت في مجموعة من قيم الخرج وتصنيفات الطاقة. يوضح الشكل 20.15 دائرة مزوّد الطاقة المعدلة بمكثف تنعيم أكبر لتقليل جهد التموج ومنظم جهد ثابت 5 فولت. وتحتوي الدائرة المتكاملة على ثلاثة أطراف، الدخل والخرج والتأريض. (التأريض هي النقطة المرجعية في الدائرة التي يمكن من خلالها قياس جميع قيَم الجُهد، عادةً 0 فولت).



الشكل 20.15 مزوّد طاقة ومنظم جهد ذو قيمة ثابتة.

يمكن إعادة رسم مخطط الكتلة في الشكل 20.3 ليشمل الأنظمة الفرعية التي سبق فحصها في الجزء أعلاه. يوضح الشكل 20.16 العلاقة بين الأنظمة الفرعية ووظيفتها وأشكال موجات الإشارة المبسطة.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 49 24/06/2025 05:59:25 ص



الشكل 20.16 مخطط كتلة لمزوّد الطاقة.

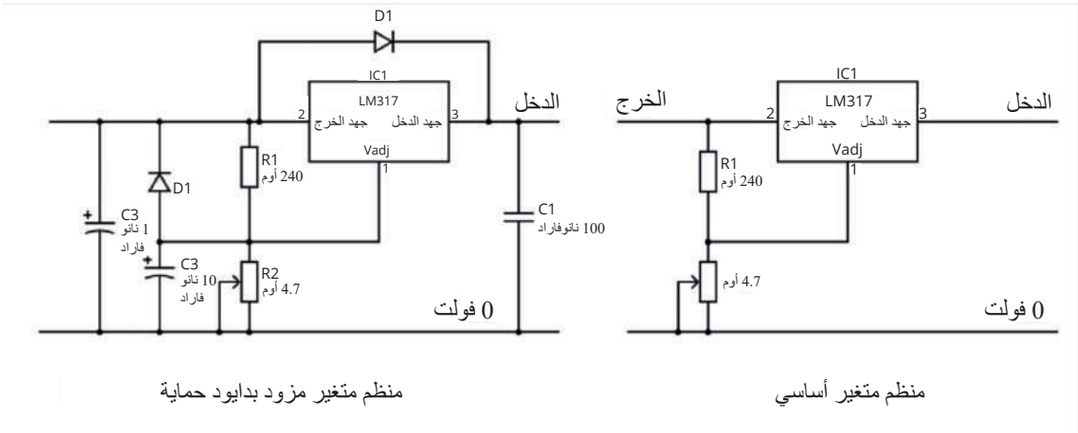
دراسة حالة

LM317 عبارة عن منظم جهد موجب قابل للتعديل صمَّمته شركة (إس تي ميكروإلكترونكس). تشير ورقة بيانات المنتج (DocID2154 Rev 19) إلى أن الدوائر المتكاملة (ICs) "... مصممة لتزويد أكثر من 1.5 أمبير من تيار الحمل بجهد خرج قابل للتعديل على مدى 1.2 فولت إلى 37 فولت. يكون اختيار جهد الخرج الاسمي عن طريق مجزيء مقاوم، ما يسهّل استخدام الجهاز تسهيلًا ممتازًا ويزيل تكديس العديد من المُنظِمات الثابتة.

وهذا يجعلها مفيدة جدًا لإنشاء مزوّد طاقة تيار مستمر بجهد متغير لطالب دارس للهندسة الإلكترونية.

يوضح الشكل 20.17 دائرة مُنظِم أساسية قابلة للتعديل ودائرة أكثر عملية تحتوي على:

- مُكثف تجزيء دخل سعته 0.1 ميكروفاراد، المُسمى C1
- مُكثف سعته 10 ميكروفاراد، المُسمى C2، لتحسين رفض التموج
- مكثف تنتالوم سعته 1 ميكروفاراد، المُسمى C3، يعمل على الخرج لتحسين الاستجابة العابرة
- دايود الحماية، المُسمى D1، يحمي الجهاز من قِصر الدائرة
- دايود ثاني، المُسمى D2، يحمي من قِصر الدائرة في الخرج.



منظم متغير أساسي

منظم متغير مزود بدايود حماية

الشكل 20.17 منظم الجهد المتغير LM317.

ما الدائرة التي ستختار إنشاءها إذا كنت تقوم بعمل مزود تيار مستمر منظم بجهد متغير لإجراء تجارب إلكترونية في ورشتك المنزلية؟ لماذا تختار هذه الدائرة؟

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 50 24/06/2025 05:59:26 ص

المرشحات الخاملة

بحث

قبل البدء في جزء المرشحات، راجع نظرية التيار المتناوب وتفاعل المكثفات والمحاثات والمخططات الطورية ونظريات الشبكة.

موضوعات ذات صلة

يتناول **نتاج التعلم د** في **الوحدة 57: المبادئ الكهربائية والإلكترونية**، ممانعة ومعاوقة المكونات الخاملة في دائرة تيار متناوب أحادية الطور، والمتجهات الطورية والتمثيل الطوري للكميات المتناوبة.

المصطلحات الرئيسة

مرشح - دائرة يمكنها تمرير ترددات محددة أو حجبها.
توهين - انخفاض قدرة الإشارة في نظام.

تسمح دائرة **المرشح** بتمرير الترددات في نطاق معين بينما تحظر الترددات الأخرى. يعد قسم التنعيم في مزوّد الطاق مثالًا لمرشح بسيط مصنوع من مقاوم ومكثف. والمقاومات والمكثفات هي مكونات خاملة. حيث لا تعطي أي كسب إشارة. جهد خرج المرشح أصغر من جهد الدخل. وتعمل المرشحات على تخفيف الإشارة. يُقاس **التوهين** بالديسيبل (dB).

الديسيبل هو وحدة لوغاريتمية لكسب الطاقة. ويُحسب الديسيبل على النحو الآتي:

$$dB = 10log_{10}\frac{Power_{out}}{Power_{in}}$$

تذكر أنه يمكنك كتابة الطاقة بثلاث طرق،

$$P = VI = \frac{V^2}{R} = I^2R$$

ومن ثمَّ، يمكنك كتابة كسب الجهد (أو التوهين)، على النحو الآتي:

$$10log_{10}\left(\frac{V_{out}^2}{R} \times \frac{V_{in}^2}{R}\right)$$

استخدم الجبر لإعادة ترتيب القسمة، ثم تبسيطها،

$$10log_{10}\left(\frac{V_{out}^2}{R} \times \frac{R}{V_{in}^2}\right)$$

$$10log_{10}\left(\frac{V_{out}^2}{V_{in}^2}\right) = 10log_{10}\left(\frac{V_{out}}{V_{in}^2}\right)^2$$

الآن قم بتطبيق قواعد اللوغاريتمات،

$$loga^b = b\ loga$$

$$10log_{10}\left(\frac{V_{out}}{V_{in}}\right)^2 = 20log_{10}\left(\frac{V_{out}}{V_{in}}\right)dB$$

ومن ثمَّ، يمكنك كتابة الجهد (الكسب أو التوهين) بالديسيبل على النحو الآتي:

$$A_v = 20log_{10}\left(\frac{V_{out}}{V_{in}}\right)dB$$

عادةً ما تكون مكتوبة على النحو الآتي:

$$A_v = 20log\left(\frac{V_{out}}{V_{in}}\right)dB$$

الرمز log() يعني أن أساس اللوغاريتم هو 10.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 51 24/06/2025 05:59:27 ص

المصطلحات الرئيسة

مرشح تمرير الترددات المنخفضة - مرشح يسمح بمرور الترددات التي تقل عن قيمة معينة ويمنع الترددات الأعلى.

مرشح تمرير الترددات العالية - مرشح يسمح بمرور الترددات التي تزيد عن قيمة معينة ويمنع الترددات المنخفضة.

مرشح تمرير ترددات النطاق - مرشح يسمح بمرور الترددات بين قيمة أقل وقيمة أعلى ويمنع الترددات الأخرى.

ملحوظة:

- عندما تكون قيمة $20log\left(\frac{V_{out}}{V_{in}}\right)$ موجبة فهذا يعني أن الإشارة مُكبرة (كسب)
- عندما تكون قيمة $20log\left(\frac{V_{out}}{V_{in}}\right)$ سالبة فهذا يعني أن الإشارة موَّهنة (فقدان)

مثال عملي

احسب توهين المرشح إذا كان جذر متوسط مربع جهد الدخل يبلغ 10 فولت، وكان جذر متوسط مربع جهد الخرج يبلغ 8 فولت.

$$(\text{التوهين}) = 20\,log\left(\frac{V_o}{V_i}\right) = 20\,log\left(\frac{8}{10}\right)$$

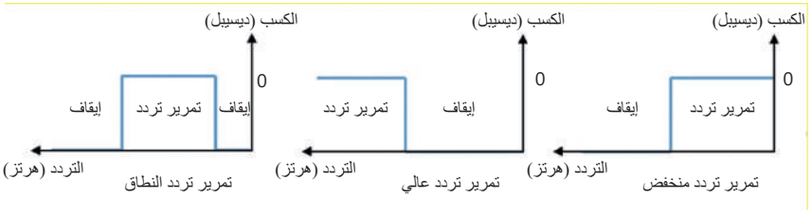
$$\text{التوهين} = -1.94\,dB = 20\,log\,(0.8)$$

لاحظ أن التوهين يعطي قيمة سالبة قدرها dB على النحو المذكور أعلاه.

هناك عدة أنواع من المرشحات. ثلاثة أنواع شائعة هي:

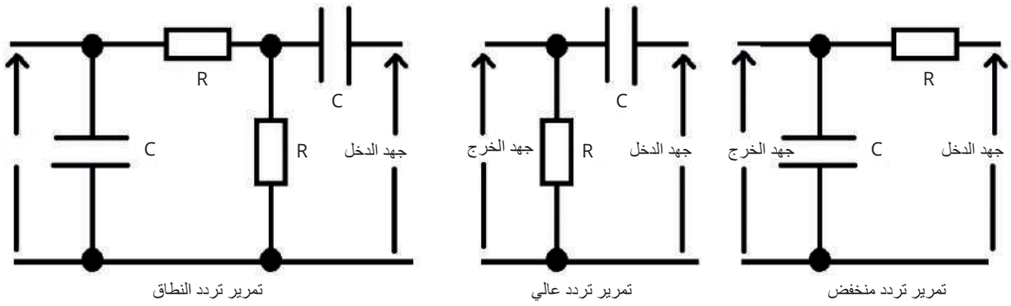
- **تمرير الترددات المنخفضة (LP)** - يُسمح فقط بالترددات التي تقل عن تردد قطع معين بالمرور.
- **تمرير الترددات العالية (HP)** - يُسمح فقط بالترددات التي تزيد عن تردد قطع معين بالمرور.
- **تمرير تردد النطاق (BP)** - يُسمح فقط بالترددات بين ترددات قطع منخفضة وعلوية معينة.

السلوك المثالي هو:



الشكل 20.18 المرشحات الخاملة المثالية.

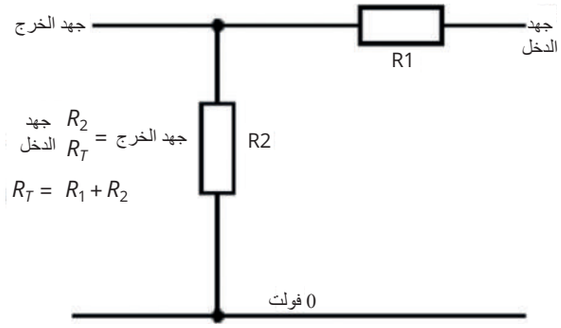
يمكن بناء مرشح تمرير ترددات منخفضة (LP) أو مرشح تمرير ترددات مرتفعة (HP) خامل بسيط باستخدام المقاوم والمكثف في ترتيب مُجزئ جُهد. ويحدد نوع المرشح موضع المقاوم والمكثف.



الشكل 20.19 مرشحات المقاومات والمكثفات (R-C) الخاملة لتمرير

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 52 24/06/2025 05:59:27 ص

الترددات المنخفضة (LP) وتمرير الترددات العالية (HP) وتمرير ترددات النطاق (BP)
تعتمد المرشحات على دائرة مُجزئ جُهد. يوضح الشكل 20.20 مُجزئ جهد يستخدم مقاومين. فرق الجُهد عبر R2 هو نسبة R2 إلى المقاومة الكلية RT.



الشكل 20.20 مُجزئ جُهد.

عندما تنظر إلى مرشح LP سترى أن R2 ليس مقاومًا. بل إنه مكثف. تذكر، أنه في دائرة التيار المتناوب،

قيمة المقاومة ثابتة مع التردد المتغير، R.

تقل الممانعة، X_C، للمكثف مع التردد.

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC}$$

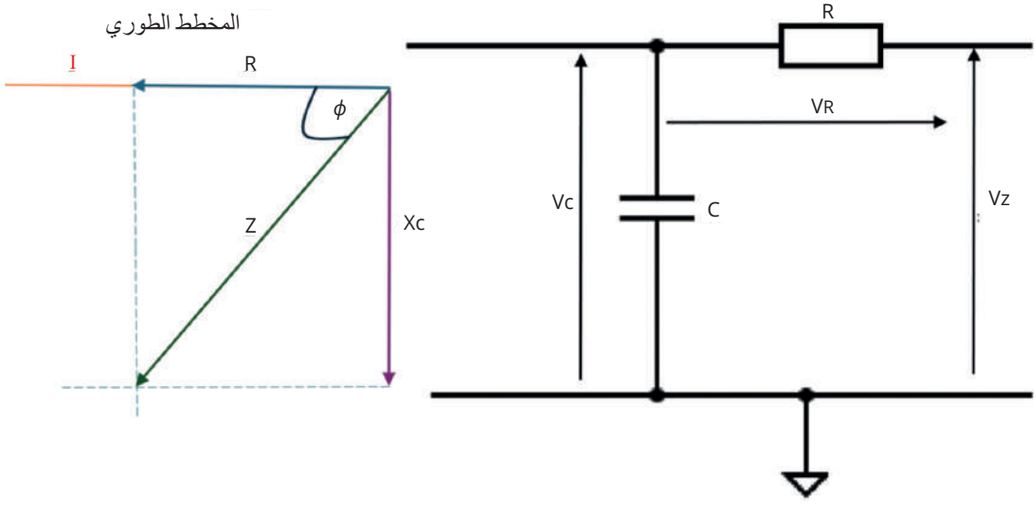
إن المعاوقة Z لشبكة R-C ليست مجرد مجموع المقاومة والممانعة.

تذكر أن الجهد عبر المقاوم متفق الطور مع التيار الذي يمر عبره لجميع الترددات.

يتأخر الجهد عبر المكثف عن التيار بمقدار 90 درجة.

يجب أن نرسم مخططًا طوريًا للعثور على المعاوقة الكلية، Z، لتركيبة المقاوم-المكثف

إذا رسمنا مخططًا طوريًا لشبكة R-C،



الشكل 20.21 مخطط طوري R-C.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 53 24/06/2025 05:59:28 ص

إذا كنت تستخدم نظرية فيثاغورس، إذن،

$$Z^2 = R^2 + X_C^2$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

لذلك يعطي "مُجزئ الجهد"،

$$v_{out} = \frac{X_C}{Z} v_{in}$$

يمكن كتابة هذا على النحو الآتي،

$$v_{out} = \frac{X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} v_{in}$$

يمكنك إعادة ترتيب النتيجة لإعطاء كسب الجهد،

$$\frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$$

بالنسبة لمرشح LP.

باستخدام طريقة "مُجزئ الجهد"،

$$V_o = \frac{X_C}{Z} V_i = \frac{X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} V_i$$

- عندما يكون التردد منخفضًا، فإن X_c يكون كبيرًا، $X_C \gg R$

معاوقة شبكة R-C $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} \approx X_c$

$$V_o = \frac{X_C}{X_c} V_i$$

$$\frac{V_o}{V_i} = 1$$

(التوهين) $= 20 \log \left(\frac{V_o}{V_i}\right) = 20 \log$ (1)

(التوهين) $= 0$ dB

- عندما تكون f كبيرة، تكون X_c صغيرة

معاوقة شبكة R-C $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} \approx R$

$$V_o = \frac{0}{R} V_i = 0$$

- عندما يكون التردد مساويًا لتردد القطع (الزاوية)، فإن ممانعة المكثف تساوي قيمة المقاومة.

$$X_C = R$$

معاوقة شبكة R-C $Z = \sqrt{R^2 + R^2} = \sqrt{2R^2} = \sqrt{2}\,R$

$$V_o = \frac{R}{\sqrt{2}\,R} V_i = \frac{1}{\sqrt{2}} V_i$$

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

(التوهين) $= 20 \log \left(\frac{V_o}{V_i}\right) = 20 \log \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)$

(التوهين) $= -3$ dB

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 54 24/06/2025 05:59:30 ص

بالنسبة لمرشح HP

باستخدام طريقة "مُجزئ الجهد"،

$$V_o = \frac{R}{Z} V_i = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} V_i$$

- عندما يكون التردد منخفضًا، فإن X_c يكون كبيرًا، $X_C \gg R$

معاوقة شبكة R-C $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} \approx X_c$

$$V_o = \frac{R}{R} V_i$$

$$\frac{V_o}{V_i} \approx 0$$

- عندما تكون f كبيرة، تكون X_c صغيرة

معاوقة شبكة R-C $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} \approx R$

$$V_o = \frac{R}{R} V_i$$

$$\frac{V_o}{V_i} = 1$$

(التوهين) $= 20 \log (1) = 0\ dB$

- عندما يكون التردد مساويًا لتردد القطع (الزاوية)، فإن ممانعة المكثف تساوي قيمة المقاومة.

$$X_C = R$$

معاوقة شبكة R-C $Z = \sqrt{R^2 + R^2} = \sqrt{2R^2} = \sqrt{2}R$

$$V_o = \frac{R}{\sqrt{2}R} V_i = \frac{1}{\sqrt{2}} V_i$$

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\text{(التوهين)} = 20 \log \left(\frac{V_o}{V_i}\right) = 20 \log \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)$$

التوهين $= -3\ dB$

مرشح BP هو مزيج من مرشح HP ومرشح LP. تُحسب ترددات القطع (الزاوية) بالطريقة نفسها المستخدمة في مرشحات التمرير المنخفض (LP) ومرشحات التمرير العالي (HP).

لا تحتوي استجابات التردد لمرشحات RC الحقيقية على قواطع حادة، كما هو موضح أدناه.

سعة الإشارة ليست الشيء الوحيد الذي يتغير مع التردد. حيث يتغير فرق الطور بين جهد الدخل والخرج أيضًا مع التردد. يجب أن تتذكر أن الجهد عبر المكثف يتأخر عن تيار الدخل. لقد رأينا بالفعل أنه عند التردد المنخفض يتصرف المكثف كدائرة مفتوحة. يكون جهد الخرج متفق الطور مع جهد الدخل. عند التردد العالي، يتأخر جهد الخرج عن جهد الدخل بمقدار 90 درجة. وعند تردد القطع (الزاوية) يكون فرق الطور -45 درجة.

يوضح المثال العملي كيفية تمثيل استجابة التردد للنظام من خلال كسبه (التوهين) والطور في مخطط بود.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 55 24/06/2025 05:59:32 ص

المصطلح الرئيس

استجابة التردد - رسم بياني يوضح الكسب (التوهين) مقابل التردد.

مثال عملي

استجابة التردد لمرشح تمرير الترددات المنخفضة

احسب كيف يختلف كسب الجهد (التوهين) وزاوية الطور لمرشح التمرير المنخفض باختلاف التردد.

نعلم من الملاحظات الخاصة بمرشح LP أنه،

$$\text{(التوهين)} = \frac{V_o}{V_i} = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$$

باستخدام المخطط الطوري لشبكة R-C،

يمكن حساب زاوية الطور باستخدام،

$$\tan\phi = -\frac{IX_C}{IR} = -\frac{X_C}{R}$$

تشير الإشارة السالبة إلى أن جهد الخرج يتأخر عن جهد الدخل.

$$\phi = -\tan^{-1}\left(\frac{X_C}{R}\right)$$

يمكن كتابة هذا أيضًا على النحو الآتي

$$\phi = -\arctan\left(\frac{X_C}{R}\right)$$

صيغة التوهين لمرشح LP هي،

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$$

قسّم كل طرف على R لإعادة ترتيب المعادلة

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{R/R}{\sqrt{R^2/R^2 + X_C^2/R^2}}$$

$$\text{(التوهين)} = \frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{X_C}{R}\right)^2}}$$

عندما $f = f_C$, $R = X_C$,

$$\phi = -\tan^{-1}\left(\frac{R}{R}\right) = -\tan^{-1}(1)$$

$$\phi = -45°$$

$$\text{(التوهين)} = \left(\frac{V_o}{V_i}\right) 20\log = \left(\frac{R}{\sqrt{R^2 + (R)^2}}\right) 20\log dB$$

$$\text{(التوهين)} = \left(\frac{R}{\sqrt{2R^2}}\right) 20\ \log = \left(\frac{R}{\sqrt{2}R}\right) 20 \log dB$$

$$\text{(التوهين)} = \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right) 20\ \log = -3\ dB$$

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 56 24/06/2025 05:59:33 ص

لاحظ أنه عندما يكون $X_C = R$ فإن جهد الخرج لا يكون نصف جهد الدخل. وهذا لأنه جمع للمتجهات الطورية للجهدين.

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0.707$$

احسب التوهين وزاوية الطور لبعض ترددات العينة.

عندما يكون $X_c = 0.01R$ $f = 0.01f_c$

$$\text{(التوهين)} = 20\ log\left(\frac{1}{\sqrt{1 + (0.01)^2}}\right) = -0.0\ dB$$

$$\text{(زاوية الطور)}\ \phi = -tan^{-1}(0.01) = -0.57°$$

عندما يكون $X_c = 0.1R$ $f = 0.1f_c$

$$\text{(التوهين)} = 20\ log\left(\frac{1}{\sqrt{1 + (0.1)^2}}\right) = -0.0\ dB$$

$$\text{(زاوية الطور)}\ \phi = -tan^{-1}(0.1) = -5.7°$$

عندما $X_C = 10R$ $f = 10\ f_c$

$$\text{(التوهين)} = 20\ log\left(\frac{1}{\sqrt{1 + (10)^2}}\right) = -20\ dB$$

$$\text{(زاوية الطور)}\ \phi = -tan^{-1}(10) = -84.3°$$

عندما $X_C = 100R$ $f = 100\ f_c$

$$\text{(التوهين)} = 20\ log\left(\frac{1}{\sqrt{1 + (100)^2}}\right) = -40\ dB$$

$$\text{(زاوية الطور)}\ \phi = -tan^{-1}(100) = -89.4°$$

يبدأ التوهين عند 20 ديسيبل/عقد لأي مرشح مقاومة (RC Filter) مكثفة منخفض التمرير بغض النظر عن قيم المكونات.

وقفة للتفكير

تُطبَّق إشارة بتردد 4 كيلو هرتز على مرشح مقاومة-مكثفة خامل لتمرير الترددات المنخفضة.
القيم المكونة لمرشح تمرير الترددات المنخفضة هي $R = 2\ k\Omega$ و $C = 33\ nF$.
احسب:

- الممانعة السعوية، X_C،
- المعاوقة الكلية، Z،
- التوهين
- التوهين بالديسيبل.

تلميح عند استخدام الصيغة لحساب الممانعة والمعاوقة، تأكد من تحويل قيم المكونات إلى أوم وفاراد (Ohm and Farad). اتبع الخطوات الواردة في المثال العملي لحساب التوهين كرقم وبالديسيبل.

توسيع الأفق تدرب على استخدام الترميز الهندسي عند استخدام وحدات كبيرة جدًا وصغيرة جدًا.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 57 24/06/2025 05:59:35 ص

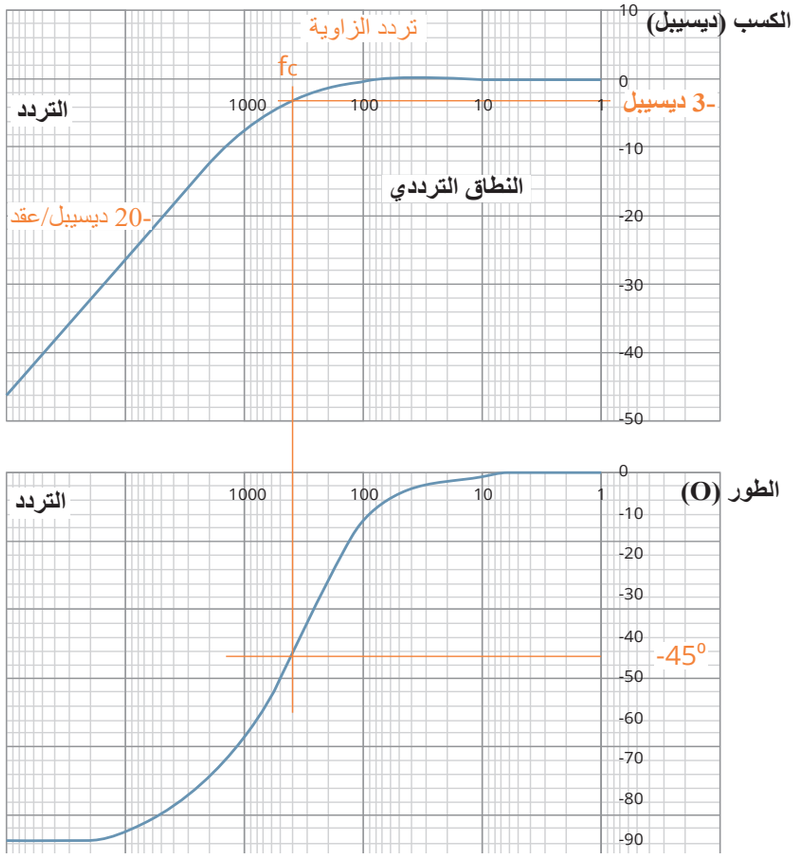
المصطلح الرئيس

مخطط بود - مخطط الكسب (التوهين) والطور مقابل التردد.

مخطط بود

يُعرف الجمع بين مخططات الكسب (التوهين) وزاوية الطور مقابل التردد باسم **مخطط بود**. كان هندريك دبليو بود (Hendrik W. Bode) (1905 - 1982) مهندسًا أمريكيًا قدم إسهامات مهمة في تحليل وتصميم أنظمة التحكم.

يُرسم التردد على المحور السيني. النطاق الواسع للترددات المرسومة لنظام نموذجي يعني أن مقياس التردد عادةً ما يكون لوغاريتميًا.



الشكل 20.22 مخطط بود لمرشح تمرير الترددات المنخفضة.

تطبيق النظرية

مرشح خامل لتمرير الترددات العالية

صُمم مرشح مقاومة (R-C Filter) الخال لتمرير الترددات العالية بتردد قطع (زاوي) 475 هرتز، لقيمة مقاوم 10 كيلو أوم (kΩ). قم بمحاكاة الخرج لإظهار أن الدائرة تعمل على النحو المتوقع.

عند تردد الزاوية

$$R = X_C = \frac{1}{2\pi f_c C}$$

أعد ترتيب الصيغة لجعل C المتغير الأساسي،

$$C = \frac{1}{2\pi f_c R}$$

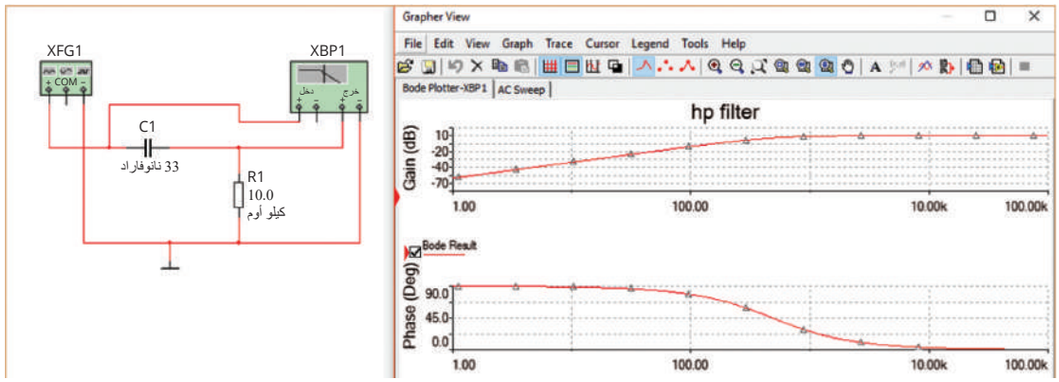
XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 58 24/06/2025 05:59:35 ص

استبدل القيم المعطاة.

$$C = \frac{1}{2\pi \times 475 \times 10 \times 10^{3}}$$

$$C = 33.5 \times 10^{-9}\ F$$

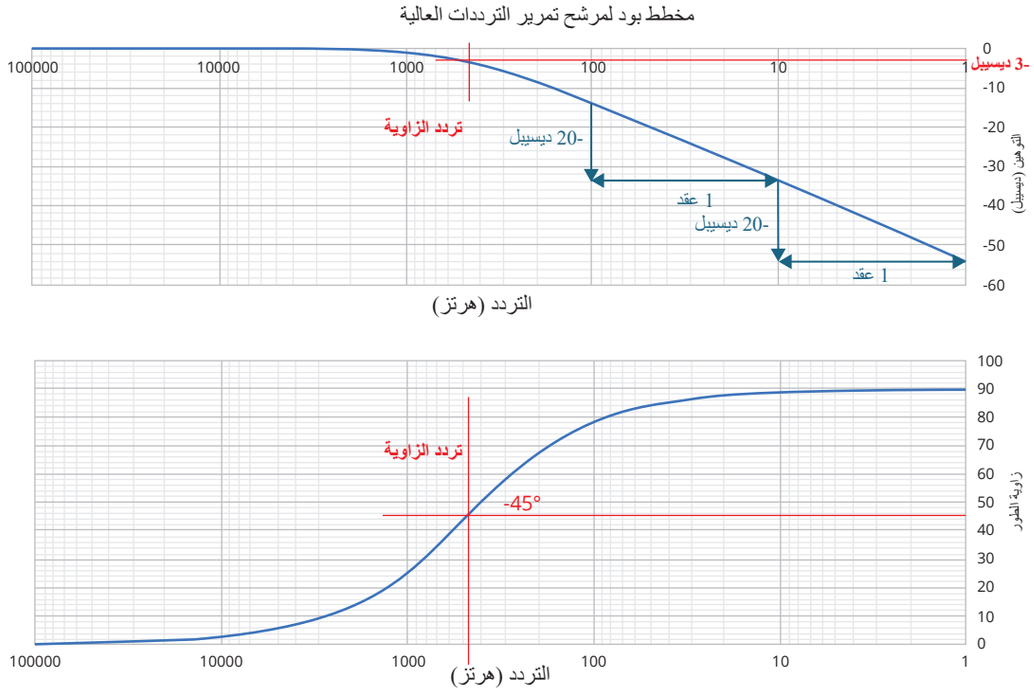
$$C = 33.5\ \text{nF}$$



الشكل 20.23 مخطط بود (Bode) لمرشح تمرير الترددات العالية.

المكثف ذو سعة 33.5 نانوفاراد (nF) ليس شائعًا ونادرًا ما يكون متوافرًا. لذلك، حدد مكثفًا متاحًا بقيمة قريبة، على سبيل المثال سعة 33 نانوفاراد.

ارسم الدائرة في برنامج التصميم. تستخدم الدائرة في الشكل 20.23 مولد إشارات لتوفير جهد دخل جيبي، ومخطط بود (Bode) لمحاكاة استجابة التردد. صُدِّر خرج المحاكاة إلى ملف اكسيل لتوفير الوصول إلى المزيد من أدوات التحليل، الشكل 20.24.



الشكل 20.24 مخطط بود (Bode) لمرشح تمرير الترددات العالية المرسوم باستخدام جدول بيانات.

يوضح مخطط بود (Bode) أن الدائرة تعمل على النحو المتوقع. حيث يزداد التوهين بمقدار 20 ديسيبل لكل عقد حتى يصل إلى 0 ديسيبل، أي أن الخرج يساوي جهد الدخل. تنخفض زاوية الطور من 90 درجة إلى 0 درجة، عندما يكون الخرج متفق الطور مع الدخل.

يمكن تقريب تردد الزاوية عند 475 هرتز. قد تحتاج إلى التدرب على قراءة المقاييس اللوغاريتمية لتأكيد ذلك.

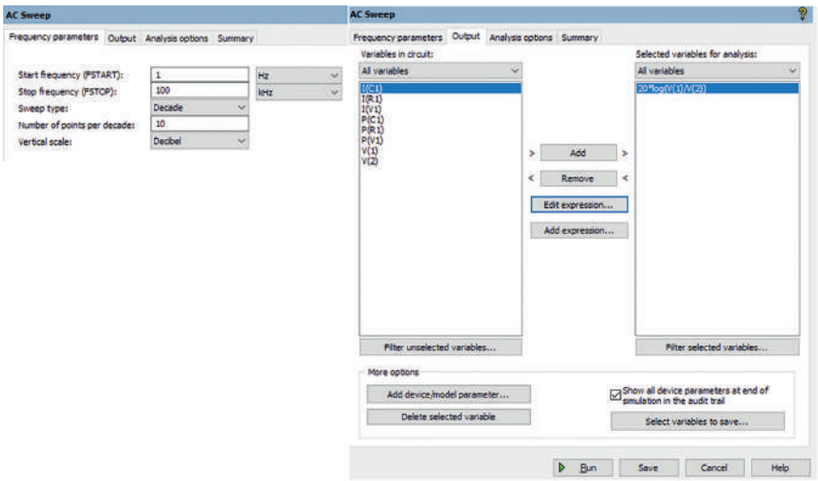
XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 59 24/06/2025 05:59:36 ص

بحث

إذا لم تكن معتادًا على قراءة المقاييس اللوغاريتمية، فمن الجدير إجراء بحث حول كيفية تنفيذ ذلك. وتتوافر العديد من مقاطع الفيديو عبر الإنترنت التي تشرح العملية ببساطة.

- تُستخدم المقاييس اللوغاريتمية عندما تشمل البيانات نطاقًا واسعًا من القيم.
- تكون تقسيمات المقياس اللوغاريتمي متساوية ولكنها تمثل زيادات بقوى العدد 10، (1، 10، 100..)
- بين هذه التقسيمات المتساوية، يكون المقياس مضغوطًا كلما زادت الأرقام. على سبيل المثال، المسافة بين 2 و3 على المقياس تكون أكبر من المسافة بين 7 و8.

أُعِدت المحاكاة عن طريق تحديد ترددات البدء والإيقاف والمتغيرات التي ستُرسَم. في هذه الحالة، حسبت المحاكاة عبارةً باستخدام المتغيرات في الدائرة.



الشكل 20.25 إعداد معلمات المحاكاة لمرشح تمرير الترددات العالية

الضوضاء

الضوضاء كهربائية هي اضطراب غير مرغوب فيه في الإشارة المرغوبة. ويعد جهد التموج الذي يظهر على جهد الخرج لمزوّد الطاقة مثالًا على الضوضاء الكهربائية. يعود اسم الضوضاء إلى أيام الاتصالات اللاسلكية الأولى عندما كانت الإشارات المستقبلة مشوهة بسبب الهسهسة والفرقعة. يحدث هذا النوع من الضوضاء بسبب مصادر خارجية، على سبيل المثال الظروف الجوية أو المجالات المغناطيسية حول الآلات الصناعية أو النشاط الشمسي. ويمكن أيضًا توليد الضوضاء داخل مكونات الدائرة. تُعطى لمصادر الضوضاء الداخلية المختلفة أسماء مختلفة، مثل ضوضاء جونسون وضوضاء اللقطة وضوضاء الوميض.

غالبًا ما يشير مهندسو الصوت إلى أنواع مختلفة من الضوضاء باستخدام "اللون".

- **الضوضاء البيضاء** مزيج عشوائي من جميع الترددات، تمامًا مثل الضوء الأبيض هو مزيج من جميع الألوان. وهو الشكل الأكثر شيوعًا للضوضاء. نسمعها عادةً بتردد مرتفع نسبيًا، ولكن هذا بسبب الطريقة التي تتفاعل بها الأذن البشرية مع الأصوات. تُصنَّف ضوضاء جونسون على أنها ضوضاء بيضاء.
- **الضوضاء الوردية** تشبه الضوضاء البيضاء، ولكن في إشارة الضوضاء الوردية، تعمل الترددات بمستويات طاقة مختلفة فتُسمَع جميع الترددات بالتساوي. وتُصنف ضوضاء الوميض على أنها ضوضاء وردية.
- **الضوضاء البنية (الحمراء)** تشبه الضوضاء الوردية، ولكنها تبدو أقل ترددًا من الضوضاء البيضاء والوردية.

المصطلح الرئيس

الضوضاء الكهربائية - اضطراب غير مرغوب فيه في إشارة مرغوبة. يمكن أن تحدث الضوضاء بسبب مصادر خارجية ويمكن أن تتولد داخل مكونات الدائرة.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 60 24/06/2025 05:59:36 ص

- تُصدر **الضوضاء البنفسجية (الأرجوانية)** صوتًا عاليًا وتكون براقة، بينما تبدو الضوضاء البنية منخفضة ومكتومة.
- تُستخدم ألوان أخرى مثل الرمادي والأزرق والأسود والبرتقالي لوصف الضوضاء.

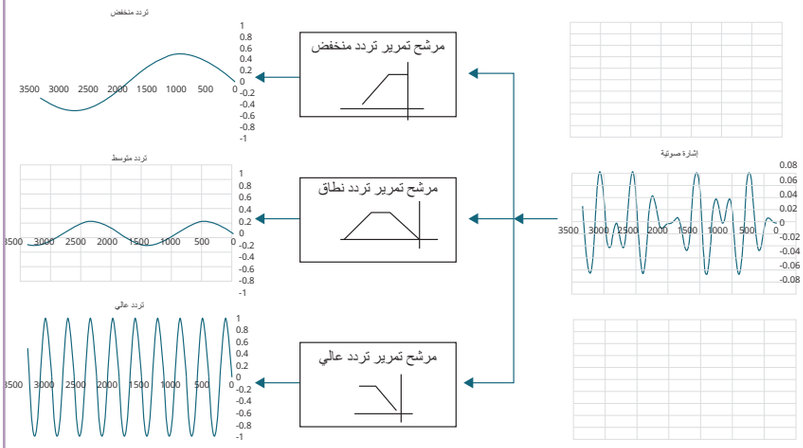
ربما سمعت صوتًا منخفض التردد على أجهزة الصوت. يحدث هذا بسبب التقاط تردد التيار الكهربائي من مزوّد الطاقة إلى الإشارة الصوتية. وتتمثل إحدى الطرق البسيطة لتقليل همهمة التيار الكهربائي هذه في استخدام مرشح التمرير العالي بتردد زاوية أعلى من تردد مزوّد التيار الكهربائي (عادةً 50 هرتز أو 60 هرتز بحسب البلد).

ستجد المزيد من المعلومات حول الضوضاء في الأنظمة الإلكترونية في جزء تطبيقات الاتصالات.

دراسة حالة

يعمل مهندس إلكتروني في شركة تُنتج مكبرات صوت إلكترونية. وقد حدد مالك الشركة فجوة في السوق في مكبرات الصوت المناسبة للمجموعات التي تعزف الموسيقى في القاعات المحلية. يجب أن يحتوي مكبر الصوت على عناصر تحكم منفصلة للترددات العالية والمتوسطة والمنخفضة للسماح باستخدامه لتضخيم الإشارات من مكتب المزج المتصل بعدد من الأدوات والميكروفونات.

اقترح المهندس الإلكتروني أن النظام يمكن أن يستخدم المرشحات لفصل الترددات من الإشارة المختلطة إلى ترددات منخفضة ومتوسطة وعالية. يمكن بعد ذلك تضخيم كل إشارة بشكل منفصل لإنتاج الخرج المطلوب لمكبرات الصوت المناسبة (مثل مكبر الصوت الجهير ومكبر الصوت المتوسط ومكبر الصوت العالي). أنتج المهندس رسمًا بيانيًا (الشكل 20.26) لتوضيح الغرض من المرشحات المختلفة.



الشكل 20.26 تطبيق المرشحات.

وافق مالك الشركة على أن هذه الفكرة جيدة وكلف المهندس الإلكتروني بإنتاج دائرة نموذجية.

اقترح مهندس آخر استخدام مُكبر طاقة لتضخيم إشارة التردد المختلط قبل ترشيحها. يمكن تركيب المرشحات في برج مكبر الصوت باستخدام مكبرات الصوت الثلاثة.

هل يمكنك تحديد أي مزايا أو عيوب لكل اقتراح؟

ما الحل المفضل لديك؟

كيف تبرر لمالك الشركة اختيارك؟

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 61 24/06/2025 05:59:36 ص

مُكبرات الترانزستور

بحث

قبل البدء في جزء مكبرات الترانزستور، راجع بنية مواد أشباه الموصلات، مثل السيليكون، وكيف يمكن تشويبها لإعطاء مواد من النوع n-type و p-type.

موضوعات ذات صلة

يتناول **نتاج التعلم أ** في **الوحدة 19: الأجهزة والدوائر الإلكترونية**، الدايود والترانزستورات والمكبرات العملياتية بمزيد من التفصيل.

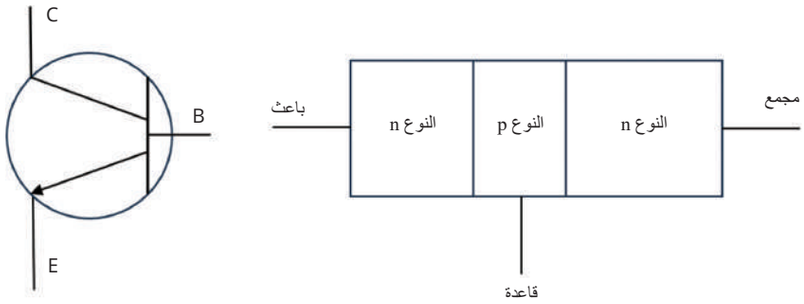
المصطلح الرئيس

ترانزستور وصلي ثنائي القطب (BJT) - جهاز شبه موصل ثلاثي الأطراف. بنيته "طبقة بينية" من مادة npn أو pnp. وتُسمى أطرافه الثلاثة القاعدة والباعث والمجمع. يكون التحكم في التيار في منطقة المجمع بواسطة تيار أصغر في منطقة القاعدة.

في عام 1948، أبلغ جون باردين (John Bardeen) ووالتر براتين (Walter Brattain)، اللذين يعملان في مختبرات بيل في أمريكا، لأول مرة عن مبدأ الترانزستور. صاغ زميلهم جون بيرس (John Pierce) مصطلح "ترانزستور" باعتباره اختصار لمصطلح *مقاوم النقل* - ما يشير إلى أن تيارًا كبيرًا يتحكم فيه تيار أصغر. طور ويليام (بيل) شوكلي (William (Bill) Schockley) البنية ثنائية القطب للترانزستور. عمل شوكلي (Schockley) أيضًا على بنية النوع الثاني من الترانزستورات، ترانزستورات الأثر الحقلي، وطوَّر فكرة حصلت على براءة اختراع في عام 1925 من قِبل جوليوس ليلينفيلد (Julius Lilienfeld) ولاحقًا من قِبل أوسكار هيل (Oskar Heil) (1934). لم يتمكن ليلينفيلد (Lilienfeld) وهيل (Heil) من صنع جهاز عملي بالمواد المتاحة لهما.

الترانزستور ثنائي القطب

يحتوي **الترانزستور ثنائي القطب أو الوصلي** على ثلاثة أطراف. يُوصَّل كل طرف بمنطقة مشوَّبة واحدة من "طبقة بينية" n-p-n أو p-n-p. تُعرف المناطق الثلاثة باسم الباعث، والمُجمع، والقاعدة. يوضح الشكل 20.27 البنية المثالية لترانزستور n-p-n، ورمزه في الدائرة. يشير السهم الموجود على الباعث إلى اتجاه تدفق التيار التقليدي. ستستخدم معظم الأمثلة الترانزستورات ثنائية القطب n-p-n، لأنها مستخدمة في نطاق أوسع. اتجاه السهم هو عكس الترانزستور ثنائي القطب p-n-p.

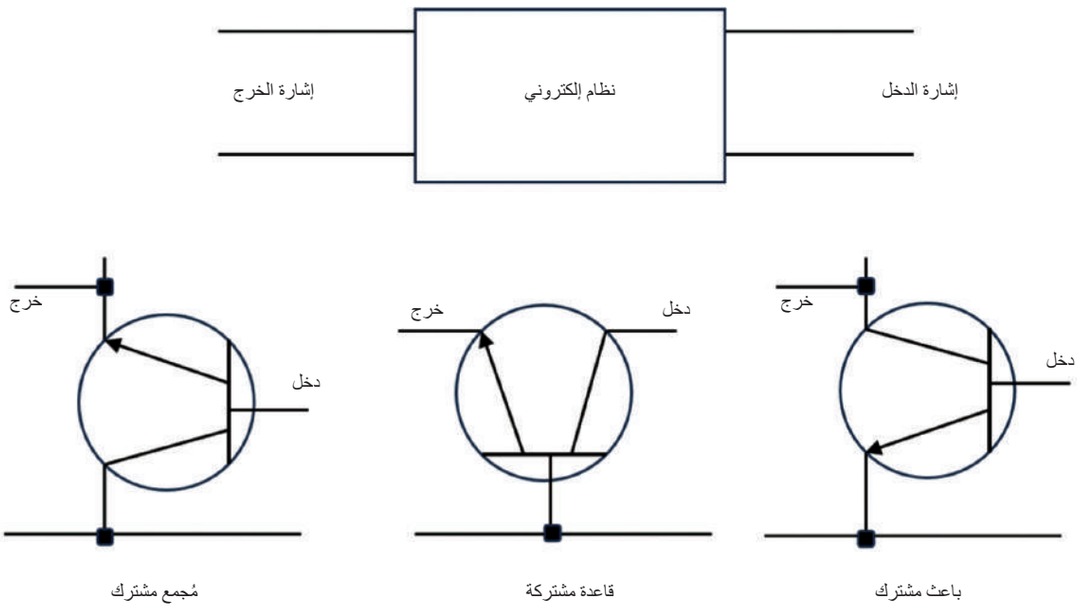


الشكل 20.27 بنية ورمز الترانزستور ثنائي القطب n-p-n.

يوضح الشكل 20.28 مخطط كتلة لنظام إلكتروني. تحتاج كل إشارات الدخل والخرج إلى طرفين. يحتوي الترانزستور ثنائي القطب على ثلاثة أطراف فقط. إذا قمت بتوصيل ترانزستور بالنظام الإلكتروني، فيجب توصيل أحد الأطراف بشكل مشترك مع كل من إشارات الدخل والخرج. الأوضاع الثلاثة الممكنة لتوصيل الترانزستور في الدائرة هي:

- قاعدة مشتركة
- مُجمع مشترك
- باعث مشترك

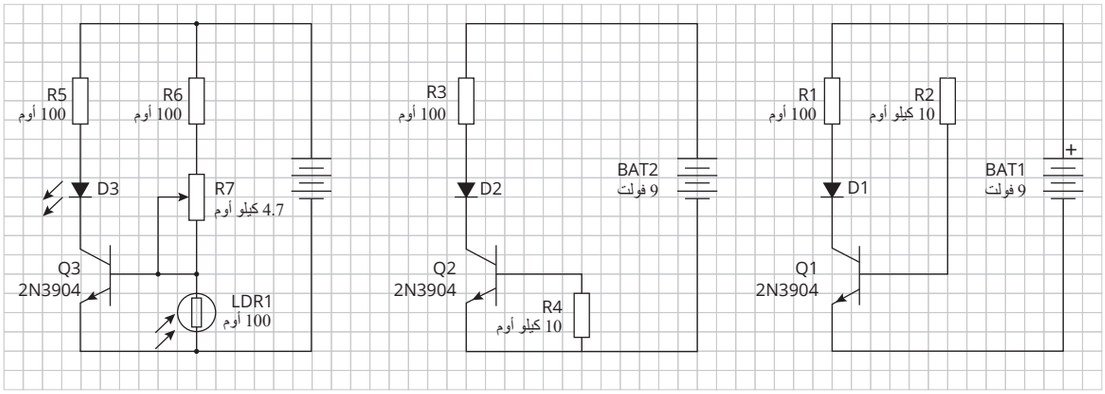
XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 62 24/06/2025 05:59:36 ص



الشكل 20.28 أوضاع التوصيل لترانزستور ثنائي القطب n-p-n.

توصيل الباعث المشترك هو الأكثر استخدامًا.

من استخدامات الترانزستور استخدامه مفتاحًا (مُبدّلًا). يوضح الشكل 20.29 كيفية عمل الترانزستور كمفتاح.



الشكل 20.29 ترانزستور n-p-n مُستخدم كمفتاح.

الوصلة بين قاعدة الترانزستور والباعث هي وصلة p-n، وتعمل مثل الدايود.

- عندما يكون جهد القاعدة-الباعث أعلى من 0.7 فولت (تقريبًا)، يكون الترانزستور في حالة تشغيل كاملة. ويتحكم تيار صغير في القاعدة في تيار أكبر في المُجمّع. الصمام الثنائي الباعث للضوء (ليد) قيد التشغيل " ON".
- عندما يكون جهد القاعدة-الباعث أقل من 0.6 فولت (تقريبًا)، فإنه لا يوجد تيار قاعدة قابل للقياس. الترانزستور في حالة إيقاف التشغيل "OFF". مؤشر ليد منطفئ "OFF".

توضح الدائرة النهائية في الشكل 20.29 كيف يمكن تصميم الدائرة لتكون مفتاح تشغيل/إيقاف التشغيل "ON/OFF" تلقائي. تزداد مقاومة المقاوم المعتمد على الضوء (LDR) في الظلام.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 63 24/06/2025 05:59:36 ص

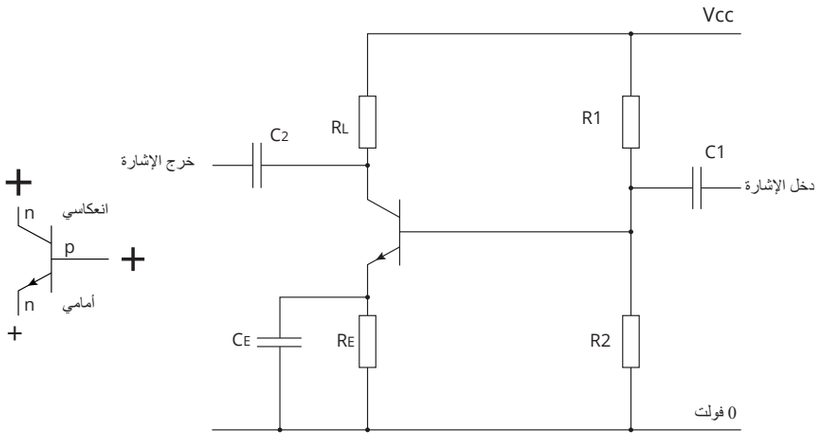
عندما يتم وضع مقاوم معتمد على الضوء في الظلام، يزداد فرق الجهد عبر المقاوم. وعندما ينخفض مستوى الضوء إلى القيمة المختارة، يكون الجهد في القاعدة عالٍ بما يكفي لتشغيل الترانزستور. يُعيّن المستوى بواسطة مقياس الجهد.

عند وضع مقاوم معتمد على الضوء في الضوء الساطع، تنخفض المقاومة. عند مستوى إضاءة معين، ينخفض الجُهد الموجود في القاعدة إلى ما دون النقطة التي يتم فيها إيقاف تشغيل الترانزستور.

الاستخدام الثاني للترانزستور هو استخدامه مُكبرًا.

لن يعمل الترانزستور إلا عندما يكون ذو انحياز صحيح. في التشغيل العادي،

- وصلة المُجمع - القاعدة في انحياز عكسي،
- وصلة الباعث - القاعدة في انحياز أمامي.



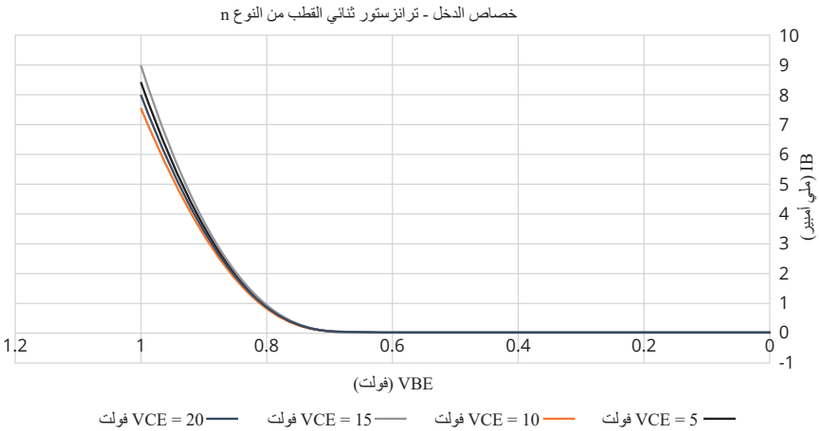
الشكل 20.30 مُكبر ترانزستور باعث مشترك.

يمكن تفسير تشغيل الدائرة باستخدام خصائص الجهد-التيار للترانزستور.

توضح **خصائص الدخل** قيمة تيار القاعدة، I_B، عند قيم جهد القاعدة-الباعث، V_{BE}. تؤخذ القراءات للحصول على قيمة ثابتة لجهد المُجمع-الباعث V_{CE}. يوضح الشكل 20.31 أن وصلة القاعدة-الباعث تعمل كدايود وصلة من النوع p-n. لا يوجد تيار (قابل للقياس) حتى يصل V_{BE} إلى 0.6 فولت تقريبًا، ويزداد التيار خطيًا تقريبًا فوق 0.7 فولت تقريبًا. يعرض الرسم البياني عائلة المنحنيات المُتحصَّل عليها عند قياس خصائص الدخل عند قيم مختلفة لـ V_{CE}.

المصطلح الرئيس

خصائص الدخل - رسم بياني يظهر العلاقة بين تيار الدخل وجهد الدخل عند جهد خرج معين.



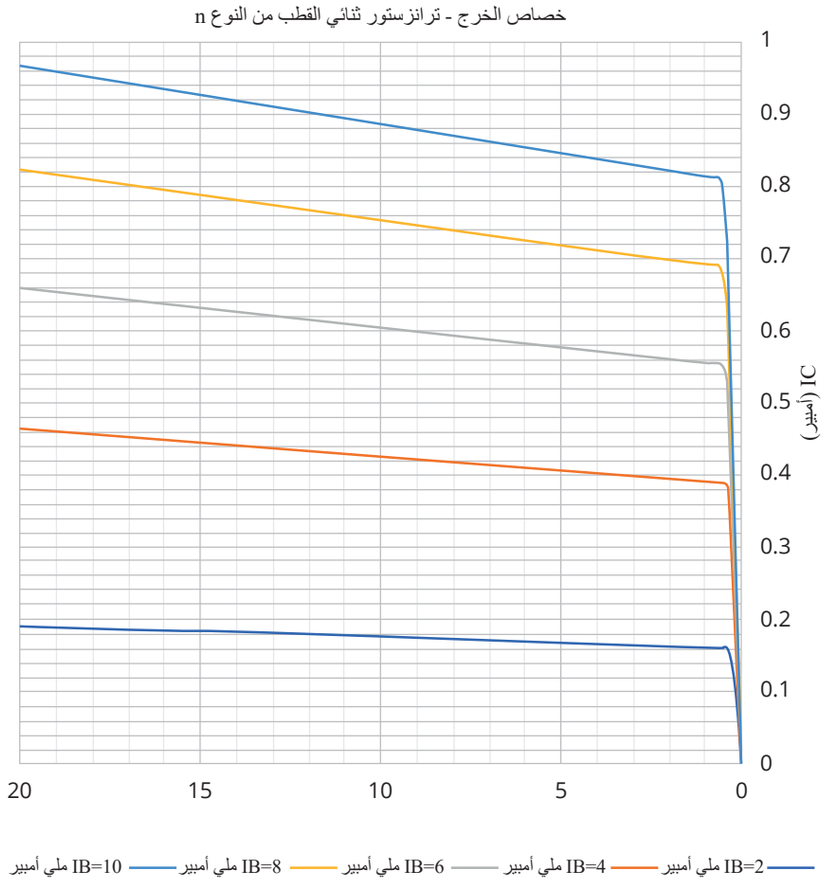
الشكل 20.31 خصائص دخل الترانزستور NPN.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 64 24/06/2025 05:59:37 ص

المصطلح الرئيس

خصائص الخرج - رسم بياني يظهر العلاقة بين تيار الخرج وجهد الخرج عند جهد دخل معين.

توضح **خصائص الخرج** قيمة تيار المُجمع، I_C، عند قيم جهد المُجمع-الباعث، V_{CE} تؤخذ القراءات للحصول على قيمة ثابتة لتيار القاعدة I_B. تُظهر خصائص الدخل أن تيار القاعدة، I_B، يتناسب مع جهد القاعدة-الباعث V_{BE}، في المنطقة النشطة. يعرض الشكل 20.30 عائلة المنحنيات المُتحصَّل عليها عند قياس خصائص الدخل لقيم مختلفة لـ I_B (أو V_{BE}).



الشكل 20.32 خصائص خرج الترانزستور NPN.

يعمل الترانزستور n-p-n على تحويل تيار قاعدة صغير، I_B إلى تيار مُجمع أكبر I_C. نسبة I_C إلى I_B هي كسب التيار للترانزستور. تُعرف باسم نسبة نقل التيار ذو الانحياز الأمامي. وعادةً ما تُمثل بالآتي h_{fe} أو b.

نسبة نقل التيار ذو الانحياز الأمامي = كسب التيار في توصيل الباعث المشترك

$$h_{fe} = \beta = \frac{I_C}{I_B}$$

للتلخيص، فإن الترانزستور الوصلي ثنائي القُطب (BJT) هو جهاز يتحكم فيه التيار. يتحكم تيار القاعدة في تيار المُجمع. يُعطى كسب المكبر عادةً على شكل كسب جهد، A_v. (من السهل قياس الجهد. يُوصَّل

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 65 24/06/2025 05:59:37 ص

الفولتميتر (جهاز قياس الجهد) بالتوازي، ما يعني أنه لا يلزم تغيير الدائرة. ويجب توصيل مقياس التيار الكهربائي بالتسلسل. يجب قطع الدائرة لتوصيل مقياس التيار الكهربائي بها).

يمكن أيضًا تحديد كسب الجهد بالديسيبل.

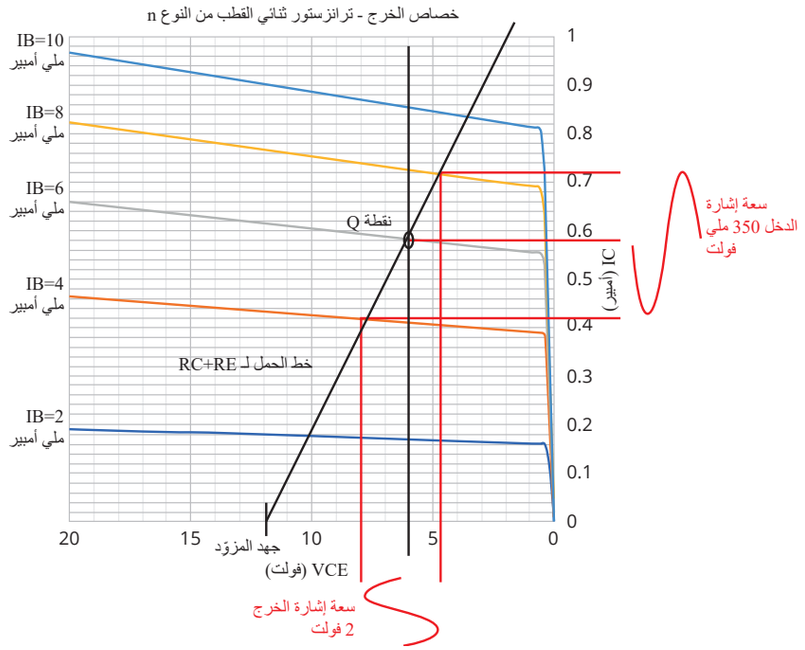
$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

يجب تحديد المكونات في الشكل 20.27 للتأكد من أن إشارة الخرج مماثلة لشكل إشارة الدخل. الترانزستور في مُكبر الباعث المشترك هو المكون النشط الوحيد في الدائرة.

يوضح الشكل 20.31 كيف يستخدم المصمم خصائص الخرج لتحديد ظروف الانحياز للسماح للترانزستور بتكبير الإشارة المتناوبة بأكملها. تُحدد **نقطة سكون**، Q، للسماح للإشارة بالتأرجح بالتساوي حولها. الدليل التقريبي هو اختيار V_{CE} ليكون نصف جهد التزويد. في الرسم التخطيطي، يبلغ جهد التزويد 12 فولت ونقطة Q هي 6 فولت، وقد تم رسم خط التحميل على الخصائص لتمثيل $R_C + R_E$. قيمة I_B عند نقطة السكون هي 6 ملي أمبير.

المصطلح الرئيس

نقطة السكون - تُعرف أيضًا باسم نقطة الانحياز. جهد التيار المستمر في طرف ترانزستور معين دون تطبيق دخل إشارة.



الشكل 20.33 استخدام خصائص الخرج لتحديد نقطة Q.

إذا كان i_B يساوي 6 ملي أمبير، فإن i_C= 0.57 أمبير.

عندما يرتفع i_B إلى 8 ملي أمبير، يصبح i_C نحو 0.72 أمبير؛ التغير في i_C = 0.15 أمبير.

عندما ينخفض i_B إلى 4 ملي أمبير، يصبح i_C نحو 0.42 أمبير؛ التغير في i_C = 0.15 أمبير.

كسب التيار هو،

$$A_i = \frac{\text{change in } i_c}{\text{change in } i_b} = \frac{0.15}{2 \times 10^{-3}} = 75$$

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 66 24/06/2025 05:59:37 ص

كسب التيار بالديسيبل هو،

$$A_i = 20\,log\,(75) = 37.50\ dB$$

تبلغ سعة جهد الدخل 350 مللي فولت، وتبلغ سعة جهد الخرج 2 فولت.

كسب الجهد هو

$$A_v = \frac{change\ in\ v_{out}}{change\ in\ v_{in}} = \frac{2}{350 \times 10^{-3}} = 5.7$$

كسب الجهد بالديسيبل هو

$$A_v = 20\,log(5.7) = 15.12\ dB$$

لاحظ أنه عندما يرتفع جهد الدخل، ينخفض جهد الخرج. وعندما ينخفض جهد الدخل، يرتفع جهد الخرج. يعكس الترانزستور الإشارة.

تعطي الدائرة كلًا من كسب التيار والجهد. كسب الطاقة للمكبر هو

كسب الطاقة = كسب الجهد × كسب التيار

$$P_{gain} = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{v_{out} \times i_{out}}{v_{in} \times i_{in}}$$

$$P_{gain} = A_v \times A_i$$

$$P_{gain} = 5.7 \times 75 = 427.5$$

يمكن أيضًا تحديد كسب الطاقة بالديسيبل؛

$$P_{gain} = 10\,log\left(\frac{P_{out}}{P_{in}}\right)$$

$$P_{gain} = 10\,log(427.5) = 26.31\ dB$$

لاحظ أنه في صيغة حساب كسب الطاقة، نستخدم 10 log().

عند حساب كسب الجهد أو كسب التيار، نستخدم 20 log().

[تذكر قواعد اللوغاريتمات. $log(A \times B) = log(A) + log(B)$]

كيف تتحكم المكونات في الدائرة؟

انظر إلى الدائرة في الشكل 20.28 مرة أخرى. يشكل R_1 و R_2 مُجزئ جُهد. عينوا جهد التيار المستمر في القاعدة لانحياز الترانزستور لإعطاء نقطة سكون، Q.

يُحدد تيار المُجمع I_C بواسطة تيار الطور، I_B.

$$I_C = h_{fe} I_B$$

يولد تيار المجمع فرق جهد عبر R_L، ما يحدد الجهد عند المجمع، V_C

$$V_C = V_s - IR_L$$

تيار الباعث هو

$$I_E = I_C + I_B = (1 + h_{fe}) I_B$$

جهد الباعث هو

$$V_E = I_E \times R_E$$

جهد القاعدة-الباعث هو،

$$V_{BE} = V_B - V_E$$

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 67 24/06/2025 05:59:39 ص

يوفر R_E تغذية راجعة للتحكم في استقرار المكبر. عندما يبدد الترانزستور الطاقة، تزداد درجة الحرارة. سيؤدي ارتفاع درجة الحرارة إلى زيادة التيار، ما يؤدي إلى ارتفاع أكبر في درجة الحرارة. هذا يمكن أن يؤدي إلى الهروب الحراري وتدمير الترانزستور. تؤدي الزيادة في I_B إلى زيادة في I_C وبالتالي زيادة I_E. عندما يزداد I_E، يزداد فرق الجُهد عبره. هذه الزيادة ترفع V_E ، وهذا يقلل V_{BE} . يؤدي الانخفاض في V_{BE} إلى تقليل I_B، ما يؤدي إلى انخفاض في I_C وانخفاض درجة الحرارة.

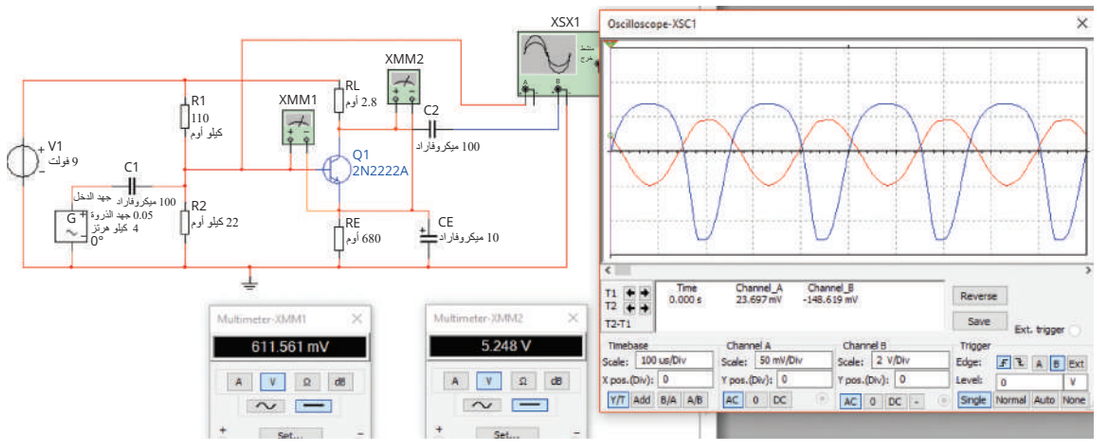
لذلك، يمنع R_E التغييرات في I_B ما يعطي تغييرات في I_C، ولكن الغرض الكامل من المكبر هو عكس ذلك. نريد تكبير التغييرات في القاعدة. يوفر C_E مسار تجزيء للإشارة. يتم اختيار قيمة C_E للحصول على ممانعة أقل عند تردد تشغيل الإشارة من R_E يتحكم R_E في جهد انحياز التيار المستمر عند الباعث. يسمح C_E بتكبير الإشارة.

C_1 و C_2 مُكثفات اقتران. تسمح للإشارة بالدخول والخروج من الدائرة. وتحظر جهد انحياز التيار المستمر لمنع المكبر من التأثير في أي وحدات تأتي قبله أو بعده في النظام.

تطبيق النظرية

مكبر الباعث المشترك

قرر مهندس إلكتروني تصميم مكبر باعث مشترك لنظام صوتي. فاختار المكونات التي اعتقد أنها ستوفر ظروف الانحياز المناسبة لتشغيل الدائرة. ثم أجرى محاكاة للدائرة باستخدام برنامج احترافي.



الشكل 20.34 محاكاة مكبر الباعث المشترك.

استخدم المصمم أدوات افتراضية في المحاولة الأولى للمحاكاة.

يقيس الملتيميتر 1 (XMM1) جهد القاعدة والباعث. $V_{BE} = 612$ mV .

يقيس الملتيميتر 2 (XMM2) جهد المُجمع والباعث. $V_{CE} = 5.25$ V

يُظهر راسم الذبذبات (XSC1) جهد الدخل باللون الأحمر وجهد الخرج باللون الأزرق.

حلل المصمم نتائج المحاكاة، وتوصل إلى بعض الاستنتاجات:

- يبدو جهد القاعدة والباعث منخفضًا بعض الشيء مقارنة بمنحنى خصائص الدخل (الشكل 20.31). الترانزستور في حالة توصيل، لكنه لم يصل بعد إلى الجزء الخطي من المنحنى.
- جهد المُجمع والباعث يزيد قليلًا عن نصف جهد مصدر الطاقة. وقد لا يسمح هذا بالتأرجح المتساوي لجهد الخرج.
- تُظهر شاشة راسم الذبذبات أن الترانزستور يعمل على تكبير الأجزاء الموجبة والسالبة من الشكل الموجي، ولكن يوجد بعض التشويه.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 68 24/06/2025 05:59:39 ص

- تردد جهد الخرج يعادل تردد جهد الدخل.
- وينعكس جهد الخرج مقارنة بجهد الدخل (إزاحة طورية بزاوية 180 درجة).
- استخدم المصمم الجهد من الذروة إلى الذروة لحساب كسب جهد المكبر للسماح بالتشويه،

$$A_v \approx \frac{8}{0.1} = 80$$

بالديسيبل،

$$A_v = 20\,log(80) = 38\ \text{dB}$$

استقر رأي المُصمم على أن المحاكاة كانت خطوة أولية جيدة في تصميم المُكبر. ومع ذلك، ستكون هناك حاجة إلى بعض التغييرات في قيم المكونات قبل استخدامها في مكبر عملي.

وقفة للتفكير

انظر إلى النتائج التي حصل عليها المصمم. ما قيم المكونات التي يمكن للمصمم تغييرها لتحسين جودة خرج المكبر؟ فكر في التأثير المترتب على جعل كل مكون أكبر أو أصغر في ظروف الانحياز. كيف ستؤثر التغييرات في الخرج؟

تلميح

انظر إلى النتائج التي حصل عليها المصمم. ما قيم المكونات التي يمكن للمصمم تغييرها لتحسين جودة خرج المكبر؟

توسيع الأفق

فكر في التأثير المترتب على جعل كل مكون أكبر أو أصغر في ظروف الانحياز.

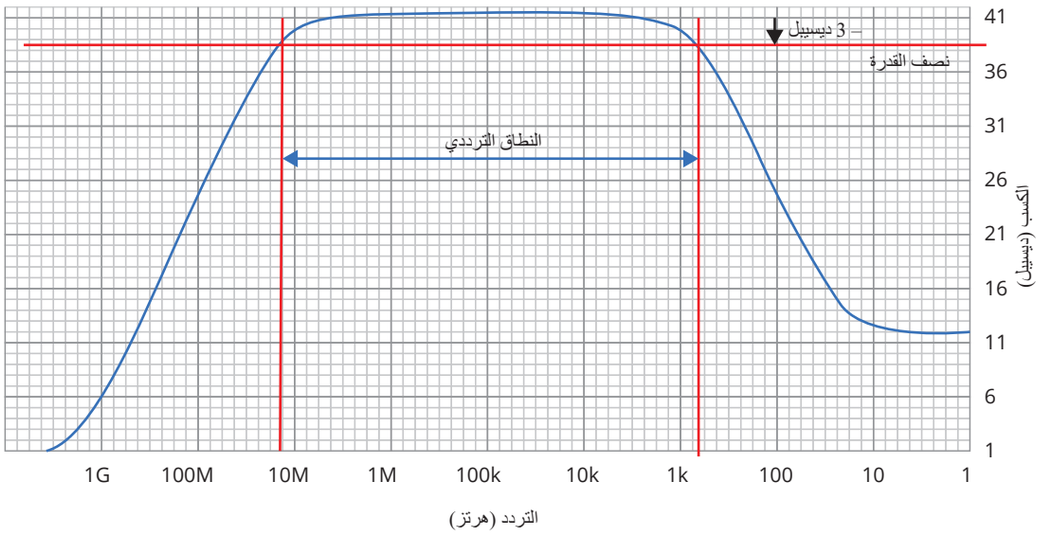
كيف ستؤثر التغييرات في الخرج؟

المصطلحات الرئيسة

تردد القطع (الزاوي) — يُسمى أحيانًا نقطة نصف الطاقة. التردد الذي يتم عنده توهين الطاقة بنسبة 50 في المائة. توهين الجهد هو 3- ديسيبل.

النطاق الترددي - نطاق التردد بين تردد القطع السفلي والعلوي (الزاوي).

نفّذ مصمم دائرة المكبر في الشكل 20.34 محاكاة مسح تيار متناوب لمكبر الباعث المشترك. وأدى هذا لقياس كسب خرج الجهد لمجموعة من ترددات الدخل من 1 هرتز إلى 1 جيجا هرتز. تظهر استجابة التردد للمكبر في الشكل 20.35.



الشكل 20.35 استجابة التردد لمكبر باعث مشترك.

يحتوي المكبر على استجابة مسطحة بين **تردد القطع السفلي (الزاوي)** وتردد القطع العلوي. **النطاق الترددي** هو نطاق التردد بين نقطتي القطع.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 69 24/06/2025 05:59:39 ص

يمكن كتابة النطاق الترددي على النحو الآتي

$$\text{النطاق الترددي} = f_{hc} - f_{lc}$$

حيث إن f_{hc} و f_{lc} ترددات الزاوية العالية والمنخفضة.

توجد العديد من التطبيقات للمكبرات. المكبر أعلاه هو مثال لمكبر إشارة صغير. يمكن أن يوفر التصميم إشارة مُكبرة خطية مع كسب الطاقة. قد يحتوي على طاقة كافية لتشغيل مكبر صغير، ولكنه لن يكون مناسبًا لتوفير إشارة الخرج لنظام مخاطبة الجمهور أو نظام صوت المسرح.

ترانزستورات الأثر الحقلي

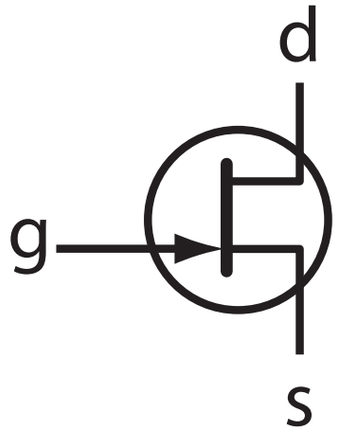
هناك نوعان أساسيان من ترانزستور الأثر الحقلي (FET):

- ترانزستور الأثر الحقلي الوصلي (JFET)
- ترانزستور الأثر الحقلي أشباه الموصلات بأكسيد المعادن (MOSFET)

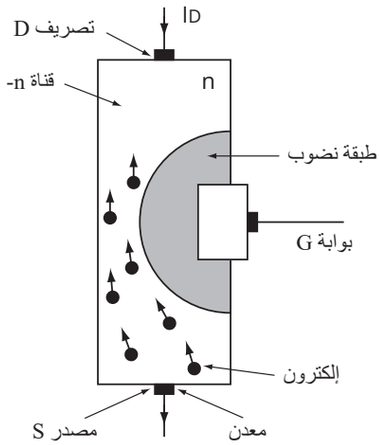
يعتمد كلا نوعي ترانزستور الأثر الحقلي على استخدام حقل كهربائي مطبق للتحكم في التيار المتدفق عبر قناة مشوبة (قد تكون من النوع n أو p).

أحد الاختلافات بين الترانزستور الوصلي ثنائي القطب وترانزستور الأثر الحقلي هو

- يتم التحكم في الترانزستور الوصلي ثنائي القطب بالتيار
- يتم التحكم في ترانزستور الأثر الحقلي بالجهد.



الشكل 20.36 رمز دائرة ترانزستور أثر حقلي ذي قناة n.



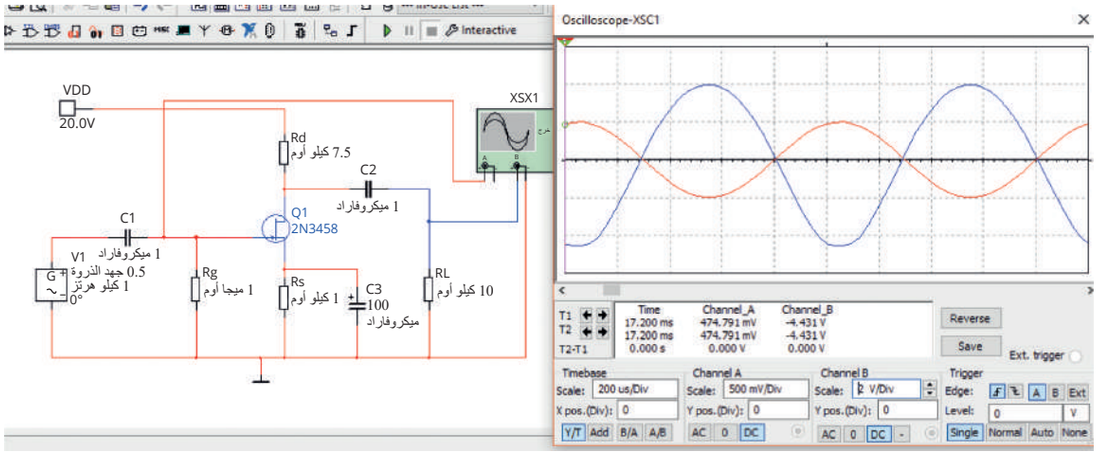
الشكل 20.37 بنية ترانزستور أثر حقلي ذي قناة n.

معادل دائرة مكبر الباعث المشترك باستخدام ترانزستور الأثر الحقلي هو مكبر المصدر المشترك. يوضح الشكل 20.38 محاكاة لمكبر مصدر مشترك باستخدام ترانزستور أثر حقلي وصلي. لاحظ التشابه مع مكبر الباعث المشترك.

المصطلح الرئيس

ترانزستور الأثر الحقلي (FET) - جهاز شبه موصل ثلاثي الأطراف. تسمى الأطراف الثلاثة البوابة والمصدر والتفريغ. يتدفق التيار عبر قناة من النوع p أو n بين التفريغ والمصدر الذي يتحكم فيه الحقل الكهربائي على البوابة.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 70 24/06/2025 05:59:40 ص



الشكل 20.38 مكبر ترانزستور أثر حقلي ذي مصدر مشترك.

تبلغ سعة جهد الخرج نحو 4 فولت، وسعة جهد الدخل 0.5 فولت، وكسب الجهد هو

$$A_v = \frac{4}{0.5} = 8$$

كسب الجهد بالديسيبل هو،

$$A_v = 20\log(8) = 18.07\text{dB}$$

تبلغ سعة جهد الخرج نحو 4 فولت. يبلغ الحِمل 10 كيلو أوم. سعة التيار المتدفق في الحِمل هي

$$I = \frac{v}{R} = \frac{4}{10 \times 10^3} = 0.4\text{ mA}$$

تيار RMS المتدفق في الحِمل هو

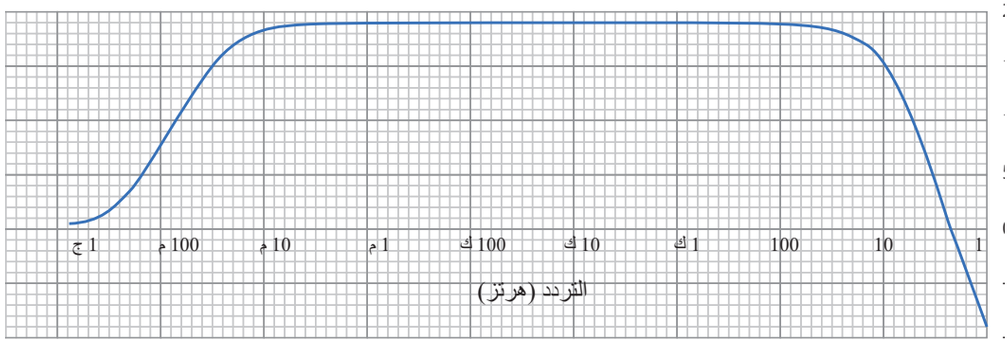
$$I_{rms} = \frac{I_{peak}}{\sqrt{2}} = \frac{0.4 \times 10^{-3}}{\sqrt{2}} = 0.28\text{ mA}$$

الطاقة المشتتة في الحِمل هي

$$p = I^2 \times R$$

$$p = \left(0.28 \times 10^{-3}\right)^2 \times 10 \times 10^3 = 0.8\text{ mW}$$

يوضح الشكل 20.39 استجابة التردد لمكبر المصدر المشترك لنطاق التردد من 1 هرتز إلى 1 جيجاهرتز.



الشكل 20.39 استجابة تردد مكبر ترانزستور أثر حقلي ذي مصدر مشترك.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 71 24/06/2025 05:59:41 ص

يمكن تقدير النطاق الترددي من الرسم البياني. يبلغ تردد القطع الأدنى نحو 10 هرتز. يبلغ تردد القطع العلوي نحو 30 ميجاهرتز.

مكبرات الطاقة

تحتاج مرحلة خرج النظام الصوتي إلى زيادة حمل مكبر الصوت. إذا قمت بفحص نظام صوتي، فسترى أن مكبرات الصوت عادةً ما تكون ذات معاوقة 4 أوم أو 8 أوم. يجب أن يكون مكبر القدرة قادرًا على توفير التيارات العالية اللازمة لتشغيل مكبرات الصوت ذات المعاوقة المنخفضة.

مثال عملي

ماذا سيحدث إذا كان الحمل في مُكبر المصدر المشترك في الشكل 20.34 هو 4 أوم بدلًا من 10 كيلو أوم؟

سيكون التيار المسحوب بالحمل لجهد الخرج نفسه،

$$I = \frac{V}{R} = \frac{4}{4} = 1\ A$$

سيكون جذر متوسط مربع التيار المتدفق في الجمل،

$$I_{rms} = \frac{I_{peak}}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0.707\ A$$

ستكون الطاقة المشتتة في الحمل،

$$p = I^2 \times R$$
$$p = (0.707)^2 \times 4 = 2\ W$$

هذا أكبر بـ 2500 مرة من الدائرة المحاكاة. من المحتمل أن تؤدي الحرارة الناتجة عن الطاقة المشتتة إلى تدمير الترانزستور. وسيتعين على المصمم الحصول على ترانزستور قادر على التعامل مع متطلبات الطاقة الأكبر.

فئات مكبر الطاقة

تُرتب مكبرات الطاقة في "فئات" مختلفة بحسب طريقة عملها. تُحدد الفئات المختلفة من خلال نسبة دورة واحدة من إشارة الدخل التي يكبرها المكون النشط. الفئات الأكثر استخدامًا للتطبيقات الصوتية هي الفئة A و B و AB و C.

الفئة A

يعد الباعث المشترك ومكبرات المصدر المشترك أمثلة عن **المكبر من الفئة A**. يجري الترانزستور 360 درجة كاملة من الإشارة. إذا صُمِّم المكبر من الفئة A تصميمًا صحيحًا، فإنه يمكن أن يكون خطيًا للغاية، ويوفر كسبًا عاليًا وتشوهًا منخفضًا. هذا يعني أنه يُستخدم في مكبرات الصوت عالي الأداء (hi-fi). ومع ذلك، يمكن تقييده بمقدار الحرارة التي يمكن تبديدها.

يعمل الترانزستور المستخدم في مكبر الصوت من الفئة A على سحب التيار باستمرار، حتى عندما تكون إشارة الدخل صفرية. وهذا يجعل الدائرة غير فعالة. تبلغ الكفاءة النموذجية لمكبر من الفئة A نحو ثلاثين بالمائة.

الفئة B

يستخدم **المكبر من الفئة B** اثنين من الترانزستورات، أحدهما لتكبير الدورة النصفية الموجبة والثاني لتكبير الدورة النصفية السالبة. وتُختار الترانزستورات لتكون زوجًا مكملًا، على سبيل المثال زوج ترانزستور

المصطلحات الرئيسة

مُكبر من الفئة A — مُكبر طاقة يُوصِّل فيه العنصر النشط (الترانزستور) 360 درجة كاملة من الإشارة.

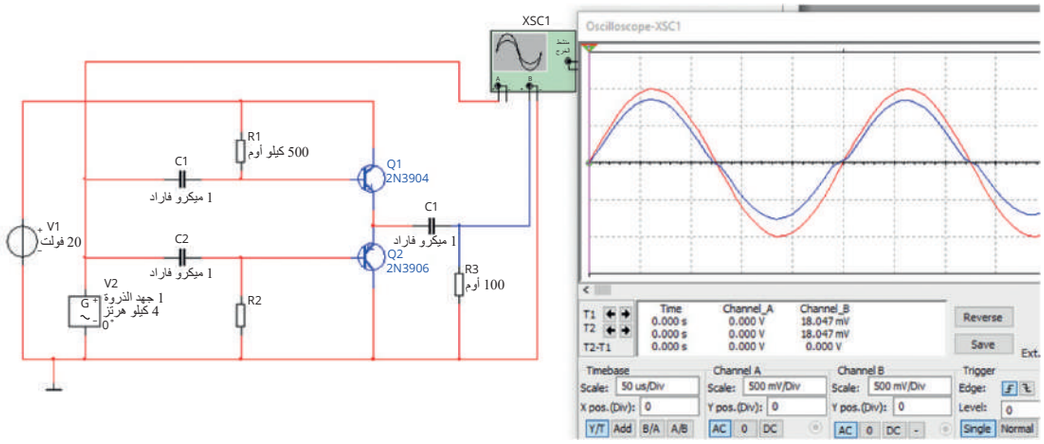
مُكبر من الفئة B - مُكبر طاقة يُوصِّل فيه كل عنصر نشط (ترانزستور) 180 درجة من الإشارة.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 72 24/06/2025 05:59:41 ص

n-p-n و p-n-p، أو زوج ترانزستور FET لقناة n وقناة p، بخصائص مطابقة. يُطلق على التكوين أحيانًا اسم مكبر "الدفع والسحب".

عندما تكون إشارة الدخل صفرية، يتم إيقاف تشغيل كلا الترانزستورات. تيار السكون هو صفر. هذا يعني أنه لا حاجة إلى انحياز تيار مستمر. يعتبر المكبر من الفئة B أكثر فعالية من المكبر من الفئة A.

يوضح الشكل 20.40 مكبرًا من الفئة B باستخدام زوج تكميلي من الترانزستورات ثنائية القطب.

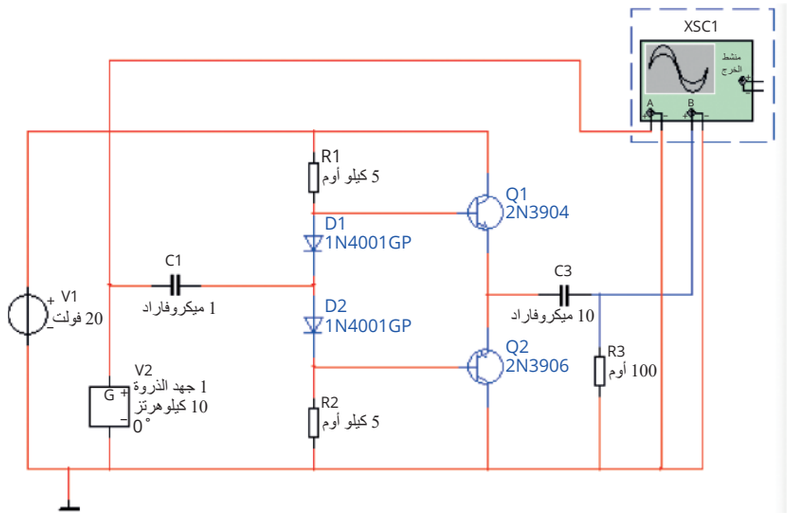


الشكل 20.40 مكبر أساسي من الفئة B يُظهر تشويهًا متقاطعًا.

عندما تنظر عن كثب إلى أشكال موجات الجهد في الشكل 20.40، يمكنك أن ترى أن الخرج مشوه حول نقاط التقاطع. ووفق ما رأيناه سابقًا، تحتاج وصلة p-n للقاعدة-الباعث إلى فرق جُهد من 0.6 فولت إلى 0.7 فولت للسماح بإجراء التوصيل. لا تحتوي الترانزستورات على انحياز تيار مستمر. لذلك، يتم إيقاف تشغيل كلا الترانزستورات عندما تكون إشارة الدخل صفرية.

يتم إيقاف تشغيل Q1 عندما ينخفض جهد القاعدة-الباعث الخاص به إلى أقل من 0.6 فولت، ولا يتم تشغيل Q2 حتى يصل جهد القاعدة-الباعث إلى 0.6- فولت.

يُعرف هذا النوع من التشويه بالتشويه المتقاطع. وتتمثل إحدى طرق تقليله في توفير انحياز كافٍ للحفاظ على تشغيل كل ترانزستور حتى نقطة التقاطع الدقيقة. يماثل الجهد المطلوب جهد الانحياز الأمامي لوصلة p-n. يوضح الشكل 20.41 كيف يمكن إدخال الدايود في الدائرة لتقليل التشوه المتقاطع.



الشكل 20.41 مُكبر من الفئة AB مزود بدايود لتقليل التشوه المتقاطع.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 73 24/06/2025 05:59:42 ص

المصطلحات الرئيسة

مُكبر من الفئة AB - مُكبر طاقة يُوصِّل فيه كل عنصر نشط (ترانزستور) أكثر من 180 درجة من الإشارة لتقليل التشوه المتقاطع.

مُكبر من الفئة C - مُكبر طاقة يكون فيه الجهاز النشط (الترانزستور) في وضع انحياز للتوصيل لأقل من نصف دورة. وبالتالي، فإن الخرج عبارة عن نبضة تتراوح بين 80 درجة و 120 درجة من إشارة الدخل. نتيجةً لذلك، ستكون إشارة الخرج غير خطية.

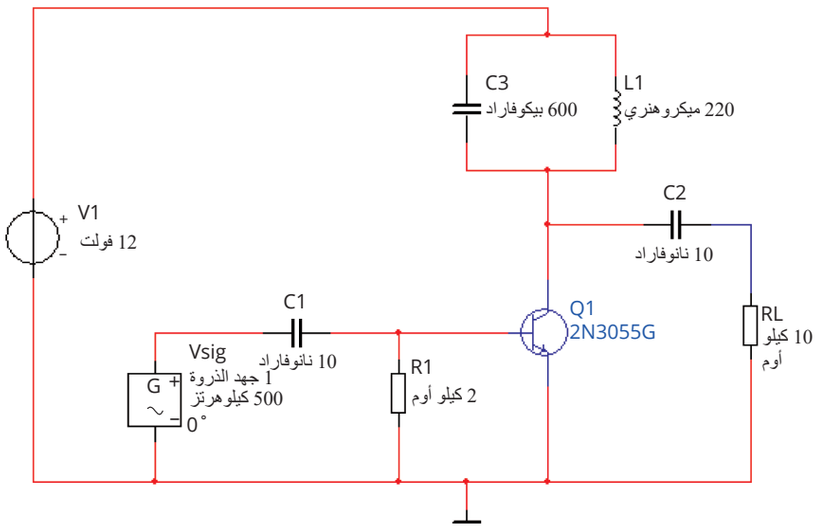
الفئة AB

يؤدي انحياز الترانزستورات في مكبر الفئة B لإزالة التشوه المتقاطع إلى إنتاج **مكبر من الفئة AB**. إن استخدام الدايود لتوفير الانحياز له مزايا أكثر من تقليل التشوه المتقاطع. حيث ينطوي الدايود على سلوك مميز مماثل لوصلة القاعدة-الباعث p-n. سيعمل الدايود بطريقة مشابهة لتغيرات درجة الحرارة. يمكن زيادة مقدار الانحياز في المضاعفات عن طريق إضافة الدايود بالتسلسل.

الفئة C

فئة مكبر الطاقة القياسية الرابعة هي **الفئة C**. يكون الترانزستور في دائرة الفئة C في انحياز لتنفيذ أقل من نصف دورة. وبالتالي، فإن الخرج هو نبضة. يتراوح طول النبض عادة بين 80 درجة و 120 درجة من إشارة الدخل. ونتيجةً لذلك، فإن إشارة الخرج ليست نسخة خطية من الدخل. يعني مقدار التشويه أن المكبر من الفئة C غير مناسب للاستخدام في دائرة صوتية.

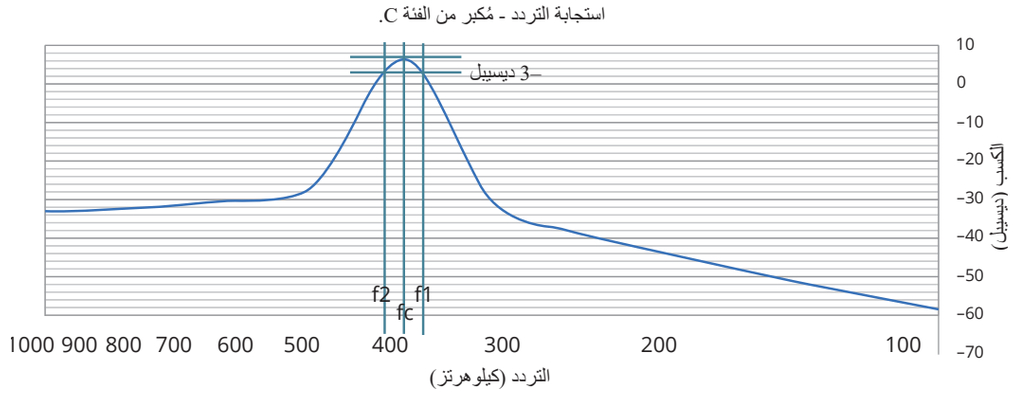
تُستخدم المُكبرات من الفئة C عادةً في تطبيقات الترددات الراديوية (RF)، على سبيل المثال مُذبذِب RF. تُظهر الدائرة في الشكل 20.42 مكبرًا من الفئة C مع حمل دائرة مضبوط. يُنفذ الحِمل باستخدام محث ومكثف. وتُختار قيم المحث والمكثف بحيث يحدث تردد الرنين بتردد إشارة الدخل نفسها.



الشكل 20.42 مُكبر من الفئة C.

يوضح الشكل 20.43 استجابة التردد لمكبر الفئة C في الشكل 20.42. حيث يُظهر أن الإشارة موهنة عند ترددات أعلى وأقل من تردد يبلغ نحو 400 كيلو هرتز.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 74 24/06/2025 05:59:42 ص



الشكل 20.43 استجابة التردد لمُكبر من الفئة C.

يتم التحكم في التردد من خلال اختيار قيم المحث والمكثف. يحدث تردد الرنين عند

$$X_L = X_C$$

$$2\pi fL = \frac{1}{2\pi fC}$$

إعادة ترتيب المعادلة لجعل التردد هو الموضوع،

$$f^2 = \frac{1}{(2\pi)^2 LC}$$

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

استبدال القيم من الدائرة،

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{220 \times 10^{-6} \times 600 \times 10^{-12}}}$$

$$f = 438 \times 10^3 = 438\ kHz$$

يعطي عرض الذروة وارتفاعها في الشكل 20.43 مقياسًا لجودة انتقائية الدائرة. يعتبر المرشح ذو الذروة الضيقة والعالية أكثر انتقائية من المرشح ذي الذروة العريضة المنخفضة. كلما كانت الذروة أضيق وأعلى، اقترب المرشح أن يكون مثاليًا. كلما اقترب المرشح أن يكون مثاليًا، زاد عامل Q (الجودة). مقياس قيمة Q هو،

$$Q = \frac{Centre\ frequency}{Bandwidth} = \frac{f_c}{f_2 - f_1}$$

على سبيل المثال

$$f_c = 400\ kHz, \qquad f_1 = 380kHz, \qquad f_2 = 420kHz$$

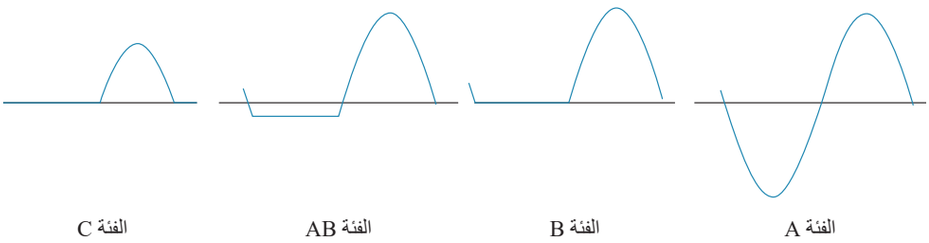
$$Q = \frac{400 \times 10^3}{420 \times 10^3 - 380 \times 10^3} = 10$$

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 75 24/06/2025 05:59:42 ص

يقارن الجدول 20.1 والشكل 20.44 أنواع مكبرات الطاقة الأربعة التي فُحِصت، من حيث جزء الإشارة المُكبَّر بواسطة كل عنصر نشط (الترانزستور) والكفاءة والتشويه والتطبيق النموذجي.

الجدول 20.1 مقارنة بين فئات مكبر الطاقة

الفئة	زاوية التوصيل	الكفاءة	التشوّه	التطبيق
A	360°	30% – 20	الأقل	النظام الصوتي
B	180°	40% – 30	أكثر من A و B. أقل من C.	نظام مخاطبة الجمهور
AB	<360° لكن >180°	25% (كحد أقصى)	أكثر من A. أقل من B و C	مكبر التردد الراديوي
C	<180°	80% – 70	الأكثر	مُرسل إشارة FM



الشكل 20.44 نسبة الإشارة المكبرة بحسب كل فئة من فئات مكبر الطاقة.

المصطلح الرئيس

مُكبر عملياتي - دائرة متكاملة (IC) ذات كسب جهد عالي جدًا. يمكن توصيله لتنفيذ عمليات (وظائف) مختلفة.

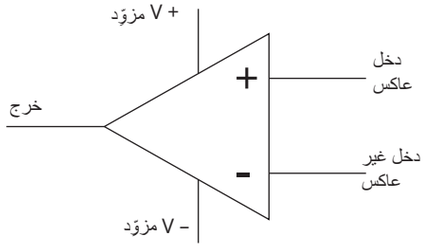
المُكبرات العملياتية

المُكبر العملياتي هو النوع الأكثر استخدامًا من الدوائر المتكاملة التناظرية. حيث يمثل دائرة متعددة المراحل. ويحتوي على دخلين وخرجين. يتم التحكم في جهد الخرج من خلال الفرق بين جهد الدخل.

يُعرف الدخل باسم:

- دخل عاكس
- دخل غير عاكس

وسيتضح سبب الأسماء أكثر لاحقًا.

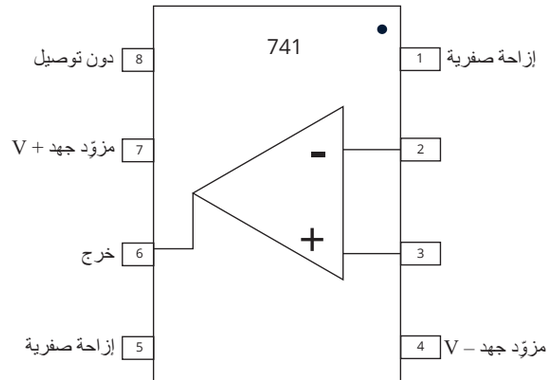


الشكل 20.45 الرمز التخطيطي للمكبر العملياتي.

يطلق عليه المكبر العملياتي لأنه يمكن أن يؤدي عمليات إلكترونية مختلفة اعتمادًا على طريقة توصيله بالدائرة.

يعد "Texas Instruments 741" أحد أقدم الأمثلة على المكبر العملياتي. أُصدِر في عام 1968، وما يزال يستخدم في نطاق واسع. يتضمن تصميم الدائرة المتكاملة (IC) 19 ترانزستور ثنائي القطب. وتتوافر في العديد من التنسيقات؛ منها حزمة الأطراف الخطية المزدوجة (DIP) وتقنية التثبيت السطحي (SMT). يوضح الشكل 20.46 توزيع سنون توصيل دائرة حزمة مضمنة مزدوجة 741 متكاملة. لاحظ أن هناك توصيلتين إضافيتين لا تظهران دائمًا في الرسم التخطيطي. يتم شرح توصيلات الإزاحة الصفرية في جزء المقارِن. تُصنَّع المكبرات العملياتية أيضًا باستخدام ترانزستورات الأثر الحقلي (FETs).

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 76 24/06/2025 05:59:43 ص



الشكل 20.46 مكبر عملياتي 741 في دائرة متكاملة ذات حزمة مضمنة مزدوجة.

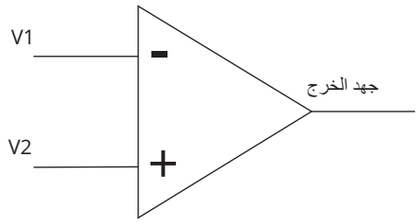
تطبيقات المُكبرات العملياتية

يحتوي المكبر العملياتي المثالي على:

- كسب جهد لانهائي
- نطاق ترددي لانهائي
- معاوقة دخل لانهائية
- معاوقة خرج صفرية.

المقارِن (مكبر الفرق)

يعمل المكبر العملياتي على تكبير الفرق بين الدخلين. تتوقع أنه عندما يكون $V_1 = V_2$ سيكون الخرج صفري. ومع ذلك، سيكون هناك دائمًا بعض الفرق الطفيف بين دائرتي الدخل بحيث لا تتوازن تمامًا. يمكن استخدام دخل الإزاحة الصفرية لمعايرة استخدام مقياس جهد 10 كيلو أوم متصل بين السنون/الأطراف وملامسات المسح بالأرضي. في الغالب لا تُدرَج توصيلات تزويد الجهد والإزاحة الصفرية في الرسم التخطيطي لأغراض التبسيط. ويجب أن تظل متصلة في دائرة عملية.



الشكل 20.47 مضخم عملياتي 741 يُستخدم كمقارن.

عندما يكون $V_1 > V_2$ ، يكون الكسب لانهائي. ومع ذلك، لا يمكن أن تتجاوز قيمة الخرج تزويد الجهد. يذهب جهد الخرج إلى جهد التزويد السالب.

$$V_o = - V_{supply}$$

عندما يكون $V_1 < V_2$ ، يكون الكسب أيضًا لانهائي. ومع ذلك، لا يمكن أن تتجاوز قيمة الخرج تزويد الجهد. يذهب جهد الخرج إلى جهد التزويد الموجب.

$$V_o = + V_{supply}$$

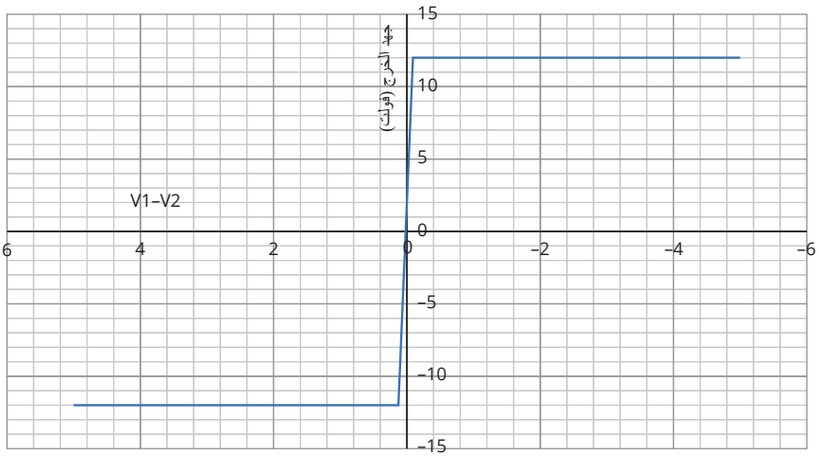
يمكنك تلخيص الإجراء في قاعدتين.

- عندما يكون جهد الدخل العاكس أكبر من الدخل غير العاكس، يصبح الدخل سالبًا.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 77 24/06/2025 05:59:43 ص

- عندما يكون جهد الدخل غير العاكس أكبر من الدخل العاكس، يصبح الخرج موجبًا.

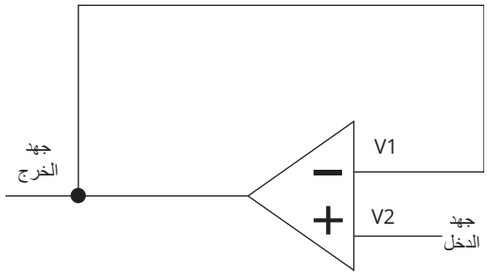
توضح خصائص المقارن كيف يعتمد جهد الخرج على الفرق بين جهد الدخل.



الشكل 20.48 خصائص نقل المقارن 741.

المكبر العاكس

للحصول على مكبر عملياتي مثالي، يجب أن تكون مقاومة الدخل لانهائية، لذلك لا يوجد تدفق تيار بين طرفي الدخل. هذا يعني أنه في الدائرة الموضحة في الشكل 20.49، لا يوجد فرق جهد بين الوصلة J والأرضي. يُقال أن J هي "أرضي افتراضي". إنه غير متصل بالأرضي، ولكن لا يوجد تدفق تيار بين J وأرضي الإشارة.



الشكل 20.49 مكبر عاكس.

نظرًا لأن الوصلة J هي أرضي افتراضي،

$$i_2 = i_1$$

تطبيق قانون أوم،

$$i_1 = \left(v_{in} - 0\right) \times R_1$$
$$i_1 = v_{in} \times R_1$$
$$i_2 = \left(0 - v_{out}\right) \times R_2$$
$$i_2 = -v_{out} \times R_2$$

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 78 24/06/2025 05:59:43 ص

لذا،

$$v_{in} \times R_1 = -v_{out} \times R_2$$

كسب جهد الحلقة المغلقة هو

$$\frac{v_{out}}{v_{in}} = -\frac{R_2}{R_1}$$

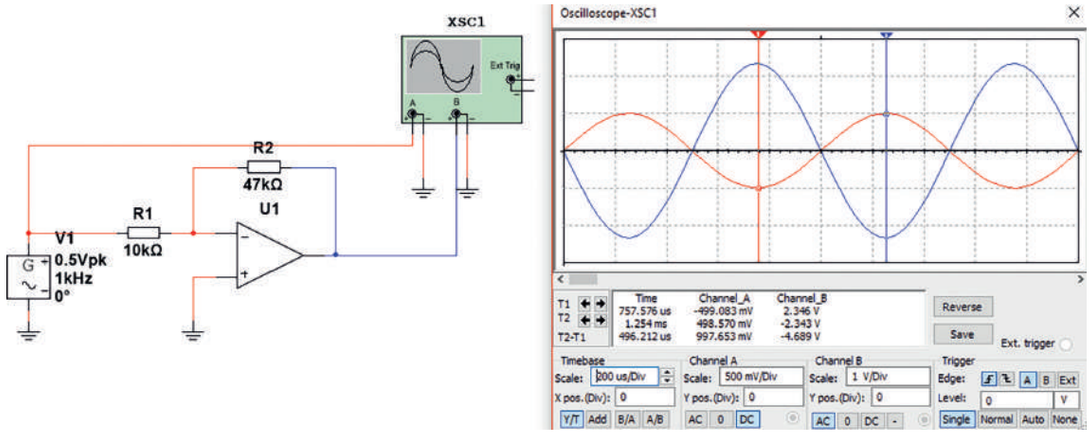
المصطلح الرئيس

مُكبر عاكس - مُكبر جهد ينتج جهد خرج مُكبر يكون مختلف الطور 180 درجة مع الدخل.

مثال عملي

قام أحد الفنيين بمحاكاة **مكبر عاكس** بقيم $R_1 = 10\ k\Omega$, $R_2 = 47\ k\Omega$. تم ضبط إشارة الدخل على سعة 500 مللي فولت وتردد 1 كيلو هرتز. يوضح الشكل 20.46 النتائج.

لاحظ أن جهد التزويد والتوصيلات ذات الإزاحة الصفرية لا تظهر في هذا الرسم التخطيطي للحفاظ على بساطة الصورة.



الشكل 20.50 محاكاة مكبر عاكس.

يمكنك أن ترى من المحاكاة أن جهد الخرج (الأزرق) يتعرض لإزاحة طورية بمقدار 180 درجة عن جهد الدخل؛ أي أنه معكوس. إذا نظرت إلى المؤشرات يمكنك رؤية أنه عندما

$$v_{in} = 500\ mV \quad v_{out} = 2.35\ V$$

كسب جهد الحلقة المغلقة هو،

$$\frac{v_{out}}{v_{in}} = -\frac{2.35}{500 \times 10^{-3}} = -4.7$$

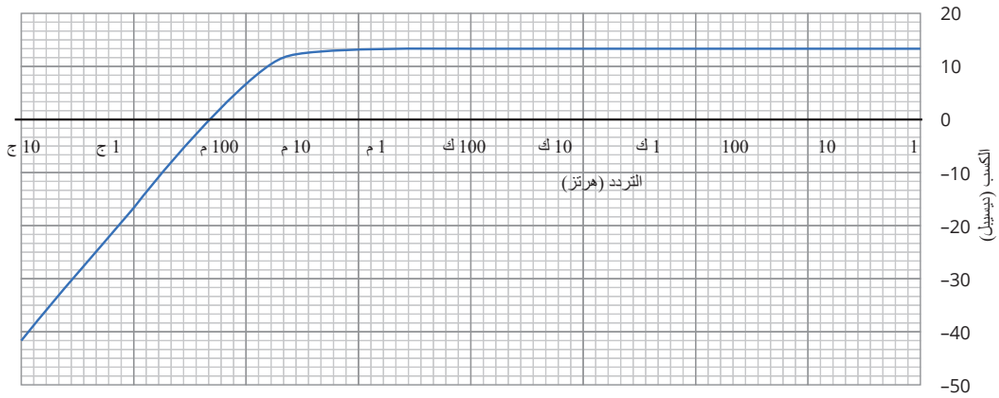
إذا قمت باستبدال قيم المقاوم

$$-\frac{R_2}{R_1} = -\frac{47 \times 10^3}{10 \times 10^3} = -4.7$$

تتطابق نتيجة المحاكاة مع القيمة المتوقعة نظريًا.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 79 24/06/2025 05:59:44 ص

أجرى الفني محاكاة مسح التيار المتناوب للتحقق من النطاق الترددي للمكبر، ويوضح الشكل 20.51 النتائج.



الشكل 20.51 استجابة التردد للمكبر العاكس.

قام الفني بقياس كسب جهد الحلقة المغلقة بـ 13.4 ديسيبل. هذا يتحول إلى

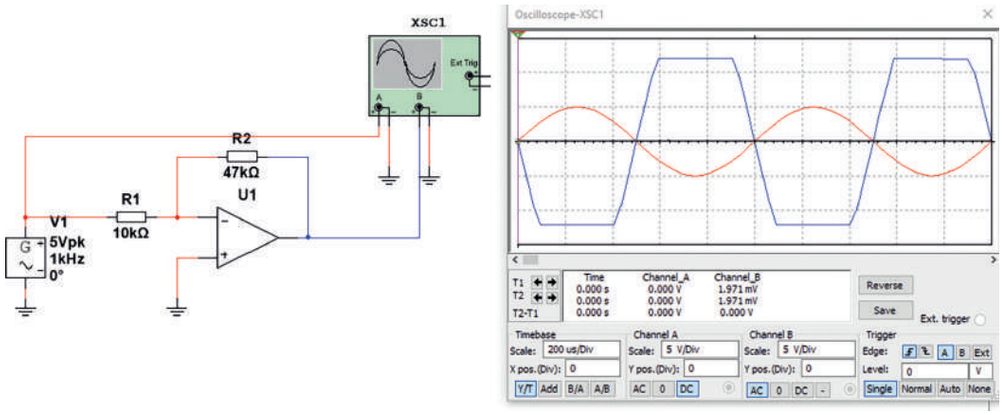
$$20\log(A_V) = 13.4 \text{ dB}$$

$$\log(A_V) = \frac{13.4}{20} = 0.67$$

$$A_V = 10^{0.67} = 4.68$$

تتفق النتيجة مع الحساب السابق بأن حجم كسب الجهد هو 4.7.

قام الفني بزيادة سعة إشارة الدخل إلى 5 فولت وكرَّر المحاكاة. يوضح الشكل 20.52 النتائج.



الشكل 20.52 محاكاة مكبر عاكس بإشارة دخل أكبر.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 80 24/06/2025 05:59:45 ص

لاحظ كيف يتم "اقتضاب" الخرج. لا يمكن أن يكون جهد الخرج أعلى من جهد التزويد. في هذه الحالة، يكون جهد التزويد ± 12 فولت، ويتم "إيقاف" سعة إشارة الخرج في الجزء العلوي والسفلي من موجة الإشارة "المقتضبة".

لتلخيص عمل المكبر العاكس:

- يتناسب جهد الخرج مع جهد الدخل،
- عامل الكسب هو تقريبًا $(-R_2/R_1)$،
- يتشبع جهد الخرج عند مستوى يحدده جهد التزويد.

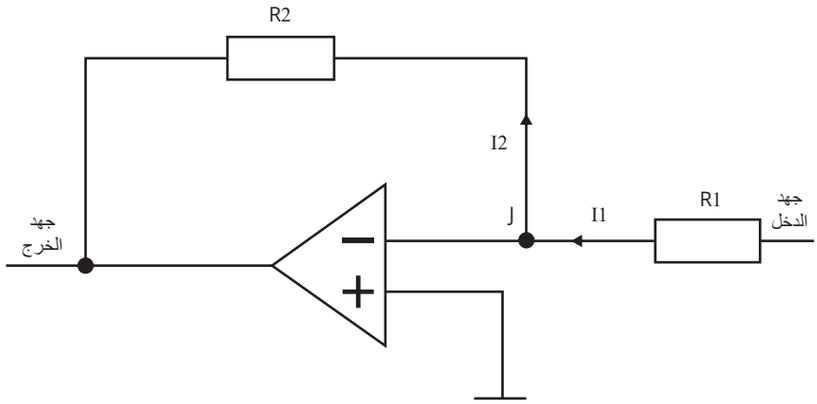
المكبر غير العاكس

مثلما يدل عليه الاسم، يتصل الدخل بالدخل غير العاكس للمكبر العملياتي. وما تزال R2 تزوِّد بتغذية راجعة سالبة. تعني التغذية الراجعة السالبة أن جزءًا من الخرج يتم إرجاعه إلى الدخل بزاوية 180 درجة مختلف الطور مع الدخل. إذا زاد جهد الدخل، فإن إشارة التغذية الراجعة تقلله والعكس صحيح، ويكون الخرج ثابت.

المصطلحات الرئيسة

مكبر غير عاكس - مُكبر جهد ينتج جهد خرج مُكبر متفق الطور مع الدخل.

كسب الحلقة المفتوحة - كسب الجهد لمُكبر دون تغذية راجعة.



الشكل 20.53 مكبر غير عاكس.

إذا كان **كسب الحلقة المفتوحة** لمكبر عملياتي هو A، فبحكم التعريف يكون

$$v_{out} = A(v_2 - v_1)$$

ولكن

$$v_2 = v_{in}$$

يُشكل R2 و R1 مُجزئ جُهد، لذلك

$$v_1 = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right) \times v_{out}$$

يستبدل

$$v_{out} = A\left(v_{in} - \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right)v_{out}\right)$$

إعادة الترتيب بجمع الأطراف المتشابهة؛

$$v_{out} + A\left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right)v_{out} = Av_{in}$$

$$v_{out}\left(1 + A\left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right)\right) = Av_{in}$$

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 81 24/06/2025 05:59:45 ص

المصطلح الرئيس

كسب الحلقة المغلقة - كسب الجهد لمكبر ذو تغذية راجعة.

كسب الحلقة المغلقة للدائرة هو،

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{A}{\left(1 + A\left(\frac{R_1}{R_1 + R_2}\right)\right)}$$

كسب الحلقة المفتوحة مرتفع جدًا (بالنسبة للمضخم العملياتي المثالي فهو لانهائي).

$$A\left(\frac{R_1}{R_1 + R_2}\right) \gg 1$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} \sim \frac{A}{A\left(\frac{R_1}{R_1 + R_2}\right)}$$

يُبسط هذا إلى

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{\left(\frac{R_1}{R_1 + R_2}\right)}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R_1 + R_2}{R_1}$$

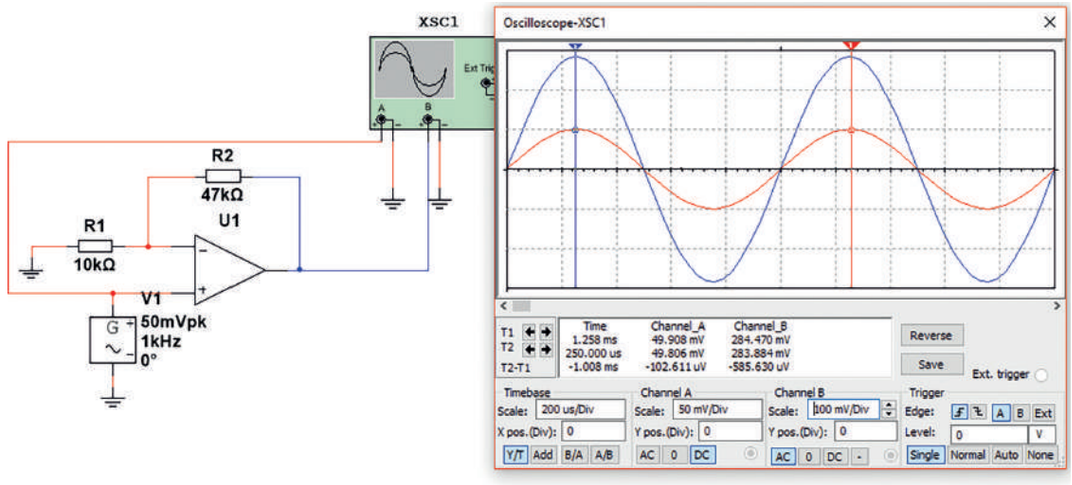
يمكن أيضًا كتابة هذا على النحو الآتي

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = 1 + \frac{R_2}{R_1}.$$

مثال عملي

حاكى أحد الفنيين مُكبر غير عاكس باستخدام قيم المكونات المماثلة للمكبر العاكس، $R_1 = 10\ \text{k}\Omega$, $R_2 = 47\ \text{k}\Omega$. تم ضبط إشارة الدخل على سعة 500 مللي فولت وتردد 1 كيلو هرتز. يوضح الشكل 20.54 النتائج.

لاحظ أن جهد التزويد والتوصيلات ذات الإزاحة الصفرية لا تظهر في هذا الرسم التخطيطي للحفاظ على بساطة الصورة.



الشكل 20.54 محاكاة مكبر غير عاكس.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 82 24/06/2025 05:59:46 ص

يمكنك أن ترى من المحاكاة أن جهد الخرج (الأزرق) متفق الطور مع جهد الدخل؛ وهو غير معكوس. إذا نظرت إلى المؤشرات يمكنك رؤية أنه، عندما $v_{in} = 50\ mV$ $v_{out} = 285\ mV$

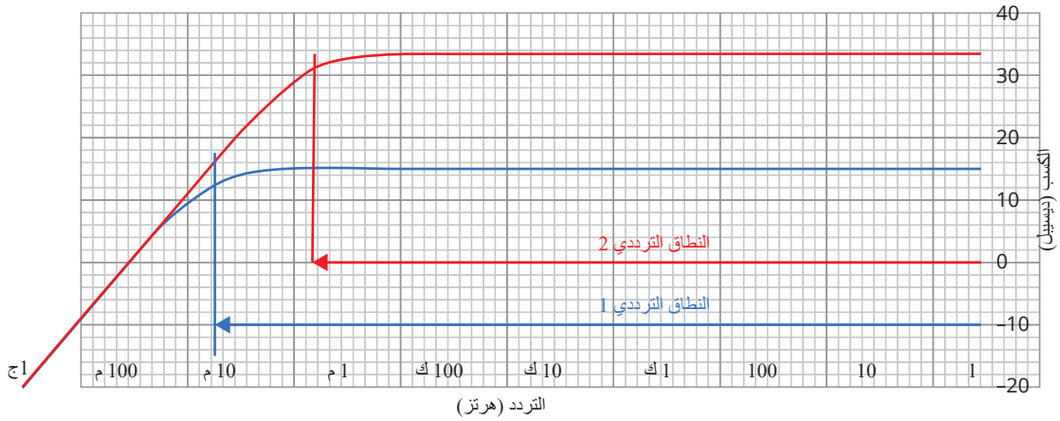
$$\frac{v_{out}}{v_{in}} = -\frac{285 \times 10^{-3}}{50 \times 10^{-3}} = 5.7$$

إذا قمت باستبدال قيم المقاوم

$$1 + \frac{R_2}{R_1} = 1 + \frac{47 \times 10^3}{10 \times 10^3} = 5.7$$

تتطابق نتيجة المحاكاة مع القيمة المتوقعة نظريًّا.

نفَّذ الفني محاكاة استجابة التردد. قام الفني بتغيير قيمة R_2 إلى 470 kΩ وكرَّر المحاكاة. يوضح الشكل 20.55 نتائج كل من عمليات المحاكاة المرسومة على المحاور نفسها.



الشكل 20.55 استجابة التردد لمكبر غير عاكس.

يمكنك أن ترى أن النطاق الترددي يتناقص مع زيادة الكسب. قيمة الكسب × النطاق الترددي ثابتة. يُعرف هذا **بمنتج النطاق الترددي للكسب**.

يمكنك أيضًا ملاحظة أن الكسب يتناقص بالمعدل نفسه في كلتا مجموعتي النتائج بترددات أعلى من تردد القطع العلوي (الزاوي). إذا نظرت عن كثب، يمكنك أن ترى أن الكسب ينخفض عند 20- ديسيبل لكل عقد عشري.

دراسة حالة

يُعدُّ المكبر العملياتي LM741 من تكساس انسترمنتس واحدًا من أوائل المكبرات العملياتية التي أتيحت للمهندسين الإلكترونيين. وتشير ورقة بيانات المكبر العملياتي LM741 من تكساس انسترمنتس (SNOSC25D - مايو 1998 - عُدِّلت في أكتوبر 2015) إلى أن النطاق الترددي لكسب الوحدة هو 1.5 ميجاهرتز.

هذا يعني أن الكسب بتردد 1.5 ميجا هرتز هو 1 (وحدة).

المصطلح الرئيس

منتج النطاق الترددي للكسب — المنتج المتحصَّل عليه بضرب النطاق الترددي للمكبر في كسب الجهد في هذا النطاق الترددي.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 83 24/06/2025 05:59:47 ص

يُحسَب منتج النطاق الترددي للكسب (GBWP) باستخدام،

$$GBWP = Gain \times Bandwidth$$

منتج النطاق الترددي للكسب ذو الحلقة المفتوحة للمكبر العملياتي 741 هي

$$GBWP = 1 \times 1.5 \times 10^6$$

لذلك، فإن كسب 2 سيعطي نطاقًا ترديدًا قدره

$$GBWP = Gain \times Bandwidth$$

$$1.5 \times 10^6 = 2 \times Bandwidth$$

$$Bandwidth = \frac{1.5 \times 10^6}{2}$$

$$Bandwidth = 0.75 \times 10^6\ Hz = 750\ kHz$$

سيعطي كسب 10 نطاقًا ترديدًا قدره

$$GBWP = Gain \times Bandwidth$$

$$1.5 \times 10^6 = 10 \times Bandwidth$$

$$Bandwidth = \frac{1.5 \times 10^6}{10}$$

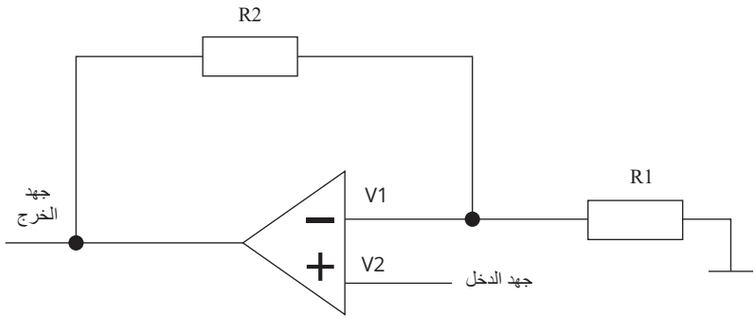
$$Bandwidth = 0.15 \times 10^6\ Hz = 150\ kHz$$

طلب منك أحد كبار المهندسين تصميم مكبر غير عاكس بكسب قدره 200. احسب النطاق الترددي للمُكبر.

سألك المهندس عما سيحدث للنطاق الترددي إذا استخدمت مرحلتين من المكبر ×10 و ×20 لتحقيق كسب قدره 200 بدلًا من استخدام مرحلة واحدة.

دائرة تابع أو عزل الجهد

يتضمن المكبر العملياتي معاوقة دخل عالية جدًا. هذا يعني أنه لا يسحب سوى تيار صغير جدًا من المصدر. يُفيد هذا عندما يكون مصدر الدخل منخفض الطاقة جدًا، على سبيل المثال من هوائي راديو، أو محول إشارة في نظام قياس.



الشكل 20.56 تابع الجهد.

$$v_{out} = A(v_2 - v)$$

ولكن

$$v_2 = v_{in}$$

$$v_1 = v_{out}$$

لذا،

$$v_{out} = A(v_{in} - v_{out})$$

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 84 24/06/2025 05:59:48 ص

وبإعادة الترتيب، نحصل على

$$v_{out} + Av_{out} = Av_{in}$$
$$v_{out}(1 + A) = Av_{in}$$

كسب جهد الحلقة المغلقة هو

$$\frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{A}{1 + A}$$

تذكر أن $A >> 1$، لذلك،

$$\frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{A}{A} = 1$$

يتمتع تابع الجهد (**عزل الجهد**) بكسب جهد قدره 1. جهد الخرج مطابق لجهد الدخل. قد تسأل، "لماذا أستخدم تابع جهد؟" أعطيت الإجابة أعلاه، يحتوي المكبر العملياتي على معاوقة دخل كبيرة جدًا. لن تتأثر الإشارة الصادرة من مصدر طاقة منخفضة عند الاتصال بها. معاوقة خرج المكبر العملياتي منخفضة جدًا (تساوي صفر بشكل مثالي). لذلك، يمكن للمكبر العملياتي أن يدفع حمولة تتطلب تيارًا كبيرًا.

المصطلحات الرئيسة

دائرة العزل (بفر) - مكبر جهد ذو كسب وحدة، مع معاوقة دخل عالية ومعاوقة خرج منخفضة.

المُذبِذب - دائرة تنتج شكل موجي ذو تيار متناوب متذبذب بتردد معين.

وقفة للتفكير

احسب قيمة المقاوم ذو التغذية الراجعة المطلوب في دائرة مكبر عاكس للحصول على كسب قدره 5 إذا كان مقاوم الدخل المستخدم هو 2.2 كيلو أوم.

ما أقرب قيمة مقاوم قياسية للمقاوم ذي التغذية الراجعة؟

ما مقدار كسب الجهد إذا استخدم الفني المقاومات نفسها في دائرة مكبر غير عاكس؟

تلميح

ابحث قيم السلسلة E لقيم المقاوم القياسية.

توسيع الأفق

ما النسبة المئوية المسموح بها لمقاومات السلسلة E24 وE48؟

ما السلسلة التي يُفضَّل اختيارها للمقاوم ذي التغذية الراجعة؟

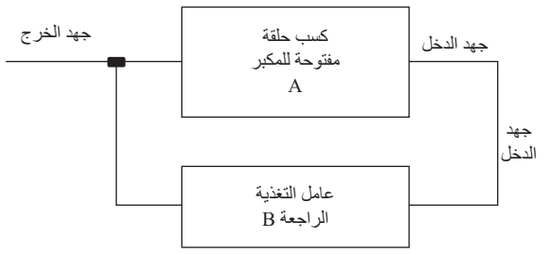
حدد أقرب قيمة مقاوم متاحة إلى القيمة المحسوبة.

فكِّر في العلاقة بين كسب المكبرات العاكسة وغير العاكسة.

المُذبِذبات

يُنتج **المُذبِذب** خرجًا متناوبًا مستمرًا بتردد محدد. عادةً ما يكون الخرج عبارة عن موجة جيبية، ولكن تُستخدم أيضًا أشكال موجية أخرى، على سبيل المثال الموجات المربعة أو المثلثة أو موجات سن المنشار. يستخدم المُذبِذب تغذية راجعة موجبة للحفاظ على التذبذب.

تخيل بندولًا بسيطًا. عند بدء التأرجح، يستمر التأرجح بنفس التردد لفترة قصيرة، لكن السعة تصبح أصغر بشكل مطرد. يمكنك دفع البندول للحفاظ على تأرجح البندول بالسعة نفسها. يجب عليك الدفع في الوقت المناسب مع التأرجح. وهذا ما يُسمى "الاتفاق الطوري". إذا دفعت بقوة أكبر، تصبح السعة أكبر. إذا لم تدفع بقوة كافية، تصبح السعة أصغر. يجب أن تدفع بقوة كافية لتعويض الطاقة المفقودة بسبب الاحتكاك. وهذا يعطينا مؤشرًا لمتطلبات الحفاظ على مُذبِذب ذو سعة ثابتة.



الشكل 20.57 مخطط كتلة لمُذبِذب.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 85 24/06/2025 05:59:49 ص

يوضح الشكل 20.53 مخطط كتلة لمُذبذِب. يتمتع المكبر بكسب حلقة مفتوحة A، لذلك

$$v_{out} = Av_{in}$$

ولكن

$$v_{in} = v_f$$

و

$$v_f = Bv_{out}$$

لذا،

$$v_{in} = Bv_{out}$$

باستبدال هذا التعبير بـ v_{in} في المعادلة الأولى نحصل على

$$v_{out} = ABv_{out}$$

يمكن أن يكون هذا صحيحًا فقط عندما

$$AB = 1$$

هناك شرطان ضروريان للحفاظ على تذبذب السعة الثابتة.

- يجب أن يكون الدخل والخرج متفقا الطور.
- عامل الكسب $AB = 1$.

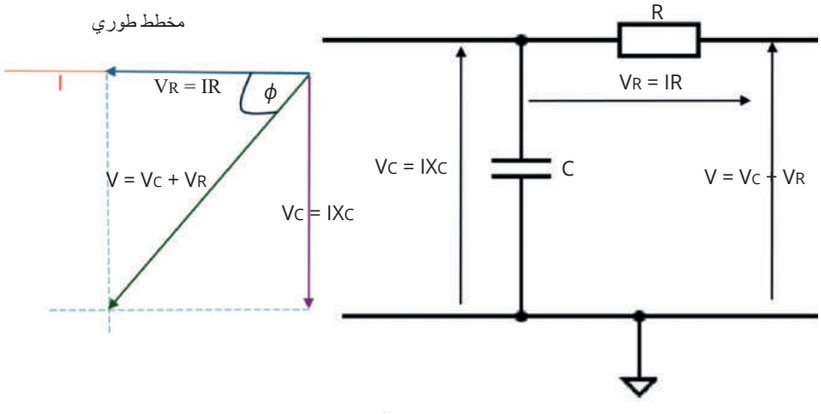
تُعرف هذه الشروط الدنيا بمعايير "باركهاوزن". لاحظ أن هذه المعايير مخصصة لنظام مثالي. من الناحية العملية، يجب أن يكون AB أكبر قليلًا من 1.

مولد ذبذبة الإزاحة الطورية

المصطلح الرئيس

مُذبِذب ذو إزاحة طورية - مُذبِذب يستخدم شبكة تغذية راجعة لمقاوم ومُكثف.

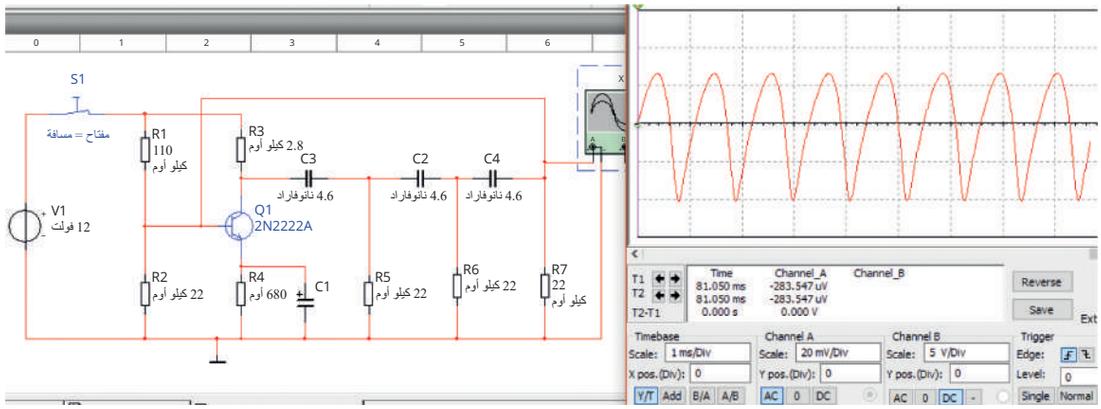
فكر في مُذبِذب بسيط باستخدام ترانزستور BJT. لقد رأيت بالفعل أن ترانزستور واحد يعمل بوصفه عاكس. يوفر الترانزستور إزاحة طورية بزاوية 180 درجة بين الدخل والخرج. وتحتاج إشارة التغذية الراجعة إلى توليد إزاحة طورية إضافية بزاوية 180 درجة حتى تكون إشارة التغذية الراجعة متوافقة الطور مع الدخل. (تذكر أن الدورة الكاملة 360 درجة). يستخدم **المُذبِذب ذو الإزاحة الطورية** شبكة R-C لتوليد إزاحة طورية. يمكنك أن ترى من الشكل 20.58 أن مرحلة R-C أحادية لا يمكنها إنتاج 180 درجة المطلوبة.



الشكل 20.58 مخطط طوري لمرحلة R-C أحادية.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 86 24/06/2025 05:59:50 ص

تستخدم الدائرة العملية عادةً ثلاث مراحل لإنتاج الإزاحة الطورية المطلوبة بزاوية 180 درجة. ليس من الضروري أن تكون جميع مراحل R-C الثلاث متطابقة. (من الناحية العملية، قد تكون قيمة R النهائية هي معاوقة الدخل لترانزستور BJT أو FET).



الشكل 20.59 مُذبذِب ذو إزاحة طورية.

يوضح الشكل 20.59 محاكاة مُذبذِب ذو إزاحة طورية.

تبلغ سعة إشارة الخرج نحو 26 مللي فولت. تبلغ الفترة الزمنية للتذبذب نحو 1.11 مللي ثانية. يمكن الحصول على التردد بواسطة

$$f = \frac{1}{t}$$

$$f = \frac{1}{1.1 \times 10^{-3}} = 900\ Hz$$

عند تردد 900 هرتز، تكون ممانعة مكثف سعة 4.6 نانوفاراد هي

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi \times 900 \times 4.6 \times 10^{-9}}$$

$$X_C = 38.4 \times 10^3\ \Omega = 38.4\ k\Omega$$

باستخدام المخطط الطوري في الشكل 20.54،

$$tan(\phi) = \frac{X_C}{R} = \frac{38.4 \times 10^3}{10 \times 10^3}$$

$$tan(\phi) = 3.84$$

$$\phi = tan^{-1}(3.84) = 75.4°$$

يمكن أيضًا كتابة السطر الأخير من الحساب باسم.

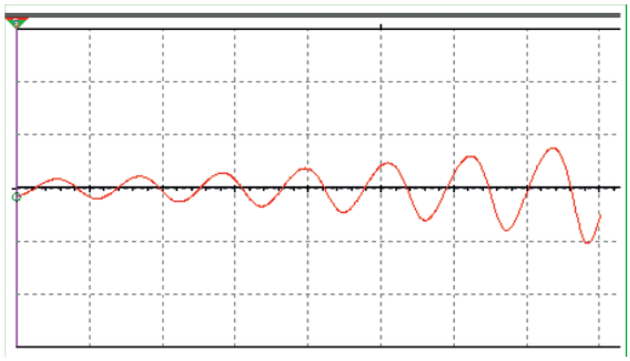
$$\phi = arctan(3.84) = 75.4°$$

لاحظ أنه على الرغم من أن المراحل في المثال تستخدم مكونات متطابقة، سيتم تعديل المرحلة النهائية بمعاوقة الدخل لترانزستور BJT.

قد تلاحظ أن الدائرة في الشكل 20.59 تحتوي على مفتاح مضمن في خط مزوّد الطاقة. استخدمت المحاكاة مفتاحًا (مُبدلًا) تفاعليًّا، ينشَّط في هذه الحالة بزر المسافة في لوحة المفاتيح. عند إغلاق المفتاح، يحدث تغيير تدريجي في جهد التزويد، ما يعطي نبضة أولية. هذا تمامًا مثل إعطاء البندول دفعة تأرجح أولي. من غير

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 87 24/06/2025 05:59:50 ص

المحتمل أن ترى هذا في دائرة مُذبذِب حقيقية، لكن المحاكاة تُظهر التراكم حتى خرج السعة الثابتة المتوقع. يوضح الشكل 20.60 هذا التراكم عند تنشيط المفتاح.



الشكل 20.60 تراكم تذبذب خرج مُذبذِب ذو إزاحة طورية.

تتمثل إحدى مشكلات تصميم المُذبذِب ذو الإزاحة الطورية لترانزستور BJT أو FET في اختيار المكونات لتوفير كسب حلقة مفتوحة، A، كافي تحتوي شبكة R-C ذات المراحل الثلاث على عامل تغذية راجعة B 1 =/29 عند تردد التشغيل.

هذا يعني أن كسب الحلقة المفتوحة لمرحلة المكبر يجب أن يكون A=29 لجعل $AB = 1$. (تذكر أنه من الناحية العملية، يجب أن يكون AB أعلى بقليل من 1، ما يعني أن A يجب أن يزيد قليلًا عن 29).

إن المُذبذِبات ذات الإزاحة الطورية R-C محدودة التردد لبضع مئات من الكيلوهرتز، ما يجعلها مناسبة للتطبيقات الصوتية، ولكنها أقل فائدة لأنظمة الاتصالات.

المُذبذِبات ذات الدائرة المضبوطة

يمكن تصنيع المُذبذِبات ذات الترددات العالية باستخدام دائرة مكثف ومحث مضبوطة لتوفير التغذية الراجعة. تُحدد قيم L و C لتوفير تردد التذبذب المطلوب. كانت دائرة LC المضبوطة تحمل سابقًا اسم دائرة خازنة.

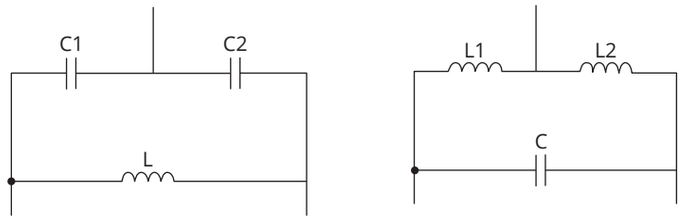
يوضح الشكل 20.61 طريقتين يمكن من خلالهما تصميم **دائرة خازنة**.

عندما تستخدم الدائرة مكثفين ومحث واحد فإنها تعطي **مُذبذِب كولبيتس**.

عندما تستخدم الدائرة محثين ومكثفًا واحدًا، فإنها تعطي **مُذبذِب هارتلي**. تذكر أن الحث يُقاس بالهنري (H).

ومن طرق تذكر هذا،

- 2C و 1H = كولبيتس
- 2H و 1C = هارتلي



الشكل 20.61 دوائر محث ومكثف (LC) مضبوطة.

المصطلحات الرئيسة

دائرة خازنة - دائرة مكثف ومحث مضبوطة (LC).

مُذبذِب كولبيتس - مُذبذِب بدائرة مضبوطة باستخدام مكثفين ومحث واحد في دائرة خازنة.

مُذبذِب هارتلي - مُذبذِب بدائرة مضبوطة باستخدام محثين ومكثف واحد في دائرة خازنة.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 88 24/06/2025 05:59:50 ص

يتم التحكم في التردد المضبوط بواسطة تردد الرنين للدائرة المضبوطة.
بالنسبة *لمُذبِذب كولبيتس*، يمكن الحصول على تردد التذبذب عن طريق

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_T}}$$

حيث إن C_T السعة الكلية للمكثفات المتسلسلة،

$$C_T = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$$

بالنسبة *لمُذبِذب هارتلي*، يمكن الحصول على تردد التذبذب عن طريق

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_T C}}$$

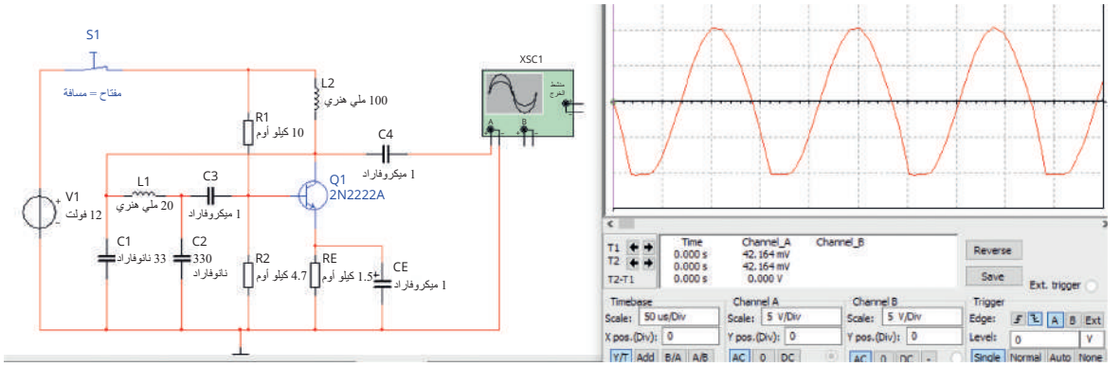
حيث إن L_T الحث الكلي للمحثات المتسلسلة،

$$L_T = C_1 + L_2$$

تطبيق النظرية

مُذبِذب كولبيتس

اختار أحد الفنيين مكونات لإنشاء مُذبِذب كولبيتس. يجب أن يكون الخرج عبارة عن موجة جيبية بتردد 650 كيلو هرتز تقريبًا. يوضح الشكل 20.62 الدائرة التي قام بمحاكاتها.



الشكل 20.62 مُذبِذب كولبيتس.

الدائرة المضبوطة متكونة من C1 و C2 و L1. إذا كنت تستخدم الصيغ أعلاه

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_T}}$$

و

$$C_T = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$$

$$C_T = \frac{33 \times 10^{-9} \times 330 \times 10^{-9}}{33 \times 10^{-9} + 330 \times 10^{-9}} = 30 \times 10^{-9}\ F.$$

بالاستبدال في المعادلة الأولى، نحصل على

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{20 \times 10^{-3} \times 30 \times 10^{-9}}} = 6.5\ kHz.$$

عندما تنظر إلى جهد الخرج في المحاكاة، يمكنك أن ترى أنه قريب جدًا من الموجة الجيبية. ويوجد بعض التشويه في الجزء السفلي من الشكل الموجي حيث تبدأ السعة في الانخفاض.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 89 24/06/2025 05:59:51 ص

يمكن تقدير الفترة الزمنية من الشكل الموجي.

$$\tau \sim 150 \text{ ms}$$

$$f = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{150 \times 10^{-3}} = 6.6 \text{ kHz}.$$

استنتج الفني أن تصميم الدائرة كان تقريبًا جيدًا للدائرة المطلوبة للمحاولة الأولى. قرر أنه من المفيد قضاء الوقت في محاولة تعديل التصميم لتحسين الشكل الموجي. قرر أيضًا التحقق مع عملائه ما إذا كان التردد قريبًا بدرجة كافية من المواصفات، أو محاولة الاقتراب من 6.5 كيلو هرتز المذكورة.

استخدمت دوائر المُذبذِب حتى الآن الترانزستورات كمكونات نشطة. يمكنك أيضًا استخدام مُكبر عملياتي. من ميزات استخدام المكبر العملياتي سهولة تحديد المكونات لتحقيق كسب معين.

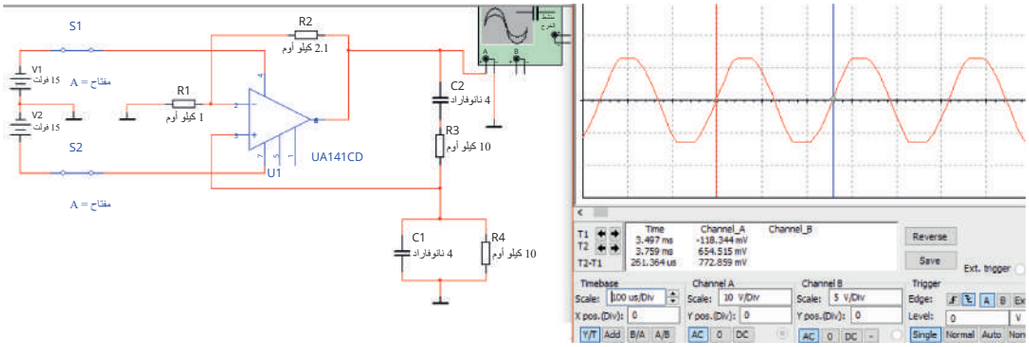
المصطلح الرئيس

مُذبذِب قنطرة وين - مُذبذِب موجة جيبية يستخدم مُكبرًا غير عاكس وشبكة قنطرة مقاوم ومكثف لمسار التغذية الراجعة.

مُذبذِب قنطرة وين

من أمثلة المُذبذِب القنطري **مُذبذِب قنطرة وين** في الشكل 20.63. تتكون الدائرة من قسمين:

- قسم مُكبر
- قسم التغذية الراجعة الذي يحدد تردد التذبذب.



الشكل 20.63 مُذبذِب قنطرة وين.

عندما تنظر إلى الرسم التخطيطي، يمكنك أن ترى أن المكبر العملياتي متصلًا بوصفه مكبر غير عاكس. يبلغ كسب المكبر

$$gain = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 1 + \left(\frac{2.1 \times 10^3}{1 \times 10^3}\right)$$

$$A = 3.1$$

مسار التغذية الراجعة الموجبة هو مُجزئ جُهد يعتمد على التردد. إذا حللت الشبكة، ستجد أن عامل التغذية الراجعة عند تردد الرنين هو

$$A = \frac{1}{3}$$

لاحظ أنه في هذا المثال،

$$AB = 1.1$$

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 90 24/06/2025 05:59:52 ص

هذا أعلى قليلًا من القيمة النظرية التي تساوي 1، ولكنه مفيد في بدء التذبذب. إذا نظرت إلى خط جهد الخرج، يمكنك أن ترى أن السعة بدأت تنحد (التسطح).

نحصل على تردد التذبذب بواسطة

$$f = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$f = \frac{1}{2\pi \times 10 \times 10^{3} \times 4 \times 10^{-9}}$$

$$f = 3.98 \times 10^{3}\ \text{Hz}$$

$$f = 3.98\ kHz.$$

يُعطي خط جهد الخرج فترة زمنية تقريبية تبلغ 0.26 مللي ثانية، وهذا يُعطي ترددًا قدره

$$f = \frac{1}{t} = \frac{1}{0.26 \times 10^{-3}}$$

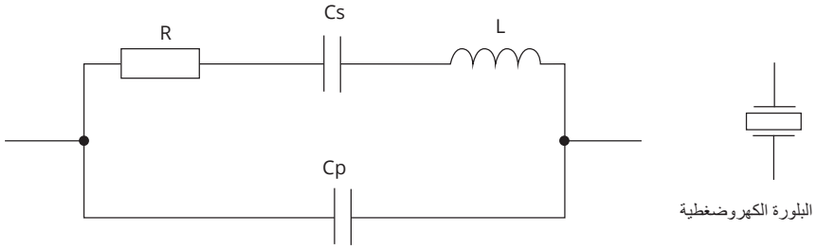
$$f = 3.85\ kHz.$$

تتفق القيم النظرية والمحاكاة ضمن التفاوت المقبول.

المُذبذِب البلوري

يستخدم **المُذبذِب البلوري** بلورة كوارتز (Quartz) لإنتاج تردد تذبذب منظم جيدًا. وقد تمتلك ساعة يد أو ساعة حائط تستخدم بلورة كوارتز. يستخدم جهاز الإرسال والاستقبال النموذجي المُتحكَّم فيه عن طريق الراديو البلورات لإنتاج ترددات متطابقة لتجنب التداخل مع النماذج المماثلة الأخرى.

الكوارتز هو مثال على **البلور الكهروضغطي**. إذا قمت بتغيير الشكل، على سبيل المثال عن طريق الضغط، فإن البلورة تولد شحنة كهربائية. كما أنها تعمل في الاتجاه المعاكس. إذا مررّت شحنة عبر البلورة، يتغير شكل البلورة قليلًا. إذا طبقت شحنة متناوبة، فستتذبذب البلورة. يتم تحديد تردد الرنين للتذبذب من خلال حجم البلورة وطريقة قطع البلورة. يوضح الشكل 20.64 الرمز التخطيطي والدائرة المكافئة لبلورة الكوارتز (الأصح بلورة كهروضغطية).



الشكل 20.64 الرمز التخطيطي لبلورة الكوارتز والدائرة المكافئة.

يوجد نوعان من ترددات الرنين؛ متسلسلة ومتوازية. الترددان قريبان جدًا من بعضهما، ويمكن حسابهما باستخدام

$$\frac{1}{2\pi\sqrt{LC_s}} = f_{cs} \approx f_{cp}$$

يوفر استخدام بلورة بيزو **عامل Q** مرتفعًا جدًا، ما يؤدي إلى انتقائية جيدة جدًا.

المصطلحات الرئيسة

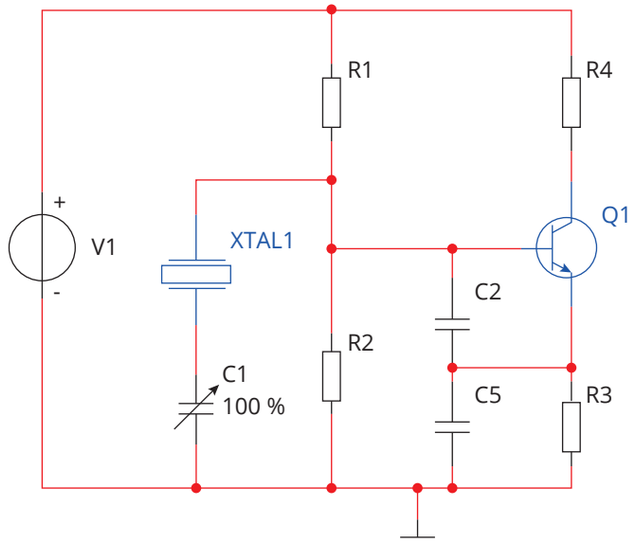
مُذبِذب بلوري - مُذبِذب يستخدم بلورة كهروضغطية (عادة كوارتز) للتحكم في التردد.

بلورة كهروضغطية - بلورة تغير شكلها قليلًا عند تطبيق مجال كهربائي. سيتردد رنين البلورة في مجال كهربائي متناوب بالتردد الصحيح. وتولد مجالًا كهربائيًا عند ضغطها أو ضربها.

عامل Q - مقياس انتقائية الدائرة المضبوطة. يمثل عامل Q المرتفع كسبًا عاليًا ونطاقًا ترديديًا ضيقًا (ذروة حادة). يمثل عامل Q المنخفض كسبًا منخفضًا ونطاقًا ترديديًا مرتفعًا (ذروة مسطحة).

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 91 24/06/2025 05:59:52 ص

الشكل 20.65 عبارة عن رسم تخطيطي لمُذبذِب كولبيتس يستخدم بلورة بيزو (Piezo). لاحظ أن الرسم التخطيطي يتضمن مكونًا تفاعليًا. يمكن تغيير قيمة المكثف المتغير في أثناء المحاكاة لملاحظة تأثيره.



الشكل 20.65 مُذبذِب كولبيتس يستخدم بلورة بيزو.

مُذبذِبات غير جيبية

المصطلح الرئيس

دائرة متكاملة بموقِت 555 — دائرة متكاملة مشتركة تُستخدم في العديد من التطبيقات. يمكن أن تُنتج تيارًا مستمرًا من النبضات أو نبضة خرج ذات مدة زمنية محددة أو تقيس المدة الزمنية لحدث الدخل.

ربما تكون قد صادفت بالفعل دائرة متكاملة مفيدة يمكن استخدامها لإنتاج موجة تربيعية وأشكال موجية أخرى مثل أسنان المنشار والمثلث، ذات عدد قليل من المكونات الإضافية. ظهرت دائرة **الدائرة المتكاملة بموقِت 555** في عام 1972 وما تزال تُستخدم في نطاق واسع بسبب بساطتها ومرونتها. الشكل الأساسي لدائرة مؤقِت 555 هو حزمة أطراف خطية مزدوجة (DIP) ذات 8 سنون/أطراف.

الشكل 20.66 توزيع أطراف دائرة موقت 555.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 92 24/06/2025 05:59:52 ص

تُحدد الأطراف على النحو الآتي:

1 أرضي (0 فولت)

2 تنشيط، إذا كان الجهد على طرف التنشيط أقل من 3/1 من V_{CC} ، فإن طرف الخرج يرتفع.

3 الخرج، يكون جهد الخرج من الرُقاقة أقل بنحو 1.5 فولت من V_{CC} عند الارتفاع و 0 فولت عند الانخفاض. الحد الأقصى للتيار الذي يمكن أن توفره دائرة مؤقت 555 يبلغ نحو 200 مللي أمبير.

4 إعادة الضبط، يُستخدم طرف إعادة الضبط لإعادة ضبط الدائرة بأكملها عندما ينخفض الطرف. يجب أن يكون الطرف مرتفعًا في أثناء التشغيل العادي حتى لا تكون الدائرة المتكاملة في حالة "إعادة ضبط" دائمة.

5 التحكم في الجُهد، يُستخدم هذا الطرف للتحكم في جهد عتبة طرف العتبة. في التشغيل العادي، يُوصَّل هذا الطرف بالأرضي بمكثف سعته 10 نانوفاراد لإيقاف أي ضوضاء تؤثر في التردد.

6 العتبة، عندما يتجاوز الجهد في طرف العتبة 3/2 من V_{CC} ، فإنه يعيد ضبط طرف الخرج إلى منخفض.

7 التفريغ، يتصل طرف التفريغ بالأرضي عندما يكون الخرج منخفضًا.

8 مزوّد + 4.5 ، V_{CC} فولت إلى 15 فولت.

يمكن استخدام دائرة مؤقت 555 باعتبارها،

- **غير مستقرة** تُنتج سلسلة مستمرة من النبضات بتردد معين،
- **أحادية الاستقرار** تُنتج نبضة واحدة ذات مدة ثابتة،
- **ثنائية الاستقرار** تتنقل بين حالتين مستقرتين.

يوضح الشكل 20.63 دائرة مؤقت 555 متصلة بوصفها مُذبذِب مستقر (يسمى أحيانًا هزاز متعدد التوافقيات). يتحكم R1 R2 و C1 في التردد ودورة تشغيل التذبذب.

يُشحن المكثف C1 من خلال المقاومات R1 و R2. ويُفرغ من خلال R2 فقط.

نحصل على وقت الشحن من خلال $t_1 = 0.693(R_1 + R_2)$

نحصل على وقت التفريغ من خلال $t_2 = 0.693R_2$

نحصل على الفترة الزمنية، T ، من خلال

$$T = t_1 + t_2$$

$$T = 0.694(R_1 + R_2) + 0.694R_2$$

$$T = 0.694(R_1 + 2R_2)C_1$$

التردد، f ، هو،

$$f = \frac{1}{T}$$

$$f = \frac{1}{0.694(R_1 + 2R_2)C_1} = \frac{1.44}{(R_1 + 2R_2)C_1}$$

يمكن كتابة الفترات الزمنية **للهزاز متعدد التوافقيات** في الشكل 20.67 من المعادلات أعلاه.

وقت التشغيل (ويسمى أيضًا العلامة)، T_1 هو

$$T_1 = 0.694(R_1 + R_2)C_1$$

وقت التوقف (يسمى أيضًا الفراغ)، T_0 هو

$$T_0 = 0.694R_2C_1$$

تُحدد دورة التشغيل باعتبارها

$$D = \frac{T_1}{T} \times 100\%$$

المصطلحات الرئيسة

غير مستقرة - دائرة دون حالة خرج مستقرة. يتبدل الخرج باستمرار بمعدل يحدده مزيج المقاوم والمكثف.

أحادية الاستقرار - دائرة ذات حالة مستقرة واحدة. يمكن تنشيطها للوصول إلى حالة شبه مستقرة لفترة زمنية محددة بواسطة مزيج المقاوم والمكثف قبل أن ترتاح مرة أخرى وتعود إلى حالتها المستقرة.

ثنائية الاستقرار - دائرة ذات حالتين مستقرتين. يمكن تنشيطها للوصول إلى حالة مستقرة. تظل في هذه الحالة حتى تتم إعادة ضبطها إلى حالتها الأصلية.

هزاز متعدد التوافقيات - مُذبذِب ينتج خرجًا غير جيبي (موجة غير جيبية). عادة ما يكون الناتج عبارة عن موجة مربعة يمكن تشكيلها بواسطة مكونات أخرى لموجة سن منشار أو موجة مثلثة.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 93 24/06/2025 05:59:54 ص

يمكن أيضًا كتابة دورة التشغيل على النحو الآتي

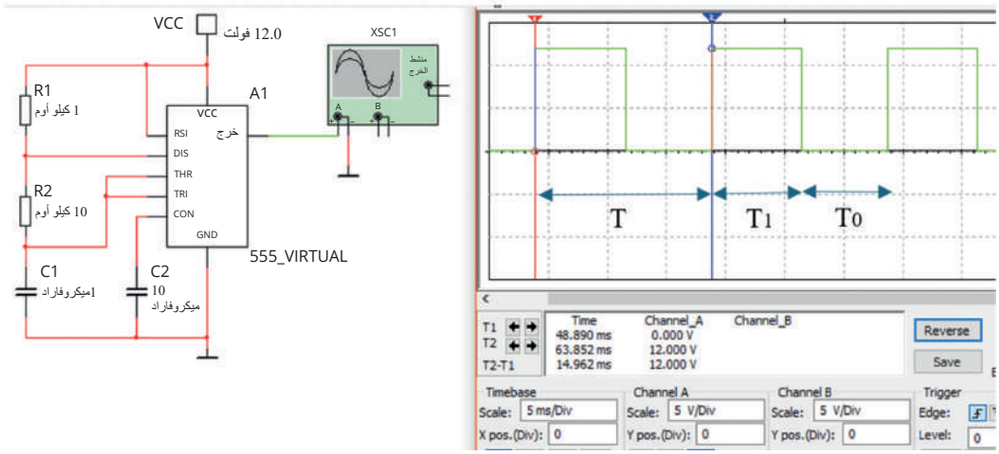
$$D = \frac{0.694\left(R_1 + R_2\right)C_1}{0.694\left(R_1 + 2R_2\right)C_1} \times 100\%$$

والتي يمكنك تبسيطها إلى

$$D = \frac{\left(R_1 + R_2\right)}{\left(R_1 + 2R_2\right)} \times 100\%$$

تُحدد نسبة العلامة-الفراغ على النحو الآتي

$$\frac{M}{S} = \frac{T_1}{T_0}$$



الشكل 20.67 هزاز متعدد التوافقيات غير مستقر يستخدم دائرة مؤقت 555.

يقارن الجدول 20.2 نتائج هذه الحسابات مع خرج المحاكاة في الشكل 20.63.

الجدول 20.2 مقارنة الخواص النظرية والمحاكاة لهزاز متعدد التوافقيات غير مستقر

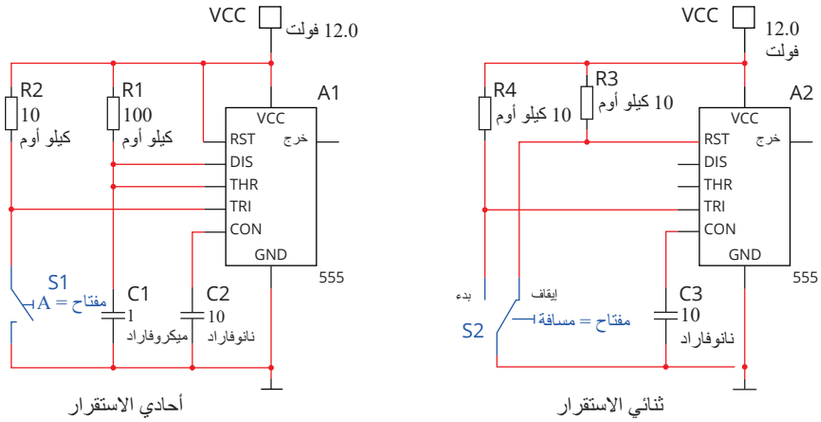
القيم النظرية	قيم المحاكاة
$T = 0.694\left(1 \times 10^3 + 2 \times \left(10 \times 10^3\right)\right)1 \times 10^{-6}$ $T = 14.6\ ms$	$T = 4.96\ ms$
$f = \frac{1}{14.6 \times 10^{-3}} = 68.6\ Hz$	$f = \frac{1}{14.96 \times 10^{-3}} = 68.8\ Hz$
$T_1 = 0.694\left(1 \times 10^3 + 10 \times 10^3\right)1 \times 10^{-6}$ $T_1 = 7.6\ ms$	$T_1 = 7.58\ ms$

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 94 24/06/2025 05:59:55 ص

$D = \frac{7.6 \times 10^{-3}}{14.6 \times 10^{-3}} \times 100\%$ $D = 52.1\%$	
أو: $D = \frac{(R_1 + R_2)}{(R_1 + 2R_2)} \times 100\%$ $D = \frac{(11 \times 10^3)}{(21 \times 10^3)} \times 100\%$ $D = 52.4\%$	$D = \frac{7.58 \times 10^{-3}}{14.96 \times 10^{-3}} \times 100\%$ $D = 52.7\%$

تتفق القيم المحسوبة والمحاكاة ضمن التفاوت المقبول. يمكنك تضمين مقاومات تهذيب ومكثف في دائرة عملية لمعايرة إشارة الخرج بدقة أكبر.

يوضح الشكل 20.68 الرسومات التخطيطية لهزاز متعدد التوافقيات أحادي وثنائي الاستقرار.



الشكل 20.68 هزازات متعددة التوافقيات أحادية الاستقرار وثنائية الاستقرار تستخدم دائرة متكاملة بمؤقت 555.

المفتاح في الدائرة أحادية الاستقرار هو إجراء مؤقت (زر ضغط). يرتفع الخرج عندما ينخفض جهد المنشط إلى أقل من V_{CC} 3/1. يبقى عندما يرجع جهد المنشط مرتفعًا ويظل مرتفعًا بينما يشحن المكثف C1 من خلال R1. يُعاد ضبط الخرج إلى منخفض عندما يصل جهد العتبة إلى V_{CC} 3/1. ثم يُفرغ المكثف استعدادًا للدورة التالية. تُنتج الدائرة نبضة بفاصل زمني تحدده R1 و C1.

$$T = 1.1 R_1 C_1$$

المفتاح في الدائرة ثنائية الاستقرار عبارة عن قطب مزدوج مفرد التحويل. يرتفع الخرج عندما يتصل المفتاح في وضع بدء التشغيل (Start). عندما يكون المفتاح في وضع بدء التشغيل، ينخفض جهد المنشط إلى أقل من V_{CC} 3/1 ويزداد الخرج. عندما يتم نقل المفتاح إلى وضع إيقاف التشغيل (Stop)، يكون طرف إعادة الضبط منخفضًا ويُعاد ضبط الخرج إلى مستوى منخفض. مدة نبضة الخرج هي مقياس للفاصل الزمني بين إشارات بدء وإيقاف التشغيل.

هناك العديد من الموارد المتاحة مع آلاف الأفكار للمشاريع التي تستخدم دائرة مؤقت 555.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 95 24/06/2025 05:59:55 ص

وقفة للتفكير

استخدم أحد الفنيين دائرة متكاملة بمؤقت 555 لإنشاء هزاز متعدد التوافقيات غير مستقر. استخدم الفني مكونات القيمة الآتية.

$R1 = 5\ k\Omega, R2 = 10\ k\Omega, C1 = 1\ \mu F$

احسب:

- جهد الخرج
- وقت التشغيل (T_1)
- وقت إيقاف التشغيل (T_2)
- الفترة الزمنية (T)
- التردد (f)
- دورة التشغيل (D).

بنى الفني أيضًا هزازًا متعدد التوافقيات أحادي الاستقرار باستخدام دائرة متكاملة بمؤقت 555. استخدم الفني مكونات القيمة الآتية.

$R1 = 47\ k\Omega, C1 = 100\ \mu F$.

احسب الفاصل الزمني لنبضة الخرج عند تنشيط الدائرة.

التلميح وتوسيع الأفق

استخدم الصيغ أعلاه لحساب أوقات تشغيل وإيقاف الهزاز متعدد التوافقيات غير المستقر. استخدم القيم لحساب الفترة الزمنية.

فكر في العلاقة بين الفترة الزمنية والتردد.

عرّف دورة التشغيل؟ استخدم حساب العينة لحساب دورة التشغيل.

تحقق من كيفية عمل الهزاز متعدد التوافقيات أحادي الاستقرار. استخدم حساب العينة لحساب الفاصل الزمني.

أنظمة الاتصالات

نظام الاتصال هو وسيلة لنقل المعلومات من مكان إلى آخر.

في **النظام البسيط**، تمر المعلومات في اتجاه واحد فقط، من المرسِل إلى المتلقي. البث التلفزيوني هو نظام بسيط. حيث يستخدم المذيع جهاز إرسال (مُرسِل) لإرسال البرنامج. ويشاهده الجمهور باستخدام جهاز استقبال (مُستقبِل).

في **النظام الأحادي الاتجاه**، يمكن أن تمر المعلومات في كلا الاتجاهين، ولكن فقط في اتجاه واحد في كل مرة. نظام الاتصال اللاسلكي هو مثال على ذلك. يحتوي كل جهاز على مُرسِل ومُستقبِل، ولكن جهاز واحد فقط نشط في كل مرة.

في **النظام مزدوج الاتجاه**، يمكن أن تمر المعلومات في كلا الاتجاهين في الوقت نفسه. على سبيل المثال، عندما تتصل بشخص ما، يمكنكما التحدث في الوقت نفسه. يحتوي كل جهاز على مُرسِل ومُستقبِل. يُطلق على الجهاز الذي يحتوي على مُرسِل ومُستقبِل اسم جهاز الإرسال والاستقبال.

تشمل وسائط الإرسال الأسلاك الصلبة وموجات الراديو وكابلات الألياف الضوئية.

يمكن أن تكون المعلومات التي ستُنقل عبارة عن نص أو صوت أو فيديو أو مزيج من هذه. ويجب معالجتها في إشارة مناسبة للإرسال. يمكن أن تكون الإشارة إشارة تناظرية. على سبيل المثال، **السعة المعدلة (AM)** أو **التردد المعدل (FM)**. تستخدم الأنظمة الأحدث إشارات رقمية، على سبيل المثال، **البث الصوتي الرقمي (DAB)**.

يمكن تقسيم كل كتلة في نظام الاتصالات إلى أنظمة فرعية باستخدام تصميمات من الدوائر المذكورة أعلاه. يوضح الشكل 20.69 مخططًا كتليًا لمُرسِل ذو تردد مُعدل (FM). تتراوح الترددات المعدلة بين 80 ميجاهرتز و 108 ميجاهرتز.

المصطلحات الرئيسة

نظام بسيط — نظام اتصال بين جهازين يمكن فيه الاتصال في اتجاه واحد فقط.

نظام أحادي الاتجاه — نظام اتصال بين جهازين يمكن من خلاله إجراء الاتصال في كلا الاتجاهين، ولكن بجهاز واحد فقط في كل مرة. عندما يرسل أحدهما فإن الآخر يتلقى.

نظام مزدوج الاتجاه - نظام اتصال بين جهازين يمكن فيه الاتصال في كلا الاتجاهين. يمكن للجهازين الإرسال والاستقبال في الوقت نفسه.

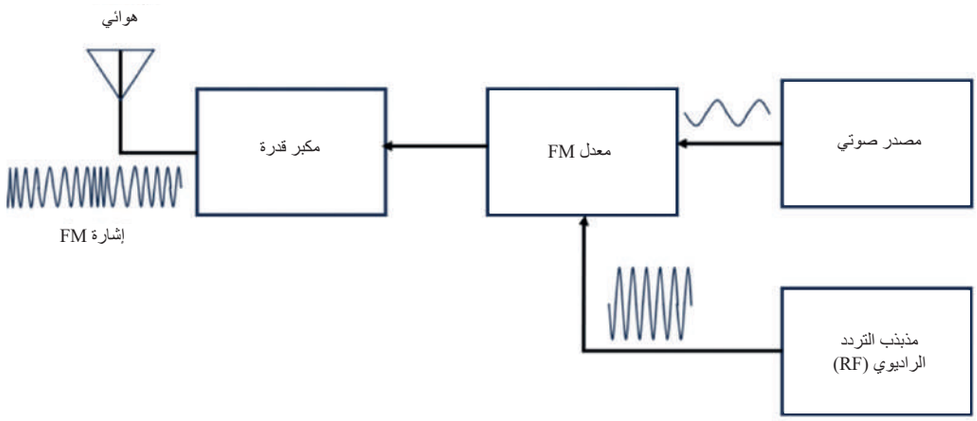
السعة المعدلة (AM) - إشارة راديو تُعدل فيها سعة التردد الراديوي الناقل بإشارة صوتية.

التردد المعدل (FM) - إشارة راديوية يُعدل فيها التردد الراديوي الناقل بإشارة صوتية.

بث صوتي رقمي (DAB) — طريقة رقمية لنقل البيانات الصوتية. وتشابه الصيغة MP3.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 96 24/06/2025 05:59:56 ص

ويُخصص تردد إرسال لكل محطة. صُمم المُذبذِب المحلي للعمل على تردد المحطة. وتوجد فجوة قدرها 200 كيلو هرتز بين ترددات المحطة لمنع التداخل. يُعدل تردد الموجة الحاملة من خلال الإشارة الصوتية بترددات تتراوح بين 30 هرتز و 15 كيلو هرتز.

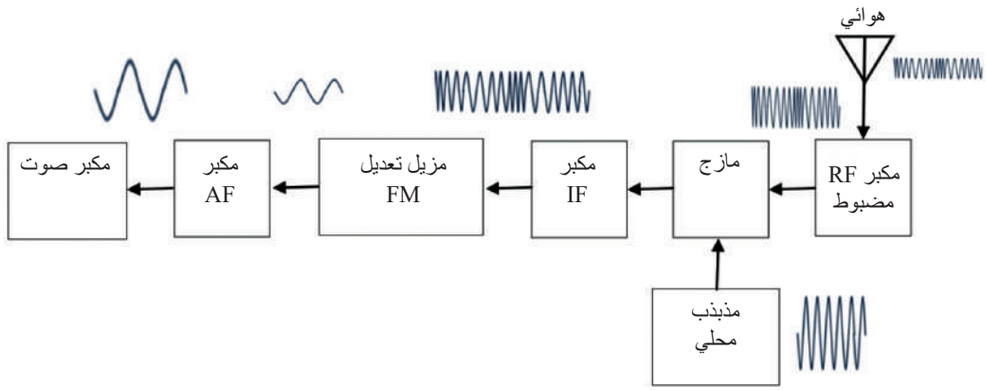


الشكل 20.69 رسم تخطيطي لمُرسِل FM.

الشكل 20.70 عبارة عن مخطط كتلة لمُستقبِل FM. يتم التقاط إشارة راديو صغيرة بواسطة هوائي الاستقبال. تعمل المرحلة الأولى على تكبير إشارة التردد الراديوي (RF) وتتوافق المعاوقة مع المرحلة التالية. يتم خلط إشارة الناقل مع الإشارة من مُذبذِب محلي. وينشئ المازج إشارة بتردد متوسط (IF). تردد IF هو تردد النبض، وهو الفرق بين تردد الموجة الحاملة وتردد المُذبذِب. تسمى هذه العملية heterodyning (من كلمتين يونانيتين، *hetero* بمعنى مختلف، و *dyn* تعني طاقة).

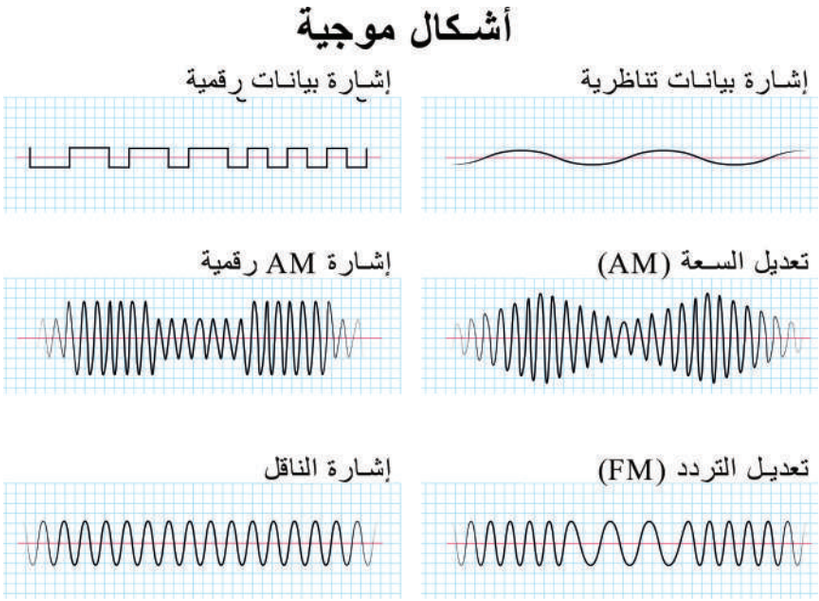
تتمثل إحدى ميزات استخدام التردد المتوسط في ميل الترانزستورات إلى تحقيق كسب أقل عند الترددات الأعلى. وتتمثل الميزة الأخرى في سهولة تصميم وإنشاء مرشحات انتقائية (مرشحات ذات عامل Q مرتفع) بترددات منخفضة.

يعمل مزيل تعديل FM على إزالة التردد الوسيط IF، تاركًا الإشارة الصوتية فقط. يُحدث مُكبر AF تكبيرًا للطاقة لتشغيل مكبرات الصوت.



الشكل 20.70 رسم تخطيطي لمُستقبِل FM.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 97 24/06/2025 05:59:56 ص



الشكل 20.71 الأشكال الموجية المستخدمة في أنظمة الاتصالات.

يمكنك أيضًا إيصال المعلومات باستخدام شبكة حاسوب. حيث تربط الشبكة أجهزة الحاسوب والأجهزة الأخرى معًا للسماح للمستخدمين بمشاركة العتاد والبرامج والملفات.

شبكة المنطقة المحلية **(LAN)** هي شبكة في مكان مادي واحد. على سبيل المثال، يمكن أن تكون شبكة LAN عبارة عن عدد صغير من الأجهزة، مثل حاسوب وحاسوب محمول وطابعة في منزلك. يمكن توصيل الأجهزة بأسلاك، على سبيل المثال، عن طريق كبلات إيثرنت أو يمكن ربطها بواسطة أكبال الألياف الضوئية أو اللاسلكية (Wi-Fi). WIFI هو مجرد نظام لاسلكي رقمي متقدم يستخدم ترددات بين 2 جيجا هرتز و 5 جيجا هرتز.

تصل شبكة المنطقة الواسعة **(WAN)** الأجهزة عبر مساحة أكبر بكثير من شبكة LAN. يمكن أن تشمل التقنيات أنظمة الاتصالات عبر الأقمار الصناعية. أكبر شبكة WAN هي الإنترنت.

بناء دوائر إلكترونية

الخطوة التالية، بعد تنفيذ التصميم الأولي والمحاكاة، هي بناء دائرة نموذجية بأمان، لاختبار ما إذا كان تصميمك يعمل في الواقع العملي أم لا.

ممارسات العمل الآمن

عند بناء الدوائر الإلكترونية، يجب عليك:

- تنفيذ جميع المهام المطلوبة بأمان، وذلك باتباع جميع إجراءات السلامة والإرشادات اللازمة
- تنفيذ جميع المهام المطلوبة بمستوى جيد، باتباع الرسومات والخطط والمواصفات والتعليمات
- اتباع سلوكيات تنظيم وتنظيف جيدة دائمًا.

موضوعات ذات صلة

لمزيد من المعلومات حول تصميم وتصنيع لوحات الدوائر المطبوعة، راجع **الوحدة 22: تصميم وتصنيع لوحات الدوائر الإلكترونية المطبوعة.**

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 98 24/06/2025 05:59:59 ص

التحضير لبناء الدائرة

قبل البدء في بناء دائرة، يجب أن تتأكد من أنك تفهم تمامًا ما عليك تنفيذه.

- احصل على جميع الرسومات والخطط والمواصفات و**تقييم المخاطر** والتعليمات اللازمة قبل بدء العمل. فهذه المستندات توفر لك المعلومات التي تحتاج إليها لتنفيذ النشاط بأمان
- اجمع المواد والمكونات الصحيحة. يجب عليك التأكد من أنه يمكنك تحديد المكونات الخاملة والنشطة تحديدًا صحيحًا من شكلها ورمز اللون وتوزيع أطرافها/سنونها. يجب أن تكون قادرًا على معرفة الطريقة الصحيحة لتوصيل المكونات المستقطبة في دائرة.
- استخدم معدات وأدوات الاختبار المناسبة لإجراء فحوص مراقبة الجودة على الدائرة المكتملة.

المصطلحات الرئيسة

تقييم المخاطر - طريقة لتحديد مصادر الخطر والمخاطر المرتبطة بها عند تنفيذ نشاط ما، بهدف إزالتها أو الحد منها عن طريق تطبيق تدابير الرقابة.

معدات الحماية الشخصية - لحماية المستخدم من مصادر الخطر.

تقييم المخاطر

يحدد تقييم المخاطر مصادر الخطر الموجودة حاليًا في مكان العمل. ويحدد مصادر الخطر التي من المحتمل أن تسبب ضررًا للموظفين والزوار. عند إعداد تقييم المخاطر، هناك بعض المسائل الرئيسة التي يجب مراعاتها.

- ما مصادر الخطر الموجودة؟ على سبيل المثال، السلامة الكهربائية، السلامة من الحرائق، المناولة اليدوية، المواد الخطرة.
- ما المخاطر التي تشكلها مصادر الخطر؟ على سبيل المثال، الجروح والكدمات والحروق وتلف الجلد أو العينين وإصابات الإجهاد المتكررة والأمراض المعدية.
- ما مدى خطورة المخاطر؟ على سبيل المثال، إصابة كبيرة/طفيفة، طويلة الأمد/قصيرة الأمد.
- من المعرضين للخطر؟ على سبيل المثال، الشخص الذي ينفذ المهمة، والأشخاص في منطقة العمل، وغيرهم.
- كيف تُدار المخاطر حاليًا؟ هل الضوابط كافية للسماح بالعمل الآمن؟ على سبيل المثال، عمليات التشغيل الآمنة (SOPs)، الاستخدام الآمن **لمعدات الحماية الشخصية (PPE)** .
- كم مرة تُراجع تقييمات المخاطر وتُحدَّث؟

عادةً ما يُكتب تقييم المخاطر في قالب قياسي. يوضح الجدول 20.3 تقييمًا نموذجيًا لمخاطر نشاط هندسي.

الجدول 20.3 نموذج تقييم المخاطر القياسي

اسم الشركة		كريبدن الكترونكس ليمتد		تاريخ تقييم المخاطر		2023/02/15
الإدارة والموقع		التصنيع. ورشة العمل الرئيسة				
النشاط		الصيانة الروتينية للمعدات				
ما مصادر الخطر؟	من الذي قد يتعرض للأذى وكيف؟	ما الإجراءات التي تتخذها بالفعل؟	ما الإجراءات الإضافية المطلوبة؟	من المسؤول عن الإجراء؟	متى موعد الإجراء؟	تاريخ التنفيذ
الانزلاقات والتعثر	قد ينزلق فني الصيانة على الانسكابات/ يتعثر فوق العناصر المخزنة بشكل سيئ.	الحفاظ على ممارسات التنظيم والتنظيف الجيدة دائمًا. يجب ارتداء أحذية واقية ذات تشبُّث جيد. إضاءة جيدة في جميع المناطق.	لا يوجد			
الكهرباء	قد يتعرض فني الصيانة لصدمة كهربائية أو حروق.	عزل الدوائر والآلات الكهربائية وتأمينها قبل بدء العمل. فحص جميع المعدات بصريًا قبل بدء العمل.	يجري المستخدمون فحصًا بصريًا غير رسمي خارج مواعيد الصيانة المخطط لها. يُقدمه مدير الإنتاج	مدير الإنتاج	في غضون 10 أيام عمل	يُحدد لاحقًا

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 99 24/06/2025 05:59:59 ص

الآلات	قد يتعرض فني الصيانة لإصابة من الأجزاء المتحركة غير المحمية.	تُعزل الآلات وتؤمن للاختبارات حيث لا يلزم ملاحظة الحركة. التأكد من وجود عناصر الحماية في أماكنها قبل بدء تشغيل أي آلة. فحص جميع عناصر الحماية واختبارها بانتظام.	تدريب عمال الآلات على إجراء الفحص البصري للآلات.	عمال تشغيل الآلات	يونيو 2023	يُحدد لاحقًا
الضوضاء	قد يتعرض فني الصيانة لإصابة في أثناء العمل في بيئة صاخبة أو في أثناء استخدام معدات صاخبة.	جدولة الصيانة للأوقات التي لا تكون فيها الآلات قيد الاستخدام. ارتداء العمال أجهزة حماية السمع.	تحقق من توافر أدوات الصيانة الأكثر هدوءًا مثل المثاقب والأدوات الكهربائية وما إلى ذلك.	مدير الصيانة	أغسطس 2023	يُحدد لاحقًا
اسم المُقيّم (المُقيّمين)		ب روتان، تي فلاورز		تاريخ إعادة التقييم		2023/08/16

المصطلحات الرئيسة

OSH - السلامة والصحة المهنية. إطار التشريعات واللوائح لحماية القوى العاملة من الأذى.

لوحة التجارب — لوحة توصيل قبسي لبناء دائرة إلكترونية نموذجية من دون لحام قصدير.

تحضير بيئة العمل

يجب عليك عند تحضير منطقة العمل، قبل بدء بناء الدائرة، التأكد من الآتي:

- المنطقة جيدة التهوية وخالية من مصادر الخطر
- لديك معرفة كافية بتقييمات المخاطر ذات الصلة للتأكد من مراعاة جميع مصادر الخطر وتدابير الرقابة
- اختيار معدات الحماية الشخصية المناسبة للنشاط، مثل حماية العين والتنفس عند اللحام
- تنفيذ فحص مسبق لجميع الأدوات للتأكد من أنها آمنة وفي حالة قابلة للاستخدام. على سبيل المثال، سلك مكواة اللحام غير متلف والأدوات اليدوية في حالة جيدة وآمنة.

تذكر أن ممارسات التنظيم والتنظيف الجيدة تسهم في تحقيق مستويات عالية من السلامة والصحة المهنية (**OSH**).

طرق النمذجة الأولية

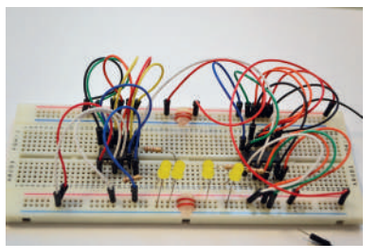
تتوافر العديد من طرق النمذجة الأولية، ومنها أنظمة التوصيل القبسي (Plug-in) التي تعتبر مفيدة في المراحل الأولى إذ تتيح لك تحريك المكونات بسهولة وتجربة قيم مختلفة. تعتبر الأنظمة الملحومة بالقصدير أكثر قوة ولكن لا يمكن تعديلها بسهولة عند الحاجة إلى إجراء تغييرات.

لوحة التجارب (Breadboard)

يُعرف أكثر أنواع أنظمة التوصيل القبسي شيوعًا باسم **لوحة التجارب**. وهي عبارة عن كتلة بلاستيكية تحتوي على ثقوب مرتبة في مجموعات متصلة بمشابك زنبركية. وعادةً ما تكون الثقوب مرتبة عادةً بمسافة 0.1 بوصة (2.54 مم) بين كل منها. تبلغ المسافة بين الكتل عبر خط الوسط 0.3 بوصة (7.62 مم). وهي مماثلة للمسافة بين السنون/الأطراف في الحزمة الخطية المزدوجة (DIP) المستخدمة في العديد من الدوائر المتكاملة.

وعليك إدخال المكونات مثل المقاومات والمكثفات وتوصيل الوصلات السلكية في هذه الثقوب لإكمال بناء الدائرة. من المهم أن تخطط لمواضع المكونات على اللوحة قبل بدء بناء الدائرة. وتعتبر رقة الرسم البياني مفيدة عند تخطيط التصميم.

وقد تجد أن استخدام لوحات التجارب محبطًا عند محاولة استخدامها مع الدوائر الكبيرة والمعقدة، لأنك قد تواجه مشكلات في التوصيلات وفي الحفاظ على تباعد المكونات. إضافة إلى ذلك، قد تكتشف أن بعض أطراف المكونات لا تتناسب مع الثقوب.



◄ دائرة نموذجية أولية على لوحة التجارب.

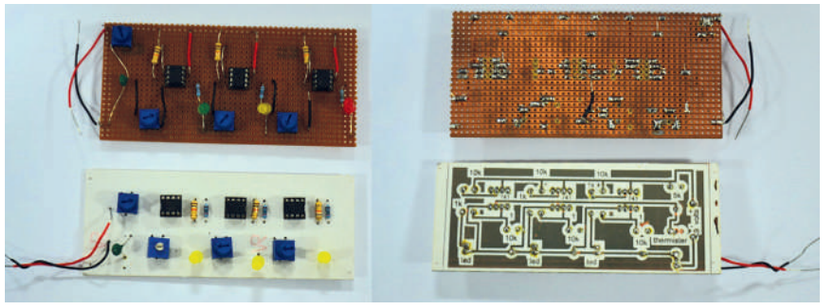
XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 100 24/06/2025 05:59:59 ص

لوحة الشرائح

تحتوي **لوحة الشرائح (فيروبورد)** على شبكة من الثقوب بتباعد بينها يبلغ 0.1 بوصة (2.54 مم). ويمكنك تركيب المكونات من خلال الثقوب، مع تثبيت المكونات على الجانب الفارغ من اللوحة. عادةً ما تكون اللوحة مصنوعة من راتنج الفينول (Phenolic Resin) أو أحيانًا من لوح مقوى بالألياف الزجاجية. ويحتوي الجانب العكسي من اللوحة على مسارات نحاسية موازية تمتد بطول اللوحة. تُلحَم أطراف المكونات وروابط التوصيل بالمسارات. وتُناسب حزم DIP المصفوفة. يجب أن تخطط التصميم بعناية. حيث يجب حفر المسارات في أماكن بحيث تفصل المكونات غير المتصلة، على سبيل المثال بين سنون حزمة DIP. ومن الأفضل تخطيط التصميم على شبكة قبل بدء بناء الدائرة. تتيح لك لوحة الشرائح بناء دائرة أكثر ديمومة، وتكون الاتصالات أكثر موثوقية. ويمكنك شراء عدة أنواع من لوحة الشرائح.

طرق البناء الدائمة

بعد محاكاة التصميم الذي وضعته واختبار آلية عمله باستخدام طريقة النمذجة الأولية، ربما ترغب في إنشاء دائرة أكثر ديمومة يمكن إعادة إنتاجها اقتصاديًا.



◄ دوائر لوحة الشرائح ولوحة الدوائر المطبوعة التي بناها الطالب.

قد يحتوي برنامجك التصميمي على وسيلة لتحويل تصميمك التخطيطي إلى تخطيط خاص **بلوحة دائرة مطبوعة (PCB).** وتحقيقًا لذلك، تتوافر بعض البرامج التي ستعمل تلقائيًا على توجيه مسارات الاتصال نيابةً عنك. قد تكون الدوائر الأكثر تعقيدًا ذات وجهين، مع وجود مسارات محفورة على كلا الجانبين. ومن المزايا الكبيرة للوحة الدوائر المطبوعة أنه يمكن إنتاجها بكميات كبيرة. إن تصميم لوحة الدوائر المطبوعة يعني أنه يمكنك مراعاة أطوال أطراف المكونات ذات الأحجام المختلفة والرقائق والمكونات المثبتة على السطح وما إلى ذلك وهو ما قد يكون من الصعب مراعاته في النموذج الأولي.

يوضح الشكل 20.72 تخطيط لوحة دائرة مطبوعة الذي صممه الطالب لبناء الهزاز المتعدد غير المستقر الذي حُوكي في الشكل 20.67. لاحظ أنه عند عرض لوحة الدوائر المطبوعة من جانب المسار تبدو كما لو أنها مقلوبة أفقيًا. يجب أيضًا ملاحظة أن بعض التوصيلات تتم لموصلات الطاقة الخارجية، والخرج لمكونات مثل مكبرات الصوت وعناصر التحكم. ويمكن أن تكون المكونات، مثل المحولات، كبيرة جدًا فلا يمكن وضعها بسهولة على لوحة الدائرة.

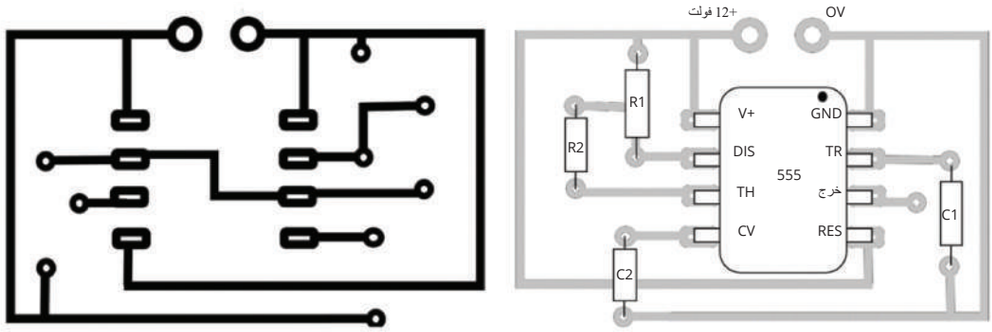
دوّن الطالب موضع المكونات على لوحة الدائرة. إذا نظرت إلى الدائرة المتكاملة بمؤقت 555 يمكنك أن ترى أنه دوّن موضع سن/طرف1 بنقطة. هذا يساعد على ضمان وضع الدائرة المتكاملة في الاتجاه الصحيح كجزء من فحوص مراقبة الجودة التي تُنفذ في أثناء البناء. يمكن أن يكون المكثف C1 مكثفًا مستقطبًا. وإذا كان الأمر كذلك، فقد يكون الطالب قد دوّن القطبية الصحيحة لتجنب المشكلات اللاحقة.

المصطلحات الرئيسة

لوحة الشرائح (فيروبورد) — نوع من الألواح المعزولة تضم مصفوفة من الثقوب متباعدة بمقدار 0.1 بوصة (2.54 مم). وتحتوي على شرائط متوازية من المسار النحاسي على جانب واحد بتباعد يبلغ 0.1 بوصة (2.54 مم). تُستخدم لوحة الشرائح لتشكيل دوائر دائمة ملحومة. وهي مثالية للدوائر الصغيرة.

لوحة الدوائر المطبوعة (PCB) — نوع من الألواح المعزولة بسطح نحاسي رقيق على أحد الجانبين (أو كلاهما). يمكن حفر الأنماط أو تشكيلها آليًا في النحاس لتوفير وسادات كنقاط اتصال لحام المكونات ووصلات داخلية للأسلاك.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 101 24/06/2025 06:00:00 ص



رؤية جانبية للمكونات رؤية جانبية للمسار

الشكل 20.72 صمم الطالب لوحة دائرة مطبوعة لهزاز متعدد التوافقيات غير مستقر 555.

تقنيات اللحام بالقصدير اليدوي

عند لحام أحد المكونات على لوحة دائرة مطبوعة، فهناك عدد من النقاط التي يجب تذكرها.

- احتفظ دائمًا بمكواة اللحام بالقصدير في محطة اللحام عند عدم إجراء اللحام.
- يجب أن تكون مكواة اللحام ساخنة. تأكد من أن درجة الحرارة مناسبة للقصدير الذي تستخدمه. غالبية أسلاك لحام القصدير المستخدمة الآن متوافقة مع **توجيه الحد من المواد الخطرة**. ويشار إليه اختصارًا **"RoHS"**. إنه مجموعة شاملة من الإرشادات لتطوير منتجات أكثر أمانًا. يحتوي اللحام المتوافق مع هذا التوجيه على كمية أقل من الرصاص مقارنة باللحام التقليدي.
- نظِّف طرف مكواة اللحام بإسفنجة رطبة قليلًا لإزالة أي قصدير زائد وأوساخ قبل البدء في اللحام.
- ضع مكواة اللحام فوق المكونات المراد وصلها حتى يصبح كلاهما في درجة الحرارة نفسها (من ثانية إلى ثانيتين).
- أضف القصدير إلى مكواة اللحام والوصلة. يجب أن يتدفق القصدير بحرية. عندما يبدأ القصدير بالتدفق، أزِل مكواة اللحام وسلك القصدير. استخدم فقط كمية كافية من القصدير لملء الوصلة.
- لا تحرك الأجزاء حتى يبرد القصدير.
- الشكل المثالي لوصلة لحام القصدير الجيدة هو بركان صغير كلاسيكي.
- ويجب أن تكون وصلة لحام القصدير الجيدة ملساء ومشرقة ولامعة ونظيفة.

تمثل الحرارة مصدر الخطر الرئيس في لحام القصدير. حيث يوجد خطر حدوث حروق بسبب ارتفاع درجة الحرارة المستخدمة.

تُنشِّط درجة الحرارة المادة الصاهرة داخل سلك لحام القصدير. حيث تزيل الأكاسيد وتعزز "الترطيب" وتحسن تدفق اللحام. وقد حُددت أبخرة المادة الصاهرة بلحام القصدير القائمة على الراتنج (Rosin) باعتبارها أحد أهم أسباب الربو المهني. لذا، من المهم العمل في منطقة جيدة التهوية واستخدام معدات الحماية الشخصية المناسبة.

تتمثل المخاطر الشائعة الأخرى عند بناء دائرة إلكترونية في أخطار السحق والقطع المتعلقة بالاستخدام الآمن للكماشة عند تشكيل أرجل المكونات لتناسب لوحة الدائرة والقواطع عند تقليم أرجل المكونات بحسب الحجم المطلوب. هناك أيضًا احتمال دخول قطع صغيرة من المعدن أو بقع اللحام إلى عينك. من المهم أن تتبع جميع الإرشادات الواردة في تقييم المخاطر وإجراءات التشغيل القياسية للحفاظ على سلامتك وسلامة الآخرين.

المصطلح الرئيس

RoHS - توجيه السلامة والصحة المهنية بشأن الحد من المواد الخطرة. يشير إلى إزالة الرصاص والمعادن الثقيلة الأخرى من المواد، على سبيل المثال اللحام "الخالي من الرصاص".

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 102 24/06/2025 06:00:00 ص

نصائح للسلامة

لا بد من تنفيذ نشاط اللحام في منطقة جيدة التهوية. يمكن أن تؤدي الأبخرة المنبعثة في أثناء اللحام إلى مشاكل في التنفس على المدى الطويل. التنفس وحماية العين ضروريان عند اللحام بالقصدير.

يمكن استخدام نظام استخراج الفلتر العلوي للحام القصدير الخالي من الراتنج في مناطق جيدة التهوية

اختبار الدوائر الإلكترونية

من المهم أن تعرف الفولتية والتيارات والأشكال الموجية المتوقعة في النقاط الرئيسة في الدائرة التي تختبرها، حتى تتمكن من مقارنتها بالقيم المقاسة. وتتمثل الأدوات الرئيسة التي يلزم أن تكون قادرًا على استخدامها لاختبار الدوائر التناظرية في مصدر تزويد طاقة ثابتة للمختبر وملتيميتر وراسم الذبذبات ومولد الإشارات.

يجب التأكد من أنك على دراية بكيفية توصيل ملتيميتر بشكل صحيح لقياس الفولتية والتيارات. يمكنك أيضًا فحص قيم المقاوم واختبار الدايود في معظم أجهزة الملتيميتر بشرط ألا تكون الدائرة متصلة بالكهرباء. يمكن لبعض أجهزة الملتيميتر أيضًا اختبار الترانزستورات.

مولد الإشارات هو مصدر للإشارات ذات الترددات المختلفة. وعادةً ما تكون الإشارات المتاحة هي الموجات الجيبية والمثلثية والتربيعية. ويمكنك تغيير تردد وسعة الإشارة وقد تتمكن أيضًا من ضبط دورة تشغيل الشكل الموجي. ستكون معظم مولدات الإشارات التي تستخدمها عبارة عن مولدات تردد صوتي يتراوح من نحو 0.03 هرتز إلى 3 ميجاهرتز. وقد تحتوي على معاوقات خرج منخفضة وعالية للسماح بالتوافق مع الأحمال المختلفة. على سبيل المثال، معاوقة منخفضة للاتصال مباشرةً بمكبر الصوت، ومعاوقة عالية للاتصال براسم الذبذبات.

يعمل راسم الذبذبات على رسم الجهد على المحور السيني (Y) مقابل الوقت على المحور الصادي (X). يمكنك تغيير حساسية المحور السيني عن طريق ضبط الكسب (فولت/سم). تسمح لك راسمات الذبذبات ثنائية الخط بمقارنة إشارتين في وقتٍ واحد. وهذه ميزة مفيدة إذا كنت تقيس كسب مُكبر حيث يمكنك رؤية إشارات الدخل والخرج على شاشة في الوقت نفسه. ويمكنك التحكم في كسب كل خط على حدة.

تعمل قاعدة الزمن (ث/سم) على تغيير السرعة التي ينتقل بها الخط عبر الشاشة. وعادةً ما تضبط قاعدة الزمن لعرض ما يزيد قليلًا عن دورتين كاملتين للإشارة (الإشارات) التي تقيسها. ومن المهم أن تتأكد من أن عناصر التحكم في الكسب في وضع المعايرة عندما تريد إجراء قياسات دقيقة. وقد يتعين عليك أيضًا ضبط التحكم في الاستقرار للتأكد من أن كل خط عبر الشاشة يبدأ في النقطة نفسها، حتى ترى خطًا ثابتًا.

◄ استخدام مولد التردد وراسم الذبذبات .

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 103 24/06/2025 06:00:01 ص

المهارات

- حل المشكلات
- التحليل
- التفسير
- التعلم المستمر
- الاهتمام الفكري والفضول

وقفة للتفكير

تعرَّف أدوات القياس التي ستستخدمها.

افحص نوع أجهزة الملتيميتر التي ستستخدمها في هذه الوحدة. تدرب على قياس الجهد المنخفض للتيار المستمر والتيار المتناوبة والتيارات في دوائر بسيطة.

استخدم ملتيميتر في قياس قيم المقاوم ولاحظ ما يحدث عند قياس القيم في الدوائر. تأكد من عدم توصيل الطاقة!

اضبط مولد الإشارات لإعطاء خرج جيبي بتردد 1 كيلو هرتز. أوصل الإشارة براسم ذبذبات واضبط السعة على 2 فولت. اضبط كسب الجهد في راسم الذبذبات حتى يكون الخط الكامل مرئيًا ومرتفعًا قدر الإمكان. اضبط قاعدة الزمن لراسم الذبذبات لإعطاء دورتين كاملتين تقريبًا على الشاشة.

التلميح وتوسيع الأفق

افحص كل من أدوات القياس التي ستستخدمها في عمليات البحث العملية بعناية. تأكد من إلمامك بكيفية استخدامها جميعًا. اطلب المساعدة من معلمك إذا لم تكن متأكدًا من أي شيء.

تمرين تقييمي 20.1 A.P1, B.P2, B.P3, A.M1, B.M2, B.M3, AB.D1

استكشف مجموعة من الدوائر التناظرية أحادية الوظيفة من خلال:

- تنفيذ محاكاة البرامج
- بناء الدائرة
- مقارنة العملية النظرية والمادية.

يجب إجراء تحقيق منفصل لكل نوع من أنواع الدوائر التناظرية:

- مزوّد الطاقة
- المرشحات الخاملة
- مكبرات الترانزستور
- المكبرات العملياتية
- المُذبذِبات
- تطبيقات الاتصالات

قد تجد أنه من الأكثر فعالية تنفيذ "التحقيق والمحاكاة والبناء والاختبار والكتابة" لكل دائرة قبل الانتقال إلى الدائرة التالية، بدلًا من محاكاة جميع الدوائر، ثم البناء وما إلى ذلك.

يجب عليك تنفيذ الآتي لكل دائرة:

- استخدم حزمة برنامج التصميم بمساعدة الحاسوب لإدخال الدائرة ومحاكاتها.
- تأكد من رسم المخططات وفقًا للمعايير الوطنية أو الدولية المناسبة.
- استخدم طريقة النمذجة الأولية المناسبة لبناء كل دائرة إلكترونية تناظرية وأخذ القياسات لشرح تشغيلها.
- احسب القياسات النظرية للدائرة التناظرية لتوضيح العلاقة بين قيم المكونات ومعلمات الدائرة.
- قارن نتائج المحاكاة والدائرة المادية والحساب النظري للدائرة التناظرية. استخدم هذه المقارنة لتقييم تشغيل الدائرة. فكّر في أوجه التشابه والاختلاف بين النتائج المجمعة من الدوائر المادية وتلك المحققة نظريًا أو من خلال المحاكاة.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 104 24/06/2025 06:00:01 ص

التخطيط

- ما المهمة المطلوبة؟ ما المطلوب مني؟
- ما مدى ثقتي في قدرتي على إنجاز هذه المهمة؟ هل ثمة أي جوانب قد أواجه صعوبة فيها؟

التنفيذ

- أعرف ما أفعله وما أريد تحقيقه.
- يمكنني معرفة متى أخطأت وتعديل تفكيري/نهجي للعودة إلى المسار الصحيح.

المراجعة

- يمكنني شرح المهمة وكيف تعاملت معها.
- يمكنني شرح كيف سأتعامل مع العناصر الصعبة بشكل مختلف في المرة القادمة.
- يمكنني معرفة متى أخطأت وتعديل تفكيري/نهجي للعودة إلى المسار الصحيح.

ج { تعديل دائرة إلكترونية تناظرية أحادية الوظيفة لتلبية معايير معينة على النحو المعمول به في نطاق واسع في الصناعة

بحث

راجع الدوائر التناظرية التي حققت فيها حتى الآن. وتأكد من إلمامك بكيفية عملها وكيفية تحكم قيم المكونات فيها.

في نتاج التعلم هذا، ستطور معرفتك ومهاراتك من خلال تعديل تصميم أحد أنواع الدوائر التناظرية لتلبية مواصفات العميل. وتتبع العملية طريقة التصميم والمحاكاة والبناء والاختبار التي استخدمتها بالفعل.

تحديد المكونات

ينتقل بك المثال العملي خطوة بخطوة لتحديد قيم المكونات لدائرة العينة. ويجب أن تكون المكونات التي تحددها قيمًا متاحة بسهولة.

تُنتج المكونات الإلكترونية الخاملة بالقيم القياسية. القيم القياسية لـ E24 هي مضاعفات 10 و11 و12 و13 و15 و16 و18 و20 و22 و24 و27 و30 و33 و36 و39 و43 و47 و51 و56 و62 و68 و75 و82 و91. يمكنك بسهولة الحصول على مكثف سعة 47 نانوفاراد أو مقاوم 330 كيلو أوم، لكنك لن تجد مكثفًا سعة 6.3 ميكروفاراد أو محث 0.17 ملي هنري.

يمكنك الجمع بين المقاومات المتسلسلة و/أو المتوازية للحصول على قيمة غير قياسية. يمكنك أيضًا استخدام مقياس الجهد للضبط وفق القيمة الدقيقة. لذلك، من الأفضل في جميع الأحيان تقريبًا، جعل قيم المكثف أو المحث قياسية عند حساب قيم المكونات وتحديد المقاومات لتكون العنصر "المتغير".

تتمتع المقاومات عادةً بنسبة **تفاوت** تبلغ خمسة في المائة أو عشرة في المائة. وتتوافر مقاومات دقيقة بنسبة واحد في المائة أو أفضل للحصول على تصميمات أكثر دقة.

تُصنف المقاومات القياسية عادةً عند 0.25 واط أو 0.5 واط أو 1 واط، وتتوافر مقاومات طاقة أعلى ولكنها أكثر تكلفة.

عادةً ما تتمتع المكثفات الإلكتروليتية الكبيرة بنسبة تفاوت تبلغ عشرين في المائة. عادةً ما تكون المحثات المشتركة عشرة في المائة فقط من حيث الدقة.

المصطلح الرئيس

التفاوت - مدى اختلاف القيمة المقاسة للمكون عن قيمته النظرية المحسوبة كنسبة مئوية.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 105 24/06/2025 06:00:01 ص

تعتمد أهمية الدقة على التطبيق. وتفاوت المقاوم بقيمة 220 أوم للحد من التيار في مؤشر ليد ليس أمرًا مهمًا. يحتاج ضبط كسب مكبر الأجهزة غير العاكس إلى اختيار قيم المكونات الدقيقة.

المصطلح الرئيس

المواصفات - المتطلبات التي يجب أن يُلبيها منتج أو خدمة معينة.

مثال عملي

لقد أعطاك عميلك **مواصفات** الدائرة التناظرية التي يرغب في أن تبنيها له.

ورقة مواصفات المنتج	
مُذبذب قنطرة وين	
يلزم مُذبذب قنطرة وين لمُركب إلكتروني جديد. ويجب أن يكون المُذبذب وحدة مستقلة يمكن توصيلها بوحدات أخرى لبناء نظام مخصص.	
مزوّد الطاقة	12+ فولت و12- فولت تيار مستمر
تردد الخرج	2 كيلو هرتز ± 0.02 كيلو هرتز

الشكل 20.63 هو مثال لدائرة مُذبذب قنطرة وين التي يمكن تعديلها لإنتاج الدائرة المطلوبة.

عدّل مزوّد الطاقة إلى تقسيم 12+ فولت و 12- فولت على النحو المحدد.

يُشكل المكبر العملياتي 741 و R1 و R2 مُكبرًا غير عاكس. ولا يؤثر في تردد التذبذب، ولكن يمكنك استخدام المكونات نفسها.

يتم التحكم في تردد التذبذب بواسطة C1 و C2 و R3 و R4. ولأغراض التبسيط، اجعل

$$C_1 = C_2 = C$$

و

$$R_3 = R_4 = R$$

$$f = \frac{1}{2\pi RC}$$

يجب تحديد قيم R و C لتلبية المعادلة،

$$2 \times 10^3 = \frac{1}{2\pi RC}$$

وبإعادة الترتيب،

$$2 \times 10^3 \times 2\pi = \frac{1}{RC}$$

$$RC = \frac{1}{2 \times 10^3 \times 2\pi}$$

هذه هي قيمة المنتج RC. يجب أن تقرر الآن كيفية تحديد المكونات الفردية.

حدد القيمة القياسية للمكثف،

$$C = 1\ nF = 1 \times 10^{-9}$$

$$R = \frac{1}{2 \times 10^3 \times 2\pi \times 1 \times 10^{-9}} = 79.577 \times 10^3\ \Omega$$

نحصل من خلال الحساب على $R = 79.58\ k\Omega$ و $C = 1\ nF$

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 106 24/06/2025 06:00:02 ص

مثال عملي

يمكنك بسهولة الحصول على مكثف سعة 1نانوفاراد، لكن المقاوم 79.58 كيلو أوم غير قياسي. ويمكنك تجربة استخدام مقاوم 80 كيلو أوم عن طريق توصيل مقاوم 33 كيلو أوم على التوالي مع مقاوم 47 كيلو أوم.

تحقق

كيف سيؤثر اختيار المكونات في تردد التذبذب؟

$$f = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$f = \frac{1}{2\pi \times 80 \times 10^{3} \times 1 \times 10^{-9}}$$

$$f = 1989\ Hz$$

$$f = 1.99\ kHz$$

تتطلب المواصفات 2 كيلو هرتز ± 20 هرتز. التصميم ضمن المواصفات.

محاكاة دائرة إلكترونية تناظرية معدلة

استخدم برنامج التصميم لإنشاء الرسم التخطيطي باستخدام قيم المكونات المحسوبة حديثًا.

مثال عملي

يوضح الشكل 20.68 الرسم التخطيطي لمُذبذِب قنطرة وين باستخدام القيم المحسوبة للمقاوم والمكثف.

لاحظ تغيير مزوِّد الطاقة إلى ± 12 فولت بحسب الحاجة.

واستُبدِلت المقاومات 80 كيلو أوم بـ 33 كيلو أوم المتصلة على التوالي مع مقاومات 47 كيلو أوم على النحو المخطط له.

جهد الخرج قريب جدًا من الموجة الجيبية. تبدو كل نصف دورة متماثلة.

الفترة الزمنية المقاسة بين المؤشرات هي 502.7 ميكرو ثانية.

التردد هو

$$f = \frac{1}{t} = \frac{1}{502.7 \times 10^{-6}}$$

$$f = 1989\ Hz$$

تردد المحاكاة هو 1.99 كيلو هرتز.

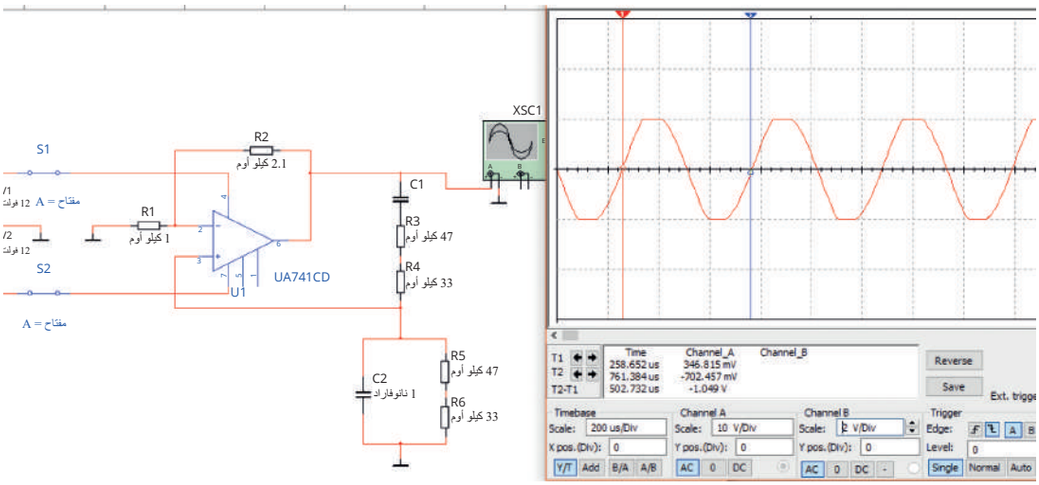
المواصفات هي لتردد 2 كيلو هرتز = 2000 هرتز.

الفرق بين التردد المطلوب والتردد المحاكي هو 11 هرتز.

تسمح المواصفات بتفاوت قدره 20 هرتز.

تعمل الدائرة المحاكاة ضمن المواصفات.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 107 24/06/2025 06:00:02 ص



الشكل 20.73 مُذبذِب قنطرة وين المعدل لتلبية متطلبات العملاء.

يتحكم المقاوم التغذية الراجعة R2 في كسب المكبر. إذا كانت قيمة المقاوم منخفضة قليلًا، فقد لا يبدأ التذبذب أو قد لا يستمر. يمكنك استخدام مقياس جهد التهذيب لإعطاء قيمة تسمح بحدوث التذبذب بأقل قدر من التشويه.

بناء دائرة إلكترونية تناظرية معدلة

بعد تحديد قيم المكونات ومحاكاة الدائرة، يجب أن تقرر كيفية إنشاء دائرة نموذجية.

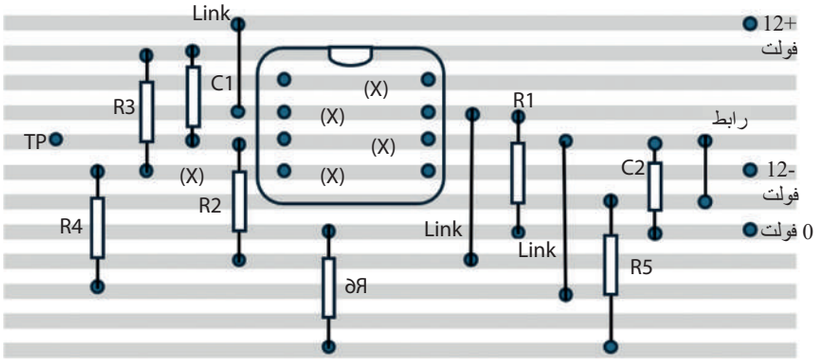
مثال عملي (تتمة)

قررت بناء دائرة النموذج الأولي الخاص بك على لوحة مصفوفة. ولقد خططت التصميم على شبكة.

وقررت تشكيل المقاومات لتستقر بشكل مسطح على اللوحة بمسافة تباعد بينية 0.4 بوصة (10.6 مم)

تبلغ كثافة المكثفات 8.25 مم (0.25 بوصة). المكثفات غير مستقطبة. يمكن توصيلها في أي اتجاه.

يوضح الشكل 20.69 التخطيط المقترح المعروض من جانب المكون.



الشكل 20.74 تصميم مُذبذِب قنطرة وين المعدل (من العرض الجانبي للمكونات).

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 108 24/06/2025 06:00:02 ص

تشير (X) إلى الأماكن التي يجب أن يحدث فيها كسر في المسار، على سبيل المثال بين سنون المكبر العملياتي.

يوجد السن 1 من المكبر العملياتي في أعلى اليسار. اتجاه المكبر العملياتي موضح بالرمز "D" في الأعلى.

لقد أعددت قائمة القطع (قائمة المواد) من التخطيط التصميمي قبل بدء البناء. وفحصت المكونات ومواقعها مقارنة بالرسم التخطيطي.

الجدول 20.4 قائمة المواد

المكوّن	المُعرّف	التوصيلات		ملاحظات
مكبر عملياتي LM741	U1			
مقاوم 1 كيلو أوم، 0.25 واط، ± 1٪	R1	U1 سن 2	0 فولت	
مقاوم 2.1 كيلو أوم، 0.25 واط، ± 1٪	R2	U1 سن 6	U1 سن 2	
مقاوم 47 كيلو أوم، 0.25 واط، ± 1٪	R3	C1	R5	
مقاوم 33 كيلو أوم، 0.25 واط، ± 1٪	R4	R4	U1 سن 3	
مقاوم 47 كيلو أوم، 0.25 واط، ± 1٪	R5	U1 سن 3	R6	
مقاوم 33 كيلو أوم، 0.25 واط، ± 1٪	R6	R5	0 فولت	
مكثف ميكا سعة 1نانوفاراد، 500 فولت تيار مستمر، ± 1٪	C1	U1 سن 6	R3	
مكثف ميكا سعة 1نانوفاراد، 500 فولت تيار مستمر، ± 1٪	C2	U1 سن 3	0 فولت	
وصلات سلكية (4)				لإكمال الدائرة
أسلاك تزويد الطاقة (12+ فولت، 0 فولت، 12- فولت)				مرن، متعدد القلوب
لوحة مصفوفة، كثافة 0.1 بوصة	الحد الأدنى 2 بوصة × 1.5 بوصة			

قبل البدء في بناء أي دائرة، يجب عليك الرجوع إلى تقييم المخاطر للنشاط للتأكد من أنك تعمل بأمان في جميع الأوقات.

تأكد دائمًا من استخدام الأدوات اليدوية الصغيرة بأمان.

نصائح للسلامة

عند استخدام أدوات يدوية، مثل مفكات البراغي وزرديات القطع ومقصات الأسلاك، من المهم أن تتبع إرشادات السلامة.

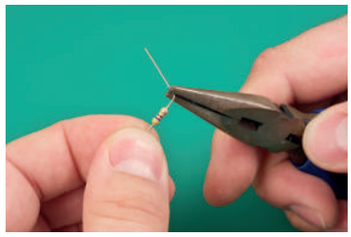
- افحص الأدوات قبل الاستخدام. تحقق من عدم وجود أي ضرر يمكن أن يسبب أذى. أبلغ معلمك بأي شئ تلاحظه.
- احرص دائمًا على ارتداء الملابس المناسبة في ورشة العمل.
- استخدم دائمًا معدات الحماية الشخصية الصحيحة.
- استخدم ملزمة أو مشبكًا لتثبيت أي قطعة عمل بأمان.
- احرص دائمًا على إبقاء يديك بأمان خلف حافة القطع.
- لا تترك الأدوات اليدوية غير مؤمنة على منضدة العمل. ضعها في حامل عند عدم استخدامها.

تذكر أن السلامة أمر بالغ الأهمية.

استخدم زردية ذات أنف طويل لتشكيل المكونات لتناسب المساحة الصحيحة على لوحة الدائرة.

حدد موضع المكونات على لوحة الدائرة. استخدم أداة قطع المسار لحفر المسارات في الأماكن المحددة. تأكد من نظافة مواضع الحفر وإزالة أي بُرادة.

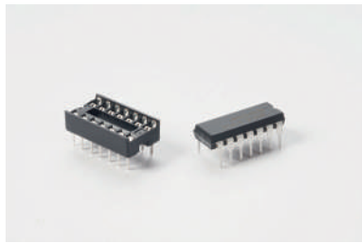
XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 109 24/06/2025 06:00:03 ص



تشكيل المكونات مسبقًا قبل إدخالها في لوحة الدائرة.

المصطلح الرئيس

الفحص البصري - طريقة فحص أساسية تُستخدم في مراقبة الجودة، للبحث عن العيوب أو الاختلالات، مثل وجود مكونات في مكان أو اتجاه خطأ، ووصلات اللحام السيئة، والكسور في المسارات، وذلك باستخدام العين المجردة ومعدات الفحص غير المتخصصة.



مقبس ودائرة متكاملة DIP.

المهارات

- اتخاذ القرارات
- التوجيه الذاتي
- المثابرة
- الإنتاجية

من الممارسات الجيدة إدخال أصغر المكونات على اللوحة أولًا.

- الوصلات السلكية هي أصغر الأجزاء لذا يجب إدخالها أولًا. أدخِل الوصلات السلكية وافتح الأرجل قليلًا حتى تبقى ثابتة في مكانها عندما تكون اللوحة مقلوبة. الحم الأرجل على المسارات النحاسية. تذكر اتباع جميع تدابير التحكم في تقييم مخاطر تنفيذ لحام القصدير.
- أدخِل المقاومات والحمها في مكانها.
- الحم مقبس حزمة DIP ذات 8 سنون/أطراف بلوحة الدائرة لتثبيت IC في مكانها. يؤدي استخدام المقبس إلى حماية IC من التلف الحراري الذي قد يحدث إذا لحمت IC مباشرةً بلوحة الدائرة.
- الحم أسلاك التوصيل لمزودات الطاقة وإشارة الخرج. يتم توصيل إشارة الخرج بنقطة الاختبار، TP.

تسلسل البناء هو نفسه إذا قررت بناء دائرة دائمة على لوحة دوائر مطبوعة.

اختبار الدائرة الإلكترونية التناظرية المعدلة

المرحلة الأولى من اختبار الدائرة المبنية هي إجراء **فحص بصري**. ويمكن أن تساعد العدسة المكبرة على التحقق من الأضرار الطفيفة. وثمة عدد من النقاط التي يجب التحقق منها في أثناء الفحص البصري.

- جميع المكونات في الموضع والاتجاه الصحيح.
- عدم تعرض المكونات لأي تلف حراري بسبب اللحام.
- جميع وصلات لحام القصدير جيدة.
- عدم وجود قناطر لحام بين المسارات. استخدم ملتيميتر لقراءة المقاومة، أو اختبار الاستمرارية، إذا لم تكن متأكدًا.
- الفواصل في المسارات نظيفة ولا توجد قناطر نحاسية بين المسارات. استخدم ملتيميتر لقراءة المقاومة، أو اختبار الاستمرارية، إذا لم تكن متأكدًا.
- استخدم ملتيميتر لقراءة المقاومة، أو اختبار الاستمرارية، للتحقق من أن جميع المكونات التي تلتقي عند العقدة متصلة ببعضها.
- عندما تتأكد من عدم وجود أخطاء مرئية في لوحة الدائرة وأنه من الآمن القيام بذلك، يمكنك توصيل مزوّد الطاقة.
  - اضبط جهد التزويد ± 1 فولت في مزوّد الطاقة باستخدام ملتيميتر لقراءة جهد التيار المستمر. افصل مزوّد الطاقة.
  - صِل مزوّد الطاقة بلوحة الدائرة وقم بتشغيله. تأكد من صحة الجهد عند السنين 4 و 7 على المكبر العملياتي LM741. تحقق بعناية من عدم وجود حرارة زائدة من أي مكون.
- افصل أطراف مصادر الطاقة وصِل راسم الذبذبات بخرج TP. أعد توصيل أطراف مصادر الطاقة واضبط إعدادات راسم الذبذبات للحصول على الإشارة. يجب أن تكون الإعدادات متوافقة مع المحاكاة (قاعدة الزمن 200 µs/div، كسب 2 V/div).
- سجل قراءة راسم الذبذبات. (كاميرا الهاتف الخلوي مفيدة في تسجيل خطوط راسم الذبذبات).
- تأكد أن إشارة الخرج تقع ضمن المواصفات المذكورة.
- أكمِل تقرير اختبار للدائرة. ويجب أن يتضمن التقرير مقارنة بين القيم المتوقعة والقيم المقاسة.

عندما تكون مقتنعًا بأن الدائرة تعمل بشكل صحيح، يمكنك إنشاء توصيلات دائمة لمزوّد الطاقة والخرج.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 110 24/06/2025 06:00:04 ص

فكِّر مليًّا

يوضح المثال كيف يمكن تعديل نوع واحد من الدوائر التناظرية لتلبية مواصفات معينة.
فكِّر في أجزاء العملية الفريدة للمثال، والتي يمكنك تطبيقها على أي نوع من الدوائر التناظرية.

تمرين تقييمي 20.2 C.P4 C.P5, C.M4, C.D2

اعمل على تفسير موجز عميل مُعطى يستند إلى إحدى الدوائر التي حققت فيها في التمرين التقييمي 20.1 ثم حدد المكونات لبناء الدائرة التناظرية لتلبية متطلبات موجز العميل المُعطى. ويجب عليك محاكاة الدائرة وبناؤها واختبارها واستكشاف الأعطال فيها بشكل منهجي للتأكد من أنها تعمل بكفاءة.

أعِد سجل تطوير للدائرة يتضمن دليلًا على التخطيط لتعديل الدائرة المعطاة لك. سيتعين عليك:

أ) حساب قيم المكونات الرئيسة للدائرة لتلبية المواصفات المحددة
ب) محاكاة الدائرة باستخدام قيم مكوناتك، وتعديلها بحسب الضرورة
ج) تصميم تخطيط للبناء الدائم للدائرة.

خلال هذه الأنشطة (من أ إلى ج)، يجب عليك النظر في أي حلول بديلة مع تقديم الأسباب للاختيار الذي تفضله.

ابن نسخة واحدة من الدائرة المعدلة باستخدام طريقة بناء دائمة، واحرص على بناء الدائرة بأمان، مع مراعاة تقييمات المخاطر المناسبة.

اختبر الدائرة بأمان للتأكد من أنها تلبي المواصفات المطلوبة.

استخدم مجموعة من الموارد لتنفيذ هذه العملية؛ ومنها الرسوم البيانية والحسابات والأدوات ومعدات الاختبار.

سجِّل نتائج الاختبارات في سجل التطوير الخاص بك وفسِّرها.

التخطيط

- ما المهمة المطلوبة؟ ما المطلوب مني؟
- ما مدى ثقتي في قدرتي على إنجاز هذه المهمة؟ هل ثمة أي جوانب قد أواجه صعوبة فيها؟

التنفيذ

- أعرف ما أفعله وما أريد تحقيقه.
- يمكنني معرفة متى أخطأت وتعديل تفكيري/نهجي للعودة إلى المسار الصحيح.

المراجعة

- يمكنني شرح المهمة وكيف تعاملت معها.
- يمكنني شرح كيف سأتعامل مع العناصر الصعبة بشكل مختلف في المرة القادمة.
- يمكنني معرفة متى أخطأت وتعديل تفكيري/نهجي للعودة إلى المسار الصحيح.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 111 24/06/2025 06:00:04 ص

د مراجعة تطوير الدوائر الإلكترونية التناظرية وتقييم الأداء الشخصي

الدروس المستفادة من استكشاف الدوائر الإلكترونية التناظرية

الهندسة الإلكترونية مجال دراسي معقد. ومن المؤكد أنه بغض النظر عن مدة الدراسة والتدريب التي ستقضيها، فستقابل باستمرار أفكار ومكونات وأنظمة وطرق ومواد وعمليات جديدة. من المهم أن تفكر في الأشياء التي تعلمتها والمهارات التي طورتها وأن تربطها بالتجارب السابقة عند مصادفتها حتى تتعلم منها. عندما تصبح **ممارسًا تفكيريًا**، فإنك تطور قدرتك وكفاءاتك بصفتك مهندسًا محترفًا. وهذا يزيد من فرص توظيفك وآفاق الترقي.

يطلب أصحاب العمل الرئيسون والمؤسسات المهنية من أعضائها أن يتطوروا بصفتهم "مهندسين تأمليين". ويتضمن جزء من **التطوير المهني المستمر** مطلب الاحتفاظ بسجل تطوير مهني مستمر.

يمكن تلخيص عملية التفكير في ثلاثة أسئلة.

- ماذا؟ (تحديد)
  ماذا تعلمت من خلال تنفيذ المشروع الحالي؟
  - ضع قائمة بما كنت تعرفه وما يمكنك فعله قبل البدء.
  - ضع قائمة بما تعرفه وما يمكنك فعله بعد ذلك.
  - قارن القوائم لتحديد ما تعلمته عند تنفيذ المشروع الحالي.
- وماذا في ذلك؟ (فهم)
  - ماذا يعني ذلك بالنسبة لك؟
  - هل تشعر بأي اختلاف عن ذي قبل؟
  - ما الآثار المترتبة عليك وعلى الآخرين؟
  - هل يمكنك حل المشكلات التي لم تستطع حلها من قبل؟
- ماذا بعد ذلك؟ (تخطيط)
  - كيف يمكنني استخدام المعرفة والمهارات الجديدة؟
  - هل يمكنني تنفيذ أي شيء مختلف لإجراء تحسينات؟
  - هل يمكنني تحديد مجالات جديدة للتعلم أو مهارات تقنية لتطويرها من شأنها أن تساعد على تقدمي؟

أحد المجالات الرئيسة لتحديد ما تعلمته هو فهم من أين بدأت وما شرعت في تحقيقه. يمكن أن تستفيد مراحل التخطيط للمشروع من استخدام تحليل سوات وبيستل. سوات (SWOT) وبيستل (PESTLE) طريقتان شائعتان تستخدمهما الشركات للتخطيط الاستراتيجي.

يحدد تحليل سوات:

- نقاط القوة
- نقاط الضعف
- الفرص
- التهديدات

المصطلحات الرئيسة

الممارس التفكيري - الشخص الذي يتبع نهجًا يتمثل في مراجعة أفعاله وتحليل ما تعلمه من التجربة وكيفية تطبيق الدروس في ممارسته المهنية.

التطوير المهني المستمر (CPD) - الحفاظ على المعرفة والمهارات وتطويرها، لضمان الحفاظ على كفاءتك بصفتك مهندسًا أو فنيًا محترفًا.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 112 24/06/2025 06:00:04 ص

يحدد تحليل سوات العوامل، لكنه لا يحدد أولوياتها بالنسبة لك.

يحدد تحليل بيستل العوامل:

- السياسية
- الاقتصادية
- الاجتماعية
- التكنولوجية
- القانونية
- المشكلات البيئية.

ملاحظة: بعض المستخدمين يسمون الطريقة بيستل

مثال على تحليل سوات لمشروع مُذبذِب وين.

الجدول 20.5 شبكة تحليل سوات

نقاط القوة	**نقاط الضعف**
دائرة بسيطة تكلفة منخفضة عمليات البناء فعالة	يمكن للمنافسين تقليد التصميم بسهولة دائرة نموذج أولي فقط
الفرص	**التهديدات**
تصميم لوحة دائرة مطبوعة للبناء	المنافسون بالفعل في مرحلة أكثر تقدمًا توفر المكونات في المستقبل

يتطرق تحليل بيستل إلى مزيد من التفاصيل حول العوامل الخارجية التي تؤثر في القرارات أكثر من تحليل سوات. غالبًا ما يكون من الجيد إجراء تحليل سوات وبيستل معًا. يمكن أن يقدم تحليل سوات تحليلًا أكثر شمولًا لأنه يتضمن عوامل داخلية لا تؤخذ الاعتبار في تحليل بيستل. يمكن أن يُفيد تحليل بيستل في تحديد الفرص والتهديدات.

عندما تحدد أهداف المشروع، يجب عليك دائمًا محاولة جعلها سمارت. أهداف سمارت (SMART) هي:

- محددة
- قابلة للقياس
- متفق عليها
- واقعية
- على أساس الوقت.

يمكنك تطبيق مفهوم سمارت على تحليل سوات وبيستل.

على سبيل المثال، عندما تنظر إلى نقاط القوة، يجب عليك تحديد نقاط قوة محددة. "التكلفة المنخفضة" ليست محددة باعتبارها تكلفة الإنتاج المقدرة.

يجب أن تتضمن فرصة "تصميم لوحة دائرة مطبوعة..." تاريخًا مستهدفًا لتجهيز لوحة الدوائر المطبوعة للإنتاج بحيث تكون على أساس الوقت.

بناء واختبار دائرة إلكترونية تناظرية معدلة

قد يكون من المفيد التفكير في الدروس المستفادة من خلال تقسيمها إلى جوانب مختلفة.

مهارات الصحة والسلامة

- إدارة مصادر الخطر، مثل الصدمات الكهربائية والحرارة والأبخرة
- إجراءات الطوارئ، مثل إجراءات الإخلاء
- استخدام معدات الحماية الشخصية المناسبة
- الحفاظ على منطقة العمل نظيفة ومرتبة

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 113 24/06/2025 06:00:04 ص

مهارات تطوير الدوائر الإلكترونية التناظرية

- الإدخال التخطيطي
- المحاكاة
- طرق مراقبة الجودة
- طرق تنفيذ البناء

مهارات اختبار الدوائر الإلكترونية التناظرية

- استخدام الرسومات التخطيطية لتحديد المكونات
- تفسير وتسجيل القياسات، مثل:
  - الجُهد (الفلتية)
  - التردد
- استخدام معدات وأدوات الاختبار، على سبيل المثال:
  - مزوّد الطاقة
  - مولد إشارة
  - ملتيميتر رقمي
  - راسم الذبذبات
- ممارسات العمل الآمن، على سبيل المثال:
  - الاستخدام الآمن لمعدات لحام القصدير لتقليل مخاطر الحروق،
  - استخراج الدخان

المهارات الهندسية العامة

- تفسير الرسومات
- الرياضيات
- تطبيق المبادئ العلمية.

الأداء الشخصي في أثناء استكشاف الدوائر الإلكترونية التناظرية

يتطلب كونك مهندسًا محترفًا ماهرًا ومختصًا إلمامك بجوانب أكثر من مجرد المعرفة التقنية. وتحتاج أيضًا إلى تطوير مهارات أساسية أخرى لمساعدتك على التقدم في حياتك المهنية. بعض المهارات التي تحتاج إلى تطويرها:

- حل المشكلات
- الإبداع والتصميم
- إدارة الوقت
- العمل الجماعي
- الاهتمام بالتفاصيل وضمان الجودة
- التواصل والعرض التقديمي.

يجب أن تفكر في كيفية استخدامك للسلوكيات ذات الصلة عند تنفيذ الأنشطة. ومن أمثلتها ما يأتي:

مهارات تخطيط الوقت وإدارته

تحتاج إلى هذه المهارات لإنجاز جميع الأنشطة المختلفة في الوقت المناسب وبالترتيب الملائم. هل تستخدم تقنيات **إدارة مشاريع** مثل:

- **إدارة المسار الحرج (CPM)**
- **طريقة تقييم ومراجعة برامج المشاريع (بيرت)؟**

مهارات التواصل والتثقف

هل يمكنك توضيح كيفية تنفيذ ما يأتي:

- اتباع التعليمات وتنفيذها
- تفسير الوثائق
- التواصل بشكل فعال كتابيًا وشفويًا؟

مهارات الوعي التجاري والوعي بالعملاء

هل يمكنك توضيح كيفية تنفيذ ما يأتي:

- تأكد من أن الدوائر التناظرية مناسبة للغرض وتُلبي موجز المتطلبات؟

المصطلحات الرئيسة

إدارة المشروع - عملية منظمة للتخطيط والتنظيم والإشراف على المشروع لتلبية متطلبات المشروع بكفاءة وفعالية.

إدارة المسار الحرج - أو CPM، أداة إدارة تُستخدم لتخطيط المشاريع وجدولتها وتنفيذها. تستخدم إدارة المسار الحرج توقيتات ثابتة للأنشطة عند تحديد وإدارة الحد الأدنى من الوقت المطلوب لإنجاز المشروع.

طريقة تقييم ومراجعة برامج المشاريع - أو بيرت، تُستخدم لتخطيط المشاريع وجدولتها وتنفيذها. تتشابه طريقة تقييم ومراجعة برامج المشاريع مع إدارة المسار الحرج من نواح كثيرة ولكنها تراعي عدم اليقين في توقيت الأنشطة، باستخدام التقديرات الأكثر تفاؤلًا والأكثر تشاؤمًا والأرجح لتوليد الأوقات الأكثر احتمالية لإنشاء مسار حرج.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 114 24/06/2025 06:00:04 ص

تمرين تقييمي 20.3 D.P6, D.P7, D.M5, D.D3

راجع وتفكر في الأنشطة العملية التي نفّذتها عند التحقيق في الدوائر التناظرية واستكشافها. وعليك الآن إعداد تقرير موجز يتناول "الدروس المستفادة" في أثناء العملية.

اجمع كل أعمالك للتمرينين التقييمين 20.1 و 20.2 في حافظة واحدة. وراجع الأنشطة نفذتها للتمرينين التقييمين 20.1 و 20.2 وتفكر فيها ودوّن ملاحظات حول ما سار على نحو جيد وما يمكن تحسينه. ثم فكِّر في ما ستفعله بشكل مختلف في المرة القادمة.

أعِد تقريرًا موجزًا عن "الدروس المستفادة" يتضمن الدروس المستفادة من:

- استكشاف الدوائر التناظرية، بما فيها:
  - مهارات الصحة والسلامة، ومنها إدارة مصادر الخطر الكهربائية، والتي قد تشمل الصدمة الكهربائية والإجراءات الطارئة، واستخدام معدات الحماية الشخصية المناسبة والحفاظ على منطقة العمل نظيفة ومرتبة
- مهارات تطوير الدوائر الإلكترونية التناظرية، مثل:
  - تحديد المكونات وخصائصها، والإدخال التخطيطي، والمحاكاة، وأساليب مراقبة الجودة وطرق بناء الدوائر.
- المهارات الهندسية العامة، مثل
  - الرياضيات
  - تفسير الرسومات
  - استخدام تكنولوجيا المعلومات وبرامج CAD.
- أداؤك الشخصي، ويشمل:
  - تخطيط وإدارة الوقت لإنجاز جميع الأنشطة المختلفة في الوقت المناسب وبالترتيب المناسبين
  - مهارات التواصل والتثقف لمتابعة التعليمات وتنفيذها على نحوٍ مناسب، وتوضيح الوثائق والتواصل الفعَّال مع الآخرين كتابيًّا وشفهيًّا
  - الوعي التجاري والوعي بالعملاء للتأكد من أن الدوائر التناظرية مناسبة للغرض وتلبي موجز المتطلبات.

يجب أن يميز تقريرك بوضوح بين الحقائق والآراء.

التخطيط

- ما المهمة المطلوبة؟ ما المطلوب مني؟
- ما مدى ثقتي في قدرتي على إنجاز هذه المهمة؟ هل ثمة أي جوانب قد أواجه صعوبة فيها؟

التنفيذ

- أعرف ما أفعله وما أريد تحقيقه.
- يمكنني معرفة متى أخطأت وتعديل تفكيري/نهجي للعودة إلى المسار الصحيح.

المراجعة

- يمكنني شرح المهمة وكيف تعاملت معها.
- يمكنني شرح كيف سأتعامل مع العناصر الصعبة بشكل مختلف في المرة القادمة.
- يمكنني معرفة متى أخطأت وتعديل تفكيري/نهجي للعودة إلى المسار الصحيح.

المهارات

- التنظيم الذاتي (إدراك ما وراء المعرفة، التدبر، التفكير التأملي)
- المراقبة الذاتية/التقييم/التعزيز

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 115 24/06/2025 06:00:04 ص

فكِّر في المستقبل

أحمد

متدرب مهني في مجال الهندسة الحديثة (السنة الثانية)

تقدمت بطلب للحصول على تدريب مهني لدى شركة تصنيع هندسية كبرى في مسقط رأسي. حيث أعلنت الشركة عن إمكانية تقدُّم الشباب للحصول على تدريب مهني في مجال جديد لإنتاج الطاقة المستدامة. وكانت إحدى الأشياء التي جذبتني هي فرصة كسب أجر مع الاستمرار في التعلم للحصول على مؤهل BTEC.

وثمة فرصة جيدة لي لاستكمال شهادتي التأهيلية الحالية من المستوى 3 إلى التدريب المهني العالي الذي يتضمن دورة للحصول على درجة علمية، إذا نجحت في التدريب المهني.

ما أثار حماسي حقًا هو فرصة العمل في شركة تكنولوجيا ذات سمعة عالمية في ما يخص الجودة. عِلمًا بأن تدريبي المهني يمزج بين التدريب العملي في أثناء العمل وتنمية المهارات العملية. تحتوي ورش العمل التي نستخدمها على أحدث التقنيات. لكن ما لم أتوقعه هو التركيز على العمل ضمن مجموعة وتولي أدوار قيادية. وفي إطار تدريبي، عملت مع خُبراء المجال المتخصصين، وتعلمت الكثير منهم.

لقد تلقيت دعمًا كثيرًا من المديرين والمدربين والمرشدين وزملائي المتدربين.

أحب ممارسة الرياضة في أوقات فراغي. وقد سهّل علي العمل في شركة كبيرة العثور على فرق للعب معها، وخاصةً كرة القدم الخماسية في صالة الألعاب الرياضية.

تركيز مهاراتك

يحتاج المهندس المحترف إلى أكثر من المعرفة والمهارات التقنية لتطوير مسار مهني ناجح. ما هذه المهارات؟

- بصفتك مهندسًا، يجب أن تكون قادرًا على حل المشكلات. لذلك يجب عليك تطوير المهارات لتفسير مجموعة كبيرة من المعلومات واستخدام الإبداع والابتكار للوصول إلى الحلول.
- يجب أن تتحلى بالفضول الفكري والاستعداد لتعلم أشياء جديدة باستمرار. فكر، على سبيل المثال، في مدى سرعة تأثير الذكاء الاصطناعي (AI) في الصناعة والحياة اليومية في السنوات القليلة الماضية. لذلك يحتاج المتدرب اليوم إلى الاستعداد لتطوير مهارات التفكير الناقد والتحليل حتى يتمكن من البقاء في الطليعة.
- يجب عليك اكتساب أخلاقيات عمل جيدة. وهذا يشمل تحمل مسؤولية عملك والتطوير الشخصي. المثابرة ومراعاة الضمير من السمات الرئيسة للمهندس.
- غالبًا ما يعمل المهندسون في فرق مع أشخاص لديهم معارف ومهارات متنوعة. ومِن ثم، ستحتاج إلى تطوير مهارات التعاون والتواصل للعمل مع العملاء وزملاء العمل. قد يتمتع بعض الأشخاص الذين تعمل معهم بخبرة تفوق خبرتك؛ والبعض الآخر قد يكون أقل منك خبرة. ومِن ثم، تحتاج إلى تطوير التعاطف لفهم موقفهم والعمل بفعالية معهم.
- يجب أن يكون المهندسون على دراية بالآثار الاجتماعية والبيئية لعملهم. ومن المهم أن يتعلموا العمل باستقامة ونزاهة.
- ومع تقدمك في حياتك المهنية، ستحتاج إلى تطوير مهارات القيادة والإدارة لدعم فريقك.

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 116 24/06/2025 06:00:06 ص

XXXX-3 Engineering Unit 20_AR.indd 117 24/06/2025 06:00:06 ص

تعرُّف الوحدة

ستستكشف في هذه الوحدة عالم الدوائر الإلكترونية، وهو جانب مهم من الحياة اليومية والصناعات المختلفة. ستزود هذه الوحدة المهندسين الناشئين بالمهارات الأساسية في تقنيات اكتشاف الأعطال واختبارها وإن لم يكونوا خبراء في الإلكترونيات.

ستُركز على كشف التفاصيل الدقيقة لكيفية اختبار الدوائر الإلكترونية التناظرية والرقمية بأجهزة الاختبار، وسنقسِّم المفاهيم المعقدة إلى أجزاء مفهومة.

ستتعلم تقنيات اكتشاف الأعطال العملية ووضع خطط اختبار عملية لتشخيص المشكلات، وذلك بدءًا من المكونات الأساسية ووصولًا إلى المكونات الأكثر تقدمًا. هذه ليست وحدة نظرية، إذ عليك قياس الدوائر الحقيقية واختبارها لتفهم جيِّدًا كيفية حدوث الأعطال وكيفية إصلاحها.

ويمكن أيضًا نقل المهارات التي تطورها إلى مجالات مختلفة، مثل الطيران والسيارات والصوت والفيديو والاتصالات اللاسلكية وأجهزة التحكم الصناعية وأتمتة المصانع. تهدف هذه الوحدة إلى تأهيلك وتحضيرك لاغتنام الفرص المتميزة؛ سواء بالعمل فنيًا كهربائيًا أو إلكترونيًا، أو التعمق في التدريب أو التدريب المهني أو التقدم إلى مرحلة التعليم العالي.

التقييم

ستُقَيَّم بسلسلة من الواجبات التي يحددها مُعلمك.

كيفية إجراء التقييم

ستُقَيَّم هذه الوحدة بسلسلة من المهام المقيّمة داخليًا التي يحددها معلمك. في أثناء دراستك لهذه الوحدة، ستجد أنشطة عبارة عن تمارين تقييمية تساعدك على إنجاز تقييمك بنجاح. وإنجاز هذه الأنشطة لا يعني أنك قد حصلت على درجة معينة، بل يعني أنك قد نفذت بحثًا أو تدريبًا مفيدًا سيكون مناسبًا عند إنجاز واجبك النهائي.

من أجل تنفيذ المهام المحددة في واجبك، من المهم التأكد من أنك قد استوفيت جميع معايير التقييم. ويمكنك تحقيق ذلك بالعمل على الواجبات التي تُكلَّف بها.

إذا كنت تهدف إلى تحقيق درجة التفوق أو الامتياز، فيجب عليك التأكد من تقديم المعلومات في واجبك بالأسلوب الذي يتطلبه معيار التقييم ذي الصلة. فعلى سبيل المثال، يتطلب معيار التفوق منك التحليل، بينما يتطلب معيار الامتياز منك التقييم.

ستتألف الواجبات التي حددها معلمك من عدد من المهام المُصممة لتلبية المعايير الواردة في الجدول، ومن المحتمل أن تأخذ شكل تقارير مكتوبة، ولكنها قد تشمل أيضًا أنشطة مثل:

- تجارب عملية تتناول مجموعة من تقنيات القياس الإلكتروني
- تطبيق النظريات في أعمال المشروع الواقعي، ويشمل ذلك تصميم الدوائر الإلكترونية وبناؤها واختبارها.
- حل المشكلات بتطبيق تقنيات اكتشاف الأعطال لتحديد المشكلات في الدوائر المعطلة وحلها.

معايير التقييم

يوضح لك هذا الجدول ما يجب عليك القيام به من أجل الحصول على درجة النجاح أو التفوق أو الامتياز، وأين يمكنك العثور على أنشطة لمساعدتك.

النجاح	التفوق	الامتياز
نتاج التعلم أ استكشاف الميزات التشغيلية لأجهزة الاختبار الإلكترونية الشائعة المستخدمة لقياس الإشارات واختبارها في الدوائر الإلكترونية.		
A.P1 شرح الميزات التشغيلية لما لا يقل عن ستة أجهزة قياس واختبار الدوائر التناظرية والرقمية. **تمرين تقييمي 21.1**	**A.M1** مقارنة الميزات التشغيلية لما لا يقل عن ستة أجهزة مختلفة لقياس واختبار الدوائر التناظرية والرقمية. **تمرين تقييمي 21.1**	**A.D1** تقييم الميزات التشغيلية لما لا يقل عن ستة أجهزة مختلفة لقياس واختبار الدوائر التناظرية والرقمية باستخدام لغة صحيحة تقنيًا، وتحديد كيفية ضمان نتائج دقيقة. **تمرين تقييمي 21.1**
نتاج التعلم ب دراسة تقنيات اكتشاف الأعطال وخطط الاختبار المستخدمة عند قياس الدوائر الإلكترونية واختبارها		
B.P2 شرح طريقتين مناسبتين لاختبار الأعطال في دوائر تناظرية ورقمية معينة. **تمرين تقييمي 21.2** **B.P3** إعداد خطة اختبار منطقية لاكتشاف الأعطال في دائرتين تناظريتين ودائرتين رقميتين، تحتوي كلٌ منها على أقل من أربع مراحل. **تمرين تقييمي 21.2**	**B.M2** إعداد خطة اختبار فعالة لاكتشاف الأعطال في دائرتين تناظريتين ودائرتين رقميتين، تحتوي كلٌ منها على أقل من أربع مراحل، ومقارنة تقنيات الاختبار. **تمرين تقييمي 21.2**	**BC.D2** تحسين خطة اختبار اكتشاف الأعطال وتنفيذ تحديد الأعطال بشكل صحيح وآمن في دائرتين تناظريتين ودائرتين رقميتين، تحتوي كلٌ منها على أقل من أربع مراحل، وتبرير فعالية عمليات الاختبار وأي تحسينات أخرى يجب إجراؤها. **تمرين تقييمي 21.2**
نتاج التعلم ج إجراء القياسات والاختبارات على الدوائر الإلكترونية التناظرية والرقمية لتحديد الأعطال بأمان		
C.P4 تحديد الأعطال على نحوٍ صحيح وآمن في دائرة تناظرية واحدة على الأقل. **تمرين تقييمي 21.2** **C.P5** تحديد الأعطال على نحوٍ صحيح وآمن على الأقل في دائرة منطقية توافقية واحدة أو دائرة منطقية تسلسلية واحدة، تحتوي كلٌ منهما على أقل من أربع مراحل. **تمرين تقييمي 21.2**	**C.M3** تحديد الأعطال على نحوٍ صحيح وفعال في دائرتين تناظريتين بأمان، وتسجيل النتائج بدقة. **تمرين تقييمي 21.2** **C.M4** تحديد الأعطال على نحوٍ صحيح، وآمن، وفعَّال في دائرة منطقية توافقية واحدة وأخرى تسلسلية، تحتوي كلٌ منهما على أقل من أربع مراحل، وتسجيل النتائج بدقة. **تمرين تقييمي 21.2**	
نتاج التعلم د مراجعة قياس واختبار الدوائر الإلكترونية وتقييم الأداء الشخصي		
D.P6 شرح كيفية تطبيق مهارات الصحة والسلامة والقياس والاختبار والهندسة العامة بفعالية عند اكتشاف أعطال الدوائر. **تمرين تقييمي 21.3** **D.P7** شرح كيفية التطبيق الفعَّال للسلوكيات المناسبة في أثناء قياس الدوائر واختبارها. **تمرين تقييمي 21.3**	**D.M5** التوصية بإدخال تحسينات على قياس الدوائر واختبارها، وعلى السلوكيات المُطبقة ذات الصلة. **تمرين تقييمي 21.3**	**D.D3** الإبداء المستمر لفهم تقني وتحليل جيد لقياس الدوائر الإلكترونية واختبارها، يشمل تطبيق السلوكيات المناسبة والمهارات الهندسية العامة وفق مستوى احترافي. **تمرين تقييمي 21.3**

بدء النشاط

ناقش في المجموعات جهازًا أو أداة إلكترونية واحدة لا يمكنك الاستغناء عنها في حياتك اليومية وكيف تعتقد أن القياس والاختبار الإلكترونيين أديا دورًا في تطويرها أو فعاليتها.

نتاجات التعلم

ستتعلم في هذه الوحدة:

أ استكشاف الميزات التشغيلية لأجهزة الاختبار الإلكترونية الشائعة المستخدمة لقياس الإشارات واختبارها في الدوائر الإلكترونية.

ب} دراسة تقنيات اكتشاف الأعطال وخطط الاختبار المستخدمة عند قياس الدوائر الإلكترونية واختبارها

ج } إجراء القياسات والاختبارات على الدوائر الإلكترونية التناظرية والرقمية لتحديد الأعطال بأمان

د } مراجعة قياس واختبار الدوائر الإلكترونية وتقييم الأداء الشخصي

أ } استكشاف الميزات التشغيلية لأجهزة الاختبار الإلكترونية الشائعة المستخدمة لقياس الإشارات واختبارها في الدوائر الإلكترونية

المهارة

- التفسير

في مجال الإلكترونيات، من الضروري فهم كيفية عمل أجهزة الاختبار. فنحن لا نستخدمها إلا بعد تحديد ما نحتاج إلى قياسه، فمثلًا يكون للجهد شكلين رئيسين: جهد تيار مستمر (DC) وجهد تيار متناوب (AC). وكذلك التيار يمكن أن يكون إما تيارًا متناوبًا وإما تيارًا مستمرًا.

تراعي أجهزة الاختبار عوامل مثل **معاوقة الدخل والخرج** لضمان الحصول على قراءات دقيقة دون التأثير في الدوائر. ويجب أن نُتقِن تفسير شاشات العرض التناظرية أو الرقمية، اعتمادًا على متطلبات المشروع. يجب أن نكون حذرين بشأن مشكلات اختلاف المنظر (التزيّغ)، خاصةً مع شاشات العرض التناظرية، وذلك لأجل الحفاظ على الدقة.

بصفتك مهندسًا، ستنظر في أجهزة الاختبار التناظرية أو الرقمية التي تناسب أكثر مشروعك أو مشكلتك المحددة. وعند اختيار أجهزة الاختبار المناسبة، ستقوم بموازنة السرعة والتحكم بالاختيار بين تحديد النطاق التلقائي أو الاختيار اليدوي، ما يضمن القياسات الدقيقة والتعامل الفعال مع المشروع.

المصطلح الرئيس

معاوقة الدخل والخرج - تشير معاوقة الدخل إلى المقاومة التي يتعرض لها مصدر الإشارة في أثناء إرسال إشارة إلى الجهاز، أما معاوقة الخرج فتشير إلى المقاومة التي تواجهها الإشارة عند الخروج من الجهاز. تحدد معاوقة الدخل سهولة قبول الإشارة، بينما تؤثر معاوقة الخرج في كفاءة توصيل الإشارة إلى المراحل اللاحقة. وهذه العوامل مهمة في بناء دوائر إلكترونية فعالة.

الميزات التشغيلية لأجهزة القياس النموذجية

بحث

كيف تسهم الميزات التشغيلية لأجهزة الاختبار الإلكترونية الشائعة في القياس الدقيق للإشارات واختبارها في الدوائر الإلكترونية؟ وكيف يمكن للمهندسين تحسين استخدام هذه الأجهزة للتعامل مع المشاريع بكفاءة؟

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 120 24/06/2025 06:03:35 ص

أجهزة القياس متعددة النطاقات (ملتيمتر)

أجهزة القياس متعددة النطاقات من أهم الأجهزة التي نستخدمها في الإلكترونيات. فهي توفر المرونة لأنها أدوات شاملة لقياس مختلف المعلمات الكهربائية. ويستخدمها المهندسون والفنيون الإلكترونيون في الغالب في مراحل تصميم المشاريع و**اختبارها** وحل مشكلاتها.

نصائح للسلامة

ابدأ دائمًا بقراءة دليل الشركة المصنعة لجهاز الاختبار المحدد الذي تستخدمه. وتعرَّف ميزاته التشغيلية واحتياطات السلامة والإجراءات الموصى بها.

يستخدم المهندسون الملتيميتر من أجل:

- قياس الجهد، وعرض قياسات دقيقة لفروق الجُهد داخل الدوائر
- قياس التيار الكهربائي، ما يساعد على منع الأحمال الزائدة وضمان ظروف تشغيل الدائرة العادية
- قياس المقاومة وتحديد المكونات المعطلة و**التحقق** من أن قيم المقاوم تتوافق مع مواصفات تصميم الدوائر
- إجراء اختبار الاستمرارية وفحص اكتمال الدائرة وتحديد مشكلات مثل الدوائر المفتوحة.

تتمتع الموديلات الأحدث من أجهزة الملتيميتر أيضًا بالقدرة على اختبار الصمام الثنائي (الدايود) لتقييم وظائفه، وتقدّم النماذج المتطورة إمكانات اختبار الترانزستور. وتؤدي إمكانية التكيف بين النطاق التلقائي والاختيار اليدوي للنطاق إلى تحسين دقة القياس، ما يجعل أجهزة الملتيميتر أدوات لا غنى عنها للمحترفين المشاركين في تصميم الدوائر الإلكترونية واختبارها وصيانتها. ويؤكد تعدد استخداماتها وطبيعتها السهلة الاستخدام مكانتها بوصفها أجهزة أساسية في مجموعة أدوات المهندس.

نصائح للسلامة

احرص على استخدام جهاز الاختبار الصحيح للمهمة المُكلف بها، لإن الأجهزة المختلفة قادرة على قياس المعلمات المختلفة مثل الجهد والتيار والمقاومة وما إلى ذلك. واستخدام الجهاز الخطأ يمكن أن يؤدي إلى قراءات غير دقيقة أو تلف الجهاز أو الدائرة.

تتوافر أجهزة الملتيميتر في إصدارات تناظرية ورقمية، ما يوفر للمستخدمين المرونة في اختيار نوع العرض الذي يناسب احتياجاتهم.

تستخدم أجهزة الملتيميتر التناظرية مؤشرات متحركة للإشارة إلى القياسات، وهذا يوفر تمثيلًا مرئيًا للمعلمات الكهربائية.

وتعرض أجهزة الملتيميتر الرقمية قيمًا عددية على شاشة رقمية، ما يوفر قراءات مضبوطة بدقة عالية.

ويتيح تنوع النماذج بين **التناظرية والرقمية** للمهندسين والفنيين اختيار النموذج الأنسب، بناءً على تفضيلاتهم والمتطلبات المحددة لمشاريعهم. تُظهر الصورة أدناه ملتيميتر تناظري، ويعرض الشكل 21.1 ملتيميتر رقمي.

المصطلحات الرئيسة

الاختبار - تقييم أو تقدير أداء أو جودة أو وظيفة شيء ما.

التحقق - تأكيد أو تقييم دقة أو حقيقة شيء ما.

تناظري ورقمي- الإلكترونيات التناظرية والرقمية أساسية في الهندسة الإلكترونية. يتعامل التناظري مع الإشارات المستمرة عبر تغير الجهد أو التيار، بينما يعالج الرقمي الإشارات الثنائية المنفصلة (التشغيل أو الإيقاف). وكلاهما حيوي في التكنولوجيا الحديثة: التناظري للصوت وأجهزة الاستشعار والاتصالات؛ والرقمي لأجهزة الحاسوب والهواتف الذكية ومعالجات الإشارات.

موضوعات ذات صلة

لمزيد من المعلومات حول الأجهزة الرقمية والتناظرية، راجع **الوحدة 23: الأنظمة الإلكترونية التناظرية والرقمية**.

المهارات

- المثابرة

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 121 24/06/2025 06:03:35 ص

◄ ملتيميتر تناظري شائع.

الشكل 21.1 ملتيميتر رقمي شائع.

نصائح للسلامة

افحص جهاز الاختبار قبل الاستخدام بحثًا عن أي علامات تلف أو تآكل. وافحص المجسات والكوابل والموصلات بحثًا عن الأسلاك المهترئة أو المكشوفة. ولا تستخدم المعدات المتلفة، لأنها يمكن أن تشكل مصدر خطر على السلامة.

◄ ملتيميتر رقمي لقياس معاوقة الدخل أو الخرج.

معاوقة الدخل/الخرج

يعد قياس معاوقة الدخل والخرج أمرًا بالغ الأهمية من أجل:

- ضمان التوافق والأداء الأمثل
- الحفاظ على سلامة الإشارة ومنع التلف
- تسهيل استكشاف الأعطال وإصلاحها وتصميم الدوائر الفعال.

تقاس معاوقة الدخل والخرج باستخدام ملتيميتر وفق الخطوات الآتية:

1 **اضبط الملتيميتر**: اختر إعداد المقاومة (Ω — أوم) المناسب لقياسك. مزيد من التوضيح: تُستخدم المقاومة لحساب معاوقة الدخل والخرج في الدوائر الإلكترونية لأن المعاوقة تقيس مدى معارضة الدائرة لتدفق التيار المتناوب (AC). تشمل المعاوقة كلًا من المقاومة والممانعة (من المحثات والمكثفات)، لذا فإن معرفة المقاومة تساعدنا على فهم كيفية تعامل الدائرة مع الإشارات. وهذا مهم لضمان النقل الجيد للطاقة وجودة الإشارة، ولمطابقة أجزاء مختلفة من الدائرة بفعالية.

2 **معاوقة الدخل**:
- أ افصل الطاقة: تأكد من إيقاف تشغيل الدائرة.
- ب صل الأسلاك الموصلة: صِل أسلاك الملتيميتر بأطراف الدخل.
- ج اقرأ القياس: تحقق من قيمة المعاوقة المعروضة.

3 **معاوقة الخرج**:
- أ افصل الحمل: أزل أي حمل متصل.
- ب صل الأسلاك الموصلة: صل أسلاك الملتيميتر عبر أطراف الخرج.
- ج اقرأ القياس: تحقق من قيمة المعاوقة المعروضة.

4 **الاعتبارات**:
- أ الدقة: استخدم نطاقًا مناسبًا للحصول على قراءات دقيقة.
- ب الطاقة والتردد: راعي حالة الطاقة وتأثيرات التردد في المعاوقة.

5 **تفسير النتائج** : قارن القيم المقاسة بتوقعات استكشاف الأعطال وإصلاحها أو التحقق من تصميم الدوائر.

تشغيل الملتيميتر

تشمل قراءات الملتيميتر، سواء كان تناظريًا أو رقميًا، فهم وقت الاستجابة والدقة. وتوضح شاشات العرض التناظرية وقت الاستجابة بإظهار مدى سرعة استقرار المؤشر، ولكنها أقل دقة بسبب التفسير البشري. وتتميز الشاشات الرقمية بسرعة التحديث، ما يوفر قراءات رقمية دقيقة تتأثر بجودة الجهاز واستقرار الدائرة.

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 122 24/06/2025 06:03:37 ص

وبمقارنة **القراءات الفورية**، توفر الشاشات التناظرية تمثيلًا في الوقت الفعلي، بينما تُحدِّث الشاشات الرقمية بشكل منفصلة. تفيد الشاشات الرقمية في عرض التغييرات السريعة، بينما تفيد شاشات العرض التناظرية أكثر في مراقبة الاتجاهات. ويعتمد اختيار الملتيميتر على وقت الاستجابة ومعدل التحديث والدقة وتفضيل المستخدم.

يمكن أن تؤثر مشكلات اختلاف المنظر في دقة أجهزة الملتيميتر التناظرية نتيجة التحولات الواضحة في المؤشر بسبب عدم مواءمة نقطة المشاهدة. لتقليل الأخطاء:

- ضع عينك مباشرةً في خط واحد مع المؤشر والمقياس
- تأكد من أن شاشة الملتيميتر متعامدة مع خط رؤيتك.

اقرأ القياس عندما يتطابق المؤشر مع المقياس، وليس عندما يكون بينهما زاوية.

المصطلح الرئيس

القراءات الفورية - عرض القياسات في الوقت الفعلي على الملتيميتر وتحديثها باستمرار مع تغير القياسات. يقارن السياق المقدم الحركة المستمرة للمؤشر على شاشات العرض التناظرية مع التحديثات الرقمية على شاشات العرض الرقمية.

قياس الجهد والتيار والمقاومة

الجهد (تيار مستمر / تيار متناوب)

جهد التيار المستمر: أدر القرص إلى V بخط مستقيم (للتيار المستمر). صِل السلك الأسود بمقبس COM والسلك الأحمر بمقبس VΩmA، على النحو الموضح في الصورة. تأكد من قياس الجهد عن طريق وضع الملتيميتر عبر المكون.

نصائح للسلامة

قبل إجراء أي توصيلات أو تعديلات، تأكد دائمًا من فصل الكهرباء عن الدائرة التي يجري اختبارها. سيساعد ذلك على منع الصدمات الكهربائية وتلف جهاز الاختبار.

◄ **ملتيميتر رقمي لقياس جهد التيار المستمر عن طريق قياس الجهد عبر المكون.**

جهد التيار المتناوب: أدر القرص إلى V بخط متموج (للتيار المتناوب). صِل السلك الأسود بمقبس COM والسلك الأحمر بمقبس VΩmA على النحو الموضح في الصورة.

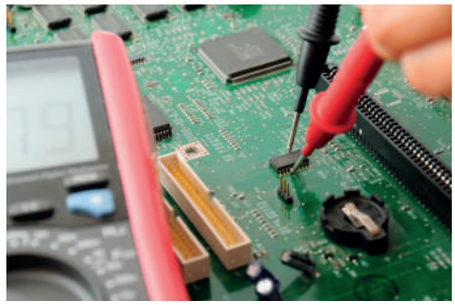
التيار (تيار مستمر / تيار متناوب)

التيار المستمر: أدر القرص إلى A بخط مستقيم (للتيار المستمر) على النحو الموضح في الصورة. صِل السلك الأسود بمقبس COM والسلك الأحمر بمقبس A (المقياس الموضح هو 10 أمبير). تذكر قطع الدائرة وتوصيل الملتيميتر بالتسلسل.

التيار المتناوب: إذا كنت تقيس التيار المتناوب، فاستخدم الإعدادات نفسها ولكن تأكد من ضبط القرص على النطاق المناسب للتيار المتناوب.

نصائح للسلامة

لا تتجاوز الحد الأقصى للجهد أو التيار أو المقاومة في جهاز الاختبار. فالتحميل الزائد يمكن أن يؤدي إلى إتلاف الجهاز وتهديد السلامة.

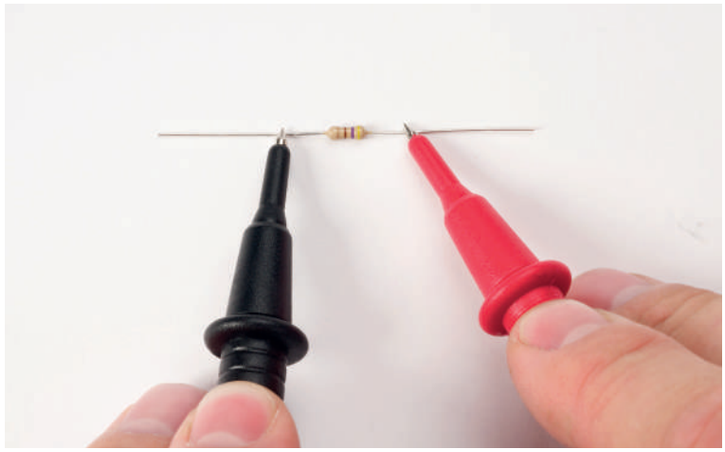


◄ **ملتيميتر رقمي مُعَدٌّ لقياس التيار المستمر عن طريق توصيل المقياس بالتسلسل مع الدائرة.**

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 123 24/06/2025 06:03:38 ص

المقاومة

أدر القرص إلى رمز Ω (للمقاومة) على النحو الموضح في الصورة. صِل السلك الأسود بمقبس COM والسلك الأحمر بمقبس VΩmA. تأكد من قياس المقاومة عن طريق وضع الملتيميتر عبر المقاوم.



◀ **ملتيميتر رقمي لقياس المقاومة يقيس أيضًا المقاومة عبر المقاوم.**

الاستمرارية

استخدم الإعداد ذو رمز الموجة الصوتية (للاستمرارية). صِل السلك الأسود بمقبس COM والسلك الأحمر بمقبس VΩmA.

اختبار الدايود

استخدم الإعداد ذو رمز دايود (⊣▶–). صِل السلك الأسود بمقبس COM والسلك الأحمر بمقبس Ω على النحو الموضح في الصورة.

السعة الكهربائية

إذا كنت تقيس السعة، فأدِر القرص إلى الإعداد بالحرف 'F' (الذي يعبر عن الفاراد، وحدة السعة). صِل السلك الأسود بمقبس COM والسلك الأحمر بمقبس VΩmA.

احرص دائمًا على اتباع التعليمات الواردة في دليل الشركة المصنعة. وتحلَّ بالحذر عند ضبط الإعدادات وتوصيل الأسلاك. فالإعدادات والتوصيلات الخاطئة قد تؤدي إلى قراءات غير صحيحة وقد تتلف الملتيميتر أو الدائرة التي تختبرها.

تشغيل راسم الذبذبات ذو حزمة الإشعاع المزدوجة

راسم الذبذبات بالأشعة المهبطية

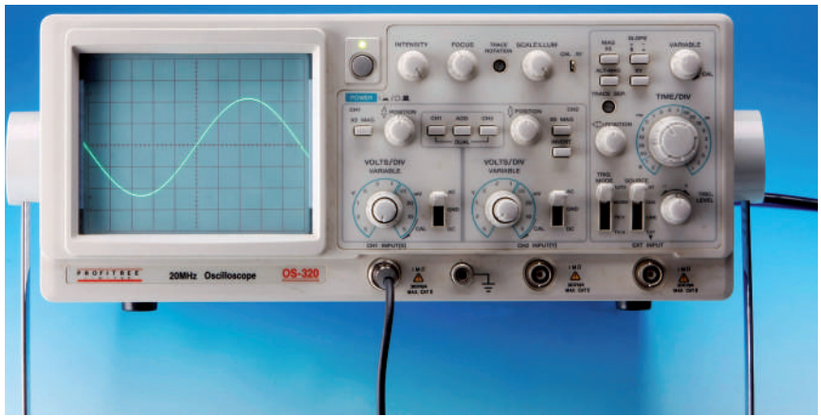
راسم الذبذبات، الذي يُطلق عليه أحيانًا اسم المذباب فقط، هو جهاز اختبار يساعد على قياس كيفية تغير الجهد بمرور الوقت. ولراسمات الذبذبات تطبيقات متعددة عندما يتعلق الأمر بالإلكترونيات، مثل تصميم الإلكترونيات واختبارها وإصلاحها. إذا كان لا بد من وجود أداة واحدة فقط في المختبر، فهي على الأغلب راسم الذبذبات. إنه فعال جدًا في إظهار كيفية تغير الجهد في نمط متكرر، مثل الموجة.

وراسمات الذبذبات ذات التخزين الرقمي الأحدث يمكن أن تعرض لنا أنواعًا أخرى من الأنماط. حيث تشتمل على ميزات إضافية، مثل القياس التلقائي لأشياء مثل ذروة الجهد أو التردد، والنظر إلى الإشارات الرقمية بمزيد من التفصيل وحتى تحليل الإشارات بطريقة مختلفة، على غرار محلل الطيف. تُظهر الصور الموجودة في الصفحة التالية راسم الذبذبات الشائع ثنائي القناة وراسم الذبذبات الرقمي الحديث الذي يشيع استخدامه في الصناعة والتعليم.

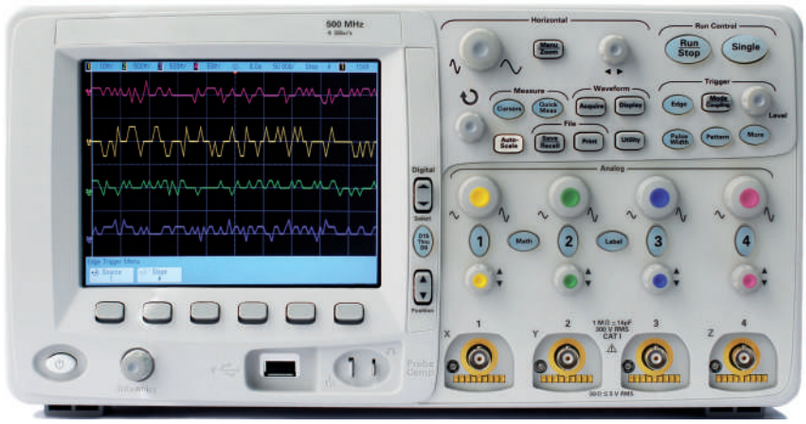
فكِّر مليًّا

عند الاختيار بين تحديد النطاق التلقائي والاختيار اليدوي للنطاق في ملتيميتر، كيف يؤثر اختيارك في دقة وكفاءة قياساتك؟ ما العوامل التي تراعيها لتحقيق التوازن الصحيح بين السرعة والتحكم من أجل التعامل الفعال مع المشروع؟

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 124 24/06/2025 06:03:40 ص



◄ راسم ذبذبات ثنائي القناة يشيع استخدامه في عرض الإشارات الكهربائية.



◄ راسم ذبذبات رقمي يشيع استخدامه في عرض الإشارات الإلكترونية في مجالي الصناعة والتعليم.

المهارات

- التحليل

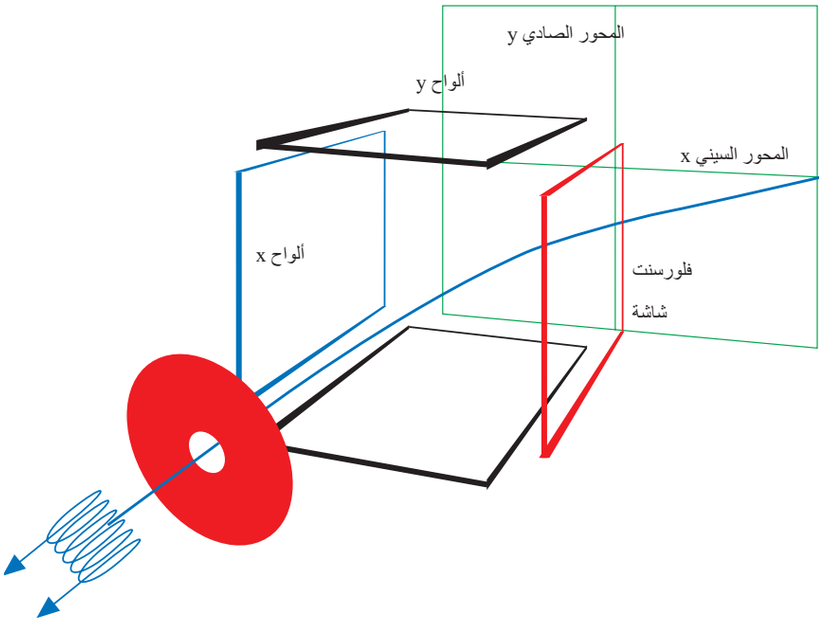
صمام الأشعة المهبطية

يوجد داخل راسم الذبذبات جزء محدد يسمى صمام الأشعة المهبطية (الكاثود). تخيله مصدرًا صغيرًا، لكنه قوي، للضوء. عند تشغيل راسم الذبذبات، يبدأ صمام الأشعة المهبطية في العمل فورًا عن طريق تسخين الإلكترونات وإطلاقها. تُوجَّه هذه الإلكترونات نحو الشاشة، فتصطدم بطبقة فوسفورية على سطح الشاشة. يؤدي هذا التصادم إلى ظهور بقعة متوهجة (عادةً ما تكون خضراء) على الشاشة. تتحرَّك هذه البقعة على الشاشة وفق التعليمات التي تتلقاها من راسم الذبذبات عادةً، وهذه التعليمات يصدرها الإنسان.

كيف ينحرف الشعاع

داخل راسم الذبذبات، توجد لوحات تعرف باسم لوحات الانحراف. تتحكم هذه اللوحات في حركة البقعة المتوهجة على الشاشة. وتعتبر مسؤولة عن اتجاه البقعة المتوهجة ومدى سرعة انتقالها. هناك مجموعتان من لوحات الانحراف: واحدة لتحريك البقعة لأعلى وأسفل (الانحراف الرأسي) على المحور الصادي (y) والأخرى لتحريكها يسارًا ويمينًا (انحراف أفقي) على المحور السيني (x). وبعملها معًا، يمكن لنا وضع البقعة المتوهجة بدقة على الشاشة.

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 125 24/06/2025 06:03:41 ص



الشكل 21.2 رسم توضيحي لعملية انحراف الشعاع داخل صمام الأشعة المهبطية.

عندما نعدل عناصر التحكم في راسم الذبذبات، فإننا في الواقع نعدل المجالات الكهربائية الناتجة عن لوحات الانحراف هذه. تعمل هذه المجالات الكهربائية مثل الأيدي الخفية، حيث توجه بلطف البقعة المتوهجة إلى المكان الذي نريد أن تهبط فيه على الشاشة.

بضبط الإعدادات بعناية، يمكننا جعل البقعة المتوهجة تتبع شكل الإشارات الكهربائية التي ندرسها. وهذا يشبه رسم صورة على شاشة راسم الذبذبات، ولكن بدلًا من استخدام قلم الرصاص، نستخدم المجالات الكهربائية للتحكم في حركات البقعة. يوضح الشكل 21.2 انحراف الشعاع.

كيف تقرأ التمثيل الشبكي (غراتيكول)؟

فكر في شاشة راسم الذبذبات على أنها ورقة رسم بياني كاملة وأن الخطوط الأفقية والعمودية تنشئ شبكة. هذه الشبكة، المعروفة باسم غراتيكول، ضرورية لقياس الإشارات الكهربائية المعروضة على شاشة راسم الذبذبات بدقة. تمثل الخطوط العمودية على الغراتيكول مستوى جهد مختلفًا، وتساعدنا هذه الخطوط على قياس مدى ارتفاع أو انخفاض البقعة المتوهجة على الشاشة، ما يشير إلى قوة الإشارة الكهربائية. وعلى شاكلة مماثلة، تشير الخطوط الأفقية على الغراتيكول إلى مرور الوقت. وتساعدنا على قياس الوقت الذي تتحرك فيه البقعة المتوهجة عبر الشاشة، وهذا يوضح لنا توقيت الإشارة الكهربائية.

من خلال حساب عدد الخطوط الرأسية والأفقية التي تتحرك بها البقعة المتوهجة، يمكننا تحديد قيم الجهد والوقت للإشارة الكهربائية. فعلى سبيل المثال، عندما تتحرك البقعة لأعلى بثلاثة خطوط عمودية ثم تتحرك يمينًا بخطين أفقيين، فإن هذه الحركة تبيّن أن للإشارة جهد من ثلاث وحدات وتحدث في إطار زمني معين.

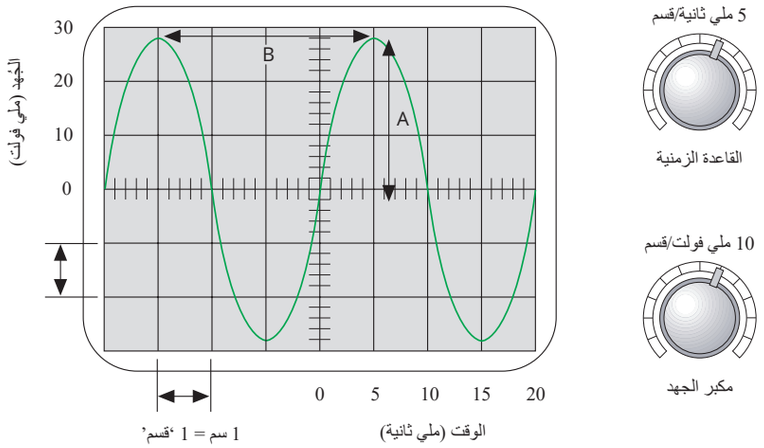
عادةً ما يوفر راسم الذبذبات عناصر تحكم لتعديل مقياس الغراتيكول، ما يمكننا من التكبير أو التصغير للحصول على منظور أوضح للإشارة. تساعدنا هذه الميزة على إجراء قياسات وملاحظات أكثر دقة.

إن فهم كيفية قراءة الرسم البياني يشبه تعلم قراءة الخريطة - فهو يزودنا بمعلومات قيمة حول تضاريس الإشارة الكهربائية، ما يساعدنا على التنقل وفهم خصائصها بفعالية أكبر. يمكن رؤية رسم توضيحي للغراتيكول في الشكل 21.3.

المهارات

- حل المشكلات
- القدرة على التكيف

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 126 24/06/2025 06:03:41 ص



الشكل 21.3 رسم توضيحي لغراتيكول راسم الذبذبات.

ميزات راسم الذبذبات

القاعدة الزمنية

تُنظم **القاعدة الزمنية** المحور الأفقي للشاشة، وتصور الوقت. وتُمكّن المستخدم من تعديل المدى الزمني المعروض لكل قسم أفقي على الشاشة. ويعد هذا الضبط الدقيق ضروريًا لالتقاط وفحص الإشارات بترددات مختلفة. على سبيل المثال، يعد ضبط القاعدة الزمنية لإظهار الثانية أو المللي ثانية أو الميكروثانية في كل قسم أمرًا نموذجيًا، اعتمادًا على تردد الإشارة.

السعة (التضخيم)

تمثل **السعة** حجم أو قوة الإشارة التي يجري تقييمها، وعادةً ما تُصور على المحور الرأسي لشاشة راسم الذبذبات. يتيح ضبط السعة للمستخدمين تعديل مقدار الجهد المعروض لكل قسم رأسي على الشاشة. وهذا الضبط الدقيق يساعد على التحجيم المناسب للشكل الموجي حتى يتناسب مع الشاشة، ما يسهل القياس الدقيق لمستويات الجهد.

مجس راسم الذبذبات

يعمل مجس راسم الذبذبات وسيطًا بين دائرتك وراسم الذبذبات. فهو أداة تربط راسم الذبذبات بالجهاز أو الدائرة التي تختبرها، فيتيح بذلك القياس الدقيق للأشكال الموجية للجهد. وعادةً ما يتكون من كبل ذو طرف مزود بموصل لتوصيله براسم الذبذبات، ويحتوي الطرف الآخر على رأس مجس أو مشبك للتوصيل بنقطة اختبار الدائرة.

من الاعتبارات الحاسمة عند استخدام مجسات راسم الذبذبات تعديل السعة لمنع التعويض الناقص أو الزائد. ويضمن هذا التعديل أن المجس يعكس بدقة الإشارة المقاسة دون تشويه. عندما يتصل المجس بدائرة، فإنه يُدخل بعض السعة التي يمكن أن تؤثر في دقة القياس، خاصةً عند الترددات العالية.

يحدث نقص التعويض عندما تكون سعة المجس منخفضة جدًا بالنسبة للتردد المقاس، ما يؤدي إلى أشكال موجية مشوهة، خاصة مع الإشارات السريعة. ويحدث التعويض الزائد عندما تكون سعة المجس عالية جدًا، ما يؤدي إلى تجاوز الحد أو رنين في الشكل الموجي.

المصطلحات الرئيسة

القاعدة الزمنية - في راسمات الأشعة المهبطية، تؤدي القاعدة الزمنية دورًا مهمًا في تمثيل الوقت على طول المحور الأفقي. فتنظيم السرعة التي يتحرك بها شعاع الإلكترون عبر الشاشة يؤثر مباشرةً في الفترات الزمنية المعروضة. ويسمح تعديل القاعدة الزمنية للمستخدمين بمراقبة ترددات الإشارات والمدد المختلفة، ما يجعلها ضرورية لتحليل وقياس الشكل الموجي بدقة داخل الدوائر والأنظمة الإلكترونية.

السعة - تحدد المقياس الرأسي للشكل الموجي المعروض، وهذا يدل على حجم الإشارة الكهربائية التي تخضع للملاحظة. ويتيح تعديل التحكم في السعة للمستخدمين مراقبة مستويات الجهد وقياسها بدقة في الإشارات.

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 127 24/06/2025 06:03:41 ص

مجس راسم ذبذبات نموذجي.

المصطلحات الرئيسة

المعايرة - الطريقة المستخدمة للتحقق من صحة ودقة نتائج القياس المعروضة على الشاشة. ويستلزم ذلك ضبط الإعدادات المختلفة مثل الجهد والقاعدة الزمنية والتنشيط للتوافق مع القيم المرجعية المحددة. وتعد المعايرة بالغة الأهمية لدعم موثوقية راسم الذبذبات وضمان القياسات الدقيقة لتشخيص المشكلات وإجراء التحليلات وتجربة الدوائر والأنظمة الإلكترونية.

الضبط الدقيق - إجراء تعديلات أو تحسينات صغيرة من أجل تحقيق النتيجة المرجوة.

عداد LCR - أداة تقيس الحث (L) والسعة (C) والمقاومة (R) في المكونات الإلكترونية.

لمعالجة هذه المشكلات، غالبًا ما تتضمن مجسات راسم الذبذبات آليات تعديل لضبط السعة بدقة. يسمح هذا التعديل للمجس بتعويض نطاق تردد الإشارة المقاسة تعويضًا صحيحًا، ما يضمن قياسات دقيقة وموثوقة. عادةً ما يتضمن هذا الضبط ضبط المسمار الصغير أو مكثف القطع الموجود بالقرب من رأس المجس. تُظهر الصورة أدناه مجس راسم ذبذبات نموذجي.

مُحدد الشكل الموجي

يتيح محدد الشكل الموجي للمستخدمين اختيار الإشارة التي يريدون عرضها على شاشة راسم الذبذبات عند توفر قنوات إدخال متعددة. وهذا مفيد بشكل خاص عند مراقبة الإشارات من مصادر مختلفة في وقت واحد. فمن خلال تحديد الشكل الموجي المطلوب، يمكن للمستخدمين التركيز على تحليل إشارات محددة دون تداخل من الإشارات الأخرى.

مناقشة

كيف يمكن للمهندسين اختيار أجهزة الاختبار الإلكترونية واستخدامها بفعالية لضمان القياسات الدقيقة واستكشاف الأعطال وإصلاحها بكفاءة في الدوائر الإلكترونية؟

اختيار المُحفِّز (تحفيز داخلي وخارجي)

يحدد اختيار المُحفِّز متى يسجل راسم الذبذبات ويعرض الشكل الموجي. في التحفيز الداخلي، يبدأ راسم الذبذبات بالتقاط الإشارة تلقائيًا، متبعًا شروطًا محددة مسبقًا مثل عتبات الجهد أو انتقالات الإشارة. في التحفيز الخارجي، تبدأ عملية التسجيل في راسم الذبذبات بواسطة إشارة خارجية. وهذا مفيد للتنسيق مع الأحداث الخارجية أو فحص الإشارات ذات متطلبات التشغيل المعينة. تؤدي وظيفة المُحفِّز دورًا مهمًا في آلية المزامنة، ما يضمن عرضًا مستقرًا ومتسقًا للشكل الموجي. يحدد المستخدمون مستوى المُحفِّز والمصدر، ويحددون متى يبدأ راسم الذبذبات في التقاط وعرض الأشكال الموجية.

وسائل المعايرة المدمجة

تتضمن راسمات الذبذبات عادةً وظائف **معايرة** مدمجة تهدف إلى ضمان الحصول على قياسات دقيقة. وتسمح هذه الوظائف للأفراد بتأكيد التكوينات الداخلية لراسم الذبذبات و**ضبطها بدقة**، مثل تعديل مقياس الجهد والوقت، للتوافق مع الإشارات أو المعايير المرجعية المعمول بها. تضمن المعايرة الحصول على قياسات دقيقة وموثوقة باستمرار، مع الحفاظ على فعالية ومصداقية راسم الذبذبات طوال عمره التشغيلي. توفر بعض راسمات الذبذبات أيضًا إجراءات معايرة آلية، وهذا يُبسِّط إجراءات المعايرة للمستخدمين.

وقفة للتفكير	قارن وميّز بين الميزات التشغيلية لأجهزة الملتيميتر وراسمات الذبذبات. فكر في كيفية إسهام كل جهاز في قياس وتحليل الجهد والتيار والمقاومة في الدوائر الإلكترونية.
تلميح	فكّر في الاختلافات من حيث أنواع العرض (التناظرية مقابل الرقمية) وتقنيات القياس (الملاحظة المباشرة مقابل ملاحظة الشكل الموجي) بين أجهزة الملتيميتر وراسمات الذبذبات. فكر في كيفية اختلاف قياس المعاوقة وتكوينات الدخل/الخرج بين الجهازين.
توسيع الأفق	ادرس أجهزة القياس المتخصصة بخلاف أجهزة الملتيميتر وراسمات الذبذبات. استكشف أدوات مثل **عدادات LCR** أو أجهزة تحليل الطيف وتطبيقاتها الفريدة في الاختبار والتحليل الإلكتروني.

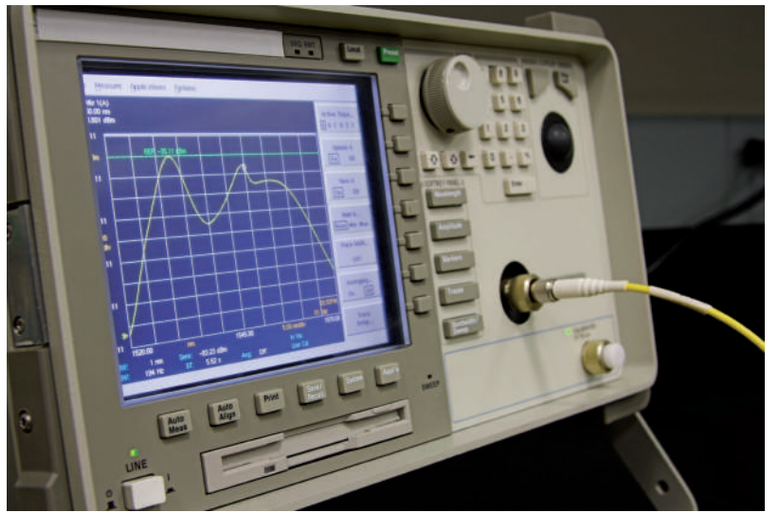
XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 128 24/06/2025 06:03:42 ص

محلل الطيف

محلل الطيف ذو أهمية كبيرة في مجال الإلكترونيات. فهو أداة قيّمة تُستخدم لفحص مجموعة كبيرة من أنواع الإشارات؛ منها الإشارات الكهربائية والإذاعية والصوتية. يعتمد المهندسون والفنيون على أدوات تحليل الطيف لإظهار هذه الإشارات في ما يتعلق بالترددات. وهذا الفهم ضروري لتحديد المشكلات المتعلقة بالإشارات والأجهزة وحلها.

بشكل أساسي، يوضح محلل الطيف قوة الإشارات عند الترددات المختلفة. ولتحقيق ذلك، فإنه ينشئ رسمًا بيانيًا على الشاشة يوضح قوة الإشارة على أحد المحاور والتردد على الآخر. ويساعد هذا التصوير الرسومي المستخدمين على فهم خصائص الإشارة وتحديد ترددات معينة وتحديد أي انحرافات أو اختلالات.

تُستخدم مُحللات الطيف في مجالات متنوعة؛ منها الاتصالات والبث والرادار وهندسة الصوت وتصنيع الإلكترونيات. وتتوافر بأحجام وأشكال مختلفة، بدءًا من الأجهزة المحمولة المدمجة ووصولًا إلى الوحدات الأكبر والأكثر تقدمًا. تقدم مُحللات الطيف الحديثة وظائف محسنة مثل تحليل الإشارات في الوقت الفعلي وإخفاء التردد وقياس الطاقة والاتصال بأدوات أو أجهزة حاسوب أخرى. وتعد ضرورية بشكل خاص للأفراد الذين يعملون مع أنظمة الراديو والصوت والكهرباء. تُظهر الصورة أدناه مُحلل طيف نموذجي.



◀ **محلل طيف نموذجي.**

تحليل التردد المستمر أو المكنوس

يمكن لمحلل الطيف إجراء تحليل التردد المستمر أو المكنوس. في التحليل المستمر، يعمل الجهاز باستمرار على مسح نطاق تردد واسع، ما يوفر بيانات في الوقت الفعلي عن سعة الإشارة عبر الطيف. وهذا الوضع مفيد لمراقبة الإشارات وتحديد مكونات التردد.

في تحليل التردد المكنوس، يعمل المحلل على مسح نطاق تردد معين بمعدل متحكم فيه. وفي أثناء هذا الكنس، يقوم بقياس وعرض سعة الإشارات الموجودة في كل نقطة تردد. يقدم تحليل الكنس معلومات مفصلة حول خصائص الإشارة ضمن نطاق تردد محدد ويشيع استخدامه في تحليل مجال التردد التفصيلي.

التحكم في النطاق الترددي للدخل

يعد التحكم في **النطاق الترددي** للدخل ميزة تُمكّن المستخدمين من ضبط نطاق الترددات التي يفحصها محلل الطيف. وهذه القدرة ضرورية لتوجيه التحليل نحو نطاقات تردد محددة، وتصفية الإشارات أو الضوضاء غير المرغوب فيها بفعالية وتعزيز دقة القياس.

المصطلح الرئيس

النطاق الترددي - نطاق التردد الضروري لقياس الإشارة وعرضها بدقة، مع التأكيد على الحد الأقصى للتردد القابل للاستخدام دون تشويه. وهذه المعلمة ضرورية لإدخال وتحليل الإشارات عالية التردد بدقة. يتيح النطاق الترددي الأوسع تمثيلًا دقيقًا للأشكال الموجية المتغيرة بسرعة، وهو أمر لا غنى عنه لتحليل الإشارات الدقيق وحل المشكلات داخل الدوائر والأنظمة الإلكترونية.

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 129 24/06/2025 06:03:44 ص

المصطلحات الرئيسة

CMOS - أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة؛ تُستخدم في نطاق واسع في المعالجات الدقيقة وشرائح الذاكرة وأجهزة الاستشعار والدوائر الرقمية والتناظرية. وتعد CMOS ركيزة أساسية متعددة الاستخدامات وفعالة في الإلكترونيات الحديثة. حيث تتميز باستخدامها المنخفض للطاقة ومقاومتها القوية للضوضاء والتوافق مع الجهد المتنوع.

TTL - منطق الترانزستور-ترانزستور؛ تقنية دوائر رقمية شائعة الاستخدام في الإلكترونيات. وتعتمد على الترانزستورات ثنائية القطب لتنفيذ وظائف المنطق. وتُعرف دوائر TTL بسرعة التشغيل العالي والتكلفة المنخفضة.

العقد - النقاط التي تتصل فيها المكونات، فتسمح للتيار الكهربائي أو الإشارات بالتدفق. وهي ضرورية لوظيفة الدائرة، لأنها تتيح نقل الطاقة والمعلومات. ولا بد من فهم العقد لتحليل الأنظمة الإلكترونية وتصميمها واستكشاف أعطالها وإصلاحها.

من خلال ضبط النطاق الترددي للدخل، يمكن للمستخدمين تخصيص وظائف المحلل لتناسب سمات الإشارات التي يرغبون في فحصها. ويؤدي تضييق النطاق الترددي إلى زيادة الحساسية للإشارات داخل نطاق التردد المستهدف، بينما يسمح توسيعه بتحليل طيف أكثر شمولًا.

قراءة خرج صمام الأشعة المهبطية (CRT)

عادةً ما يعرض صمام الأشعة المهبطية أو الشاشة الرقمية النتائج من محلل الطيف. حيث تعرض شاشة صمام الأشعة المهبطية بصريًا سعة الإشارة في جميع أنحاء طيف التردد.

يمثل المحور الأفقي لشاشة صمام الأشعة المهبطية التردد، بينما يمثل المحور الرأسي سعة الإشارة. وتشير الذروات على الشاشة إلى وجود إشارات عند ترددات محددة، حيث تتوافق ارتفاعاتها مع سعة الإشارة.

ويمكن للمستخدمين قراءة خرج صمام الأشعة المهبطية لتحديد ترددات الإشارة والسعات وأي مكونات تردد أو اختلالات موجودة في الإشارة المُحلَّلة. إضافة إلى ذلك، يمكن استخدام العلامات أو المؤشرات على الشاشة لقياس معاملات الإشارة، مثل التردد والسعة، بدقة.

أجهزة الاختبار الرقمية

يتطلب فهم الدوائر الإلكترونية الرقمية مهارة في استخدام أدوات خاصة مثل مجسات المنطق ومحللات المنطق. حيث تساعد هذه الأجهزة المهندسين على تحليل كيفية تحرك الإشارات الرقمية في الدوائر المعقدة.

يستخدم المهندسون هذه الأدوات للأغراض الآتية:

- قياس الخرج
- البحث عن التغيرات في دوائر أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة (**CMOS**) ومنطق الترانزستور-ترانزستور (**TTL**)
- ملاحظة كيف تكتشف مجسات حالات المنطق المختلفة.

يُظهر تعرف هذه الأدوات كيف تتحد الملاحظة الدقيقة والمعرفة التقنية للكشف عن كيفية عمل الإلكترونيات الرقمية.

مجس المنطق

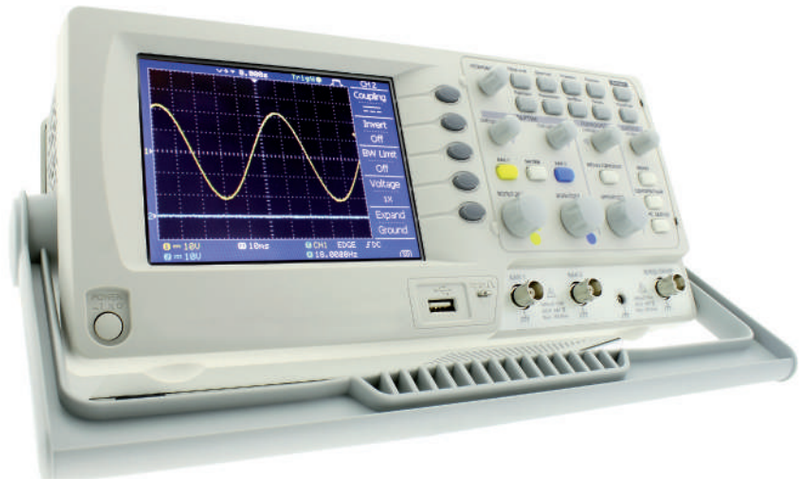
يعمل مجس المنطق بوصفه أداة اختبار إلكترونية أساسية تُستخدم لتحديد وعرض الحالة المنطقية (سواء كانت عالية أو منخفضة) في **عقدة** معينة داخل دائرة رقمية. ويتضمن عادةً مجسًا مع مؤشر ليد ومشبك أرضي، وعند ربطه بنقطة في الدائرة، يضيء مؤشر ليد للإشارة إلى الحالة المنطقية السائدة في ذلك الموقع. تُظهر الصورة أدناه مجس المنطق.

◄ **مجس منطق يُستخدم لاكتشاف الحالة المنطقية.**

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 130 24/06/2025 06:03:45 ص

مُحلل المنطق

في المقابل، يمثل محلل المنطق أداة اختبار أكثر تعقيدًا تُستخدم لاكتساب الإشارات الرقمية وتدقيقها داخل الدوائر الرقمية. إن قدرة مُحللات المنطق على التقاط إشارات متعددة في وقت واحد وتقديمها في مخططات التوقيت أو على شاشات عرض الشكل الموجي قد أثبتت أهميتها الكبرى في تشخيص الأنظمة الرقمية المعقدة والكشف عن المشكلات المتعلقة بتوقيت الإشارة وسلامتها. تُظهر الصورة أدناه محلل منطق حديث.



◄ **محلل منطق حديث.**

نقاط انتقال حالة المنطق

دوائر CMOS

في دوائر CMOS، تتحقق التحولات في الحالات المنطقية عندما يتجاوز جهد الدخل مستوى عتبة محدد مسبقًا. تقليديًا، في إعداد CMOS، يحدث الانتقال من مستوى المنطق المنخفض (صفر) إلى مستوى المنطق العالي (واحد) عندما يتجاوز جهد الدخل العتبة، ويحدث العكس عند الانتقال من العالي إلى المنخفض.

دوائر TTL

من ناحية أخرى، تتعرض دوائر TTL لتغيرات حالة المنطق عند عتبات جهد محددة. فعادةً يتوافق مستوى المنطق المنخفض (صفر) مع الجهد الذي يتراوح من 0 فولت إلى 0.8 فولت، بينما يتوافق مستوى المنطق العالي (واحد) مع الجهد الذي يتراوح بين 2 فولت و5 فولت. ومع ذلك، قد تتغير عتبات الجهد الدقيقة بحسب نوع دوائر TTL المستخدمة.

استجابة المجس بين الحالات الانتقالية

عند الاتصال بنقطة وسط حالتين منطقيتين داخل دائرة رقمية، تتوقف استجابة مجس المنطق على كل من سلوك الدائرة وتصميم المجس. وقد يُظهر حالة وسيطة أو حالة من عدم اليقين في أثناء انتقالات الإشارة، ويومض عشوائيًا بين حالات التشغيل والإيقاف. أما في السيناريوهات التي تتميز بالضوضاء أو عدم استقرار الدائرة، قد يُظهر حالة غير محددة. إذا كانت الإشارة تنتقل بسرعة كبيرة جدًا ولا يمكن اكتشافها بدقة بواسطة المجس، فقد لا يكون من الممكن تحديد إشارة واضحة. إضافة إلى ذلك، يمكن أن تتقلب استجابة المجس اعتمادًا على حساسيته وقدراته على التصفية.

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 131 24/06/2025 06:03:46 ص

الميزات التشغيلية لأجهزة الاختبار الإلكترونية

مزوّد الطاقة ذو التيار المستمر المستقر

يعد مزوّد الطاقة ذو التيار المستمر المستقر، الموضح أدناه، مهمًا حقًا في العديد من أجهزة الاختبار القياسية، خاصةً تلك المستخدمة في الاختبار الإلكتروني. فهو يتأكد من بقاء جهد الخرج أو التيار كما هو، حتى في حالة تغير أشياء مثل جهد الدخل أو مقدار الاتصال به. ويساعد ذلك على الحفاظ على دقة القياسات في أثناء الاختبارات.

◄ **مثال على مزوّد الطاقة ذو التيار المستمر المستقر.**

في ما يأتي بعض الفوائد الرئيسة لاستخدام مزودات الطاقة ذات التيار المستمر المستقر:

- **الاستقرار**: يحافظ مزوّد الطاقة ذو التيار المستمر المستقر على ثبات الخرج؛ وهذا يساعد على الحفاظ على دقة القياس.
- **طاقة التيار المستمر:** على عكس الكهرباء التي تغير الاتجاه طوال الوقت (كما هو الحال في منزلك)، تتدفق كهرباء التيار المستمر بثبات في اتجاه واحد، مثل البطارية. وهذا هو أساس تصميم العديد من الأجهزة الإلكترونية.
- **تنظيم الجهد:** تحتوي مزوّدات الطاقة المستقرة على دوائر تنظيم الجهد للحفاظ على مستويات جهد الخرج الدقيقة.
- **تموج منخفض:** لا تسمح مزوّدات الطاقة المستقرة بالتموج المفرط في الجهد، وهو أمر مهم لتسجيل القياسات الدقيقة.
- **تنظيم الحمل:** تحافظ مزوّدات الطاقة المستقرة على جهد أو تيار خرج ثابت على الرغم من التغييرات في الحمل المتصل، ما يضمن أداءً ثابتًا.
- **آليات الحماية:** تتمتع بميزات تمنع التيار الزائد والجهد الزائد من التدفق، فتحمي بذلك الأجهزة ومزوّد الطاقة نفسه.
- **خرج قابل للتعديل:** توفر مزوّدات الطاقة المستقرة الأكثر شيوعًا جهدًا أو تيارًا قابلًا للتعديل، وهو أمر مفيد للاختبارات المختلفة.

مولد الإشارة المتناوبة

عادةً ما تتضمن معدات الاختبار القياسية، خاصة تلك المستخدمة في الإلكترونيات، وظائف تشغيلية مصممة لتبسيط إجراءات الاختبار والقياس. والعنصر المحوري الموجود في العديد من هذه الأدوات هو مولد الإشارة المتناوبة.

يُعرف هذا الجهاز أيضًا باسم مولد الإشارة، ولديه القدرة على إنتاج إشارات تيار متناوب بترددات وسعات وأشكال موجية مختلفة. تُظهر الصورة أدناه مولد إشارة متناوبة نموذجي.

نصائح للسلامة

بعد الانتهاء من القياسات أو الاختبارات، افصل دائمًا جهاز الاختبار عن مصدر الطاقة قبل إجراء أي تغييرات أو تعديلات.

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 132 24/06/2025 06:03:47 ص

◄ **مولد إشارة متناوبة نموذجي.**

في ما يأتي تفصيل عن ميزاته التشغيلية.

إدارة التردد

من بين القدرات الأساسية لمولد الإشارة قدرته على توليد إشارات تيار متناوب بترددات مختلفة. وتتيح هذه الإمكانية للفنيين والمهندسين تكرار سيناريوهات الواقع الحقيقي المتنوعة وتقييم أداء الدوائر الإلكترونية عبر نطاقات تردد مختلفة.

اختيار الأشكال الموجية

توفر مولدات إشارة التيار المتناوب تنوعًا من خلال إنتاج أنواع مختلفة من الأشكال الموجية، بما في ذلك الموجات الجيبية والموجات التربيعية والموجات المثلثة والأشكال الموجية الأكثر تعقيدًا. وتثبت هذه القدرة على التكيف أنها ضرورية لتقييم استجابات الجهاز في ظل ظروف إشارة متنوعة.

تعديل السعة

لمولد إشارة التيار المتناوب ميزة محورية أخرى هي القدرة على تنظيم السعة أو مستوى الجهد لإشارة التيار المتناوب المولدة. وتسمح هذه الوظيفة للمستخدمين بمحاكاة الإشارات بمقادير مختلفة، ما يضمن تقييم المكونات والدوائر الإلكترونية في ظل ظروف تشغيل مناسبة.

الدقة والاستقرار

توفر مولدات إشارة التيار المتناوب عالية الجودة تحكمًا دقيقًا في التردد والسعة، ما يضمن الدقة في توليد الإشارة. إضافة إلى أنها تُظهر الاستقرار بمرور الوقت، وهذا يخفف من التقلبات التي يمكن أن تؤثر في نتائج الاختبار.

ميزات التعديل

غالبًا ما تشتمل مولدات إشارة التيار المتناوب المتطورة على ميزات تعديل، ما يسمح للمستخدمين بتركيب إشارات إضافية على الموجة الحاملة. وتساعد تقنيات التعديل مثل تعديل السعة (AM) وتعديل التردد (FM) وتعديل الطور (PM) على تقييم أنظمة الاتصالات ودوائر التعديل وإزالة التعديل.

تعديل معاوقة الخرج

قد تسمح مولدات إشارة التيار المتناوب بتعديل معاوقة الخرج لتتناسب مع معاوقة الجهاز قيد الاختبار (DUT). وتساعد مواءمة المعاوقات على منع انعكاسات الإشارة وضمان القياسات الدقيقة، خاصة في التطبيقات عالية التردد.

التنشيط والمزامنة

توفر العديد من مولدات إشارات التيار المتناوب خيارات للتنشيط والمزامنة، ما يسمح بالتحكم الدقيق في توقيت الإشارة والتنسيق مع معدات وأحداث الاختبار الأخرى.

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 133 24/06/2025 06:03:47 ص

نصائح للسلامة

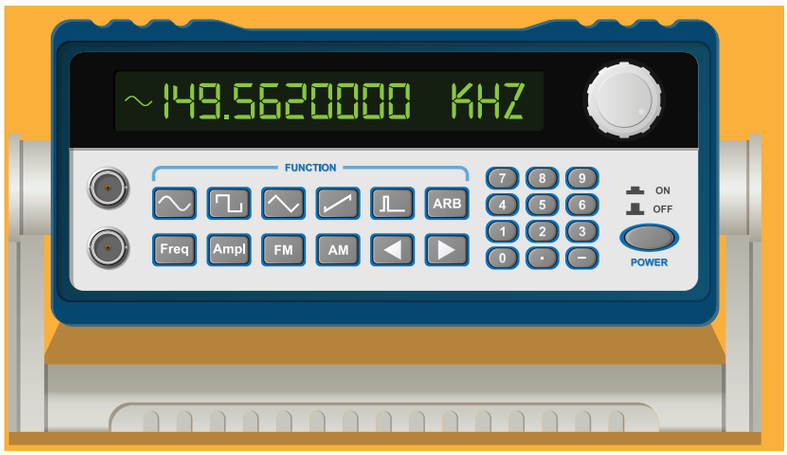
احتفظ بأجهزة الاختبار، عند عدم استخدامها، في بيئة جافة وآمنة، بعيدًا عن الرطوبة والغبار ودرجات الحرارة العالية. حيث إن التخزين المناسب يساعد على الحفاظ على سلامة المعدات ودقتها.

قنوات خرج متعددة

تتميز بعض مولدات إشارة التيار المتناوب بقنوات خرج متعددة، ما يتيح للمستخدمين التوليد المتزامن لإشارات متنوعة أو مزامنة إشارات متعددة في سيناريوهات الاختبار المعقدة.

مولدات النبض الرقمية

تتميَّز أدوات الاختبار القياسية، بما في ذلك مولدات النبضات الرقمية، بخصائص تشغيلية تشمل وظائف وقدرات مدمجة مصممة لتنفيذ مهام اختبار أو قياس محددة بدقة وكفاءة. تُظهر الصورة أدناه مولد نبض رقمي.



◄ **مولد نبض رقمي.**

في ما يأتي مزيد من التفاصيل حول وظائف وقدرات مولدات النبض الرقمية.

توليد الشكل الموجي

تمتلك مولدات النبض الرقمية القدرة على إنشاء أشكال موجية رقمية دقيقة مثل الموجات المربعة أو النبضات أو الأشكال الموجية المخصصة بمستويات جهد وترددات ودورات تشغيل محددة.

نطاق التردد

عادةً ما توفر طيفًا ترديدًا واسعًا، يمتد من الترددات المنخفضة جدًا في نطاق المليهيرتز إلى عدة جيجاهيرتز، ما يسهل الاختبار عبر ترددات إشارة متنوعة.

الدقة والإحكام

تضمن هذه الأدوات مستويات عالية من الدقة والإحكام في توليد شكل موجي، ما يضمن الاختبار والقياس الموثوق للدوائر والأنظمة الإلكترونية.

التحكم بالسعة

يتمتع المستخدمون بالقدرة على ضبط مستويات جهد الخرج في النبضات أو الأشكال الموجية المولدة لتتماشى مع متطلبات الجهاز قيد الاختبار.

التحكم في دورة التشغيل

تسمح مولدات النبض الرقمية بضبط دورات التشغيل بدقة، وهو أمر بالغ الأهمية للتطبيقات التي يكون فيها التحكم الدقيق في نسبة عرض النبض إلى المدة أمرًا ضروريًا.

خيارات التنشيط

توفر مجموعة متنوعة من آليات التنشيط مثل المشغلات الداخلية أو الخارجية أو البرمجية، ما يتيح المزامنة مع معدات الاختبار الأخرى أو الأحداث الخارجية.

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 134 24/06/2025 06:03:48 ص

قدرات التعديل

على غرار مولدات إشارة التيار المتناوب، توفر مولدات النبض الرقمية المتقدمة وظائف التعديل، وهذا يسمح للمستخدمين بتعديل الشكل الموجي للخرج بإشارات مثل تعديل السعة (AM) أو تعديل التردد (FM) أو تعديل الطور (PM).

ذاكرة إعادة تشغيل الشكل الموجي المخصص

قد تتضمن هذه الأدوات ذاكرة مدمجة لتخزين وإعادة تشغيل أشكال موجية محددة مسبقًا أو أشكال موجية مخصصة محددة من قبل المستخدم، ما يسهل مهام توليد الإشارات المعقدة.

خيارات التوصيل

تتميز عادةً بخيارات توصيل متعددة مثل USB أو Ethernet أو ناقل الواجهة للأغراض العامة (GPIB) أو شبكة المنطقة المحلية (LAN)، ما يسهل الاندماج السلس في أنظمة الاختبار الآلية وتمكين إمكانات التحكم عن بُعد.

واجهة المستخدم

صُممت مولدات النبض الرقمية بواجهات سهلة الاستخدام تشتمل على شاشات رسومية وعناصر تحكم، وذلك لتبسيط مهام الإعداد والتشغيل مثل تعديل معلمات الشكل الموجي وإعدادات المنشط ومعلمات التعديل.

ميزات الأمان

تدمج مولدات النبض الرقمية تدابير السلامة، مثل الحماية من الجهد الزائد وحماية الدائرة القصيرة، للحماية من تلف الجهاز وضمان التشغيل الآمن في بيئات الاختبار المختلفة.

وقفة للتفكير	فكِّر في وظائف مولدات الإشارة ومولدات النبض الرقمي. كيف تساعد هذه الأدوات على توليد أشكال موجية دقيقة لاختبار الدوائر الإلكترونية؟
تلميح	فكِّر في أهمية إدارة التردد واختيار الشكل الموجي في مولدات الإشارة. ادرس كيف تعمل خيارات التحكم في السعة والتنشيط على تحسين قابلية استخدام مولدات النبض الرقمي.
توسيع الأفق	ابحث قدرات التعديل في مولدات الإشارة ومولدات النبض الرقمي. اكتشف كيفية تطبيق تقنيات التعديل مثل AM و FM و PM في أنظمة الاتصالات أو دوائر إزالة التعديل.

دراسة حالة 1

في هذا السيناريو، تتلقى ورشة إصلاح الإلكترونيات المحلية دائرة مكبر صوت معيبة من أحد العملاء. ويعد مكبر الصوت هذا جزءًا مهمًا من نظام الصوت المستخدم في الفعاليات والعروض التقديمية في قاعة صغيرة. تتمثل مسؤولية الفني المُكلف في تشخيص المشكلة وإصلاحها لضمان الأداء الأمثل في الفعاليات القادمة.

عند استلام دائرة مكبر الصوت، يبدأ الفني التقييم من خلال فحص المكونات الخارجية بصريًا بحثًا عن أي تلف أو تآكل مرئي. وبعد هذا الفحص، يشرع الفني في اختبار وظيفة مكبر الصوت باستخدام كل من الملتيميتر وراسم الذبذبات.

وباستخدام ميزة تحديد النطاق التلقائي في الملتيميتر، يقيس الفني المعلمات الكهربائية المختلفة داخل دائرة مُكبِّر الصوت. يتضمن ذلك فحص الجهد في المكونات الرئيسة؛ مثل مزوِّد الطاقة ومرحلة الخرج. يعرض الملتيميتر باستمرار جهد التيار المستمر المستقر ضمن النطاقات المتوقعة، ما يشير إلى التوزيع المناسب للطاقة في جميع أنحاء الدائرة.

للتعمق في أداء مُكبِّر الصوت، يعمل الفني على توصيل راسم الذبذبات لمراقبة إشارات الدخل والخرج. يهدف الفني من خلال تحليل الشكل الموجي في نقاط مختلفة على طول الدائرة إلى تحديد أي اختلالات يمكن أن تؤثر في إخراج الصوت.

وباستخدام غراتيكول راسم الذبذبات كمرجع، يفحص الفني شكل وسعة الأشكال الموجية للدخل والخرج بدقة. تتضمن هذه العملية حساب التقسيمات الرأسية والأفقية لتحديد قيم الجهد والوقت للإشارات، على التوالي. ويساعد هذا الفحص التفصيلي على تحديد المشكلات المحتملة التي تؤثر في جودة صوت المُكبِّر.

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 135 24/06/2025 06:03:48 ص

عند اكتشاف تشوهات في الشكل الموجي للخرج، يستخدم الفني مجسًا منطقيًّا لتقييم الحالات المنطقية في العقد المختلفة داخل دائرة المُكبِّر. تضيء مؤشرات ليد في مجس المنطق للإشارة إلى مستويات المنطق السائدة، ما يساعد على تحديد المكونات المعطلة أو العوائق في مسار الإشارة.

بعد إجراء اختبار وتحليل شاملين، يحدد الفني مكثفًا معطلًا في مرحلة دخل مُكبِّر الصوت يتسبب في تشويه الإشارة الصوتية. يستبدل الفني المكثف المعيب بمكون جديد عالي الجودة، فتعود سلامة الإشارة والوضوح المناسبين إلى دائرة مُكبِّر الصوت.

لضمان فعالية الإصلاح، يجري الفني اختبارات إضافية باستخدام ملتيميتر وراسم الذبذبات. وبمقارنة قياسات ما بعد الإصلاح بالمعايير المعمول بها، يتحقق الفني من أن دائرة المُكبِّر تلبي معايير الأداء وتعمل بشكل موثوق.

ختامًا، بفضل الاختبار المنهجي والقياس والتحليل باستخدام أجهزة الاختبار الإلكترونية، نجح الفني في تشخيص المشكلة في دائرة مُكبِّر الصوت وحلها. يُرسَل مُكبِّر الصوت الذي أُصلِح إلى العميل ليضمن له جودة صوت غير منقطعة في الفعاليات المستقبلية في القاعة.

مولد الكلمات الثنائية

لأجهزة الاختبار القياسية خصائص تشغيلية تشمل الوظائف المصممة داخل هذه الأدوات لتنفيذ مهام اختبار أو قياس محددة بفعالية. وفي هذا السياق، يعمل مولد الكلمات الثنائية باعتباره أداة اختبار تُستخدم في مجالات متنوعة مثل الإلكترونيات والاتصالات وعلوم الحاسوب.

في ما يأتي مزيد من التفاصيل حول وظائف وقدرات مولد الكلمات الثنائية.

توليد الكلمات الثنائية

يتمثل الدور الأساسي لمولد الكلمات الثنائية في إنشاء تسلسلات ثنائية أو أنماط رقمية تتكون من الآحاد والأصفار. ويمكن أن تشير هذه التمثيلات الثنائية إلى البيانات الرقمية أو إعدادات الاختبار المستخدمة لتقييم أداء الدوائر الرقمية أو أنظمة الاتصالات أو خوارزميات الحاسوب.

المعلمات المُتحكم فيها

عادةً ما يسمح مولد الكلمات الثنائية للمستخدمين بإدارة المعلمات المختلفة للتسلسلات الثنائية التي تم إنشاؤها، بما في ذلك طول الكلمة (عدد البتات) ومعدل البيانات (تردد الخرج) ومستويات السعة (خصائص الجهد للإشارات الثنائية).

توليد الأنماط

إضافة إلى إنشاء تسلسلات ثنائية عشوائية أو متكررة بسيطة، قد توفر مولدات الكلمات الثنائية المتقدمة إمكانات لتوليد أنماط أو تسلسلات محددة من البتات. ويتيح ذلك للمستخدمين محاكاة سيناريوهات نقل البيانات المختلفة أو إجراء اختبارات الإجهاد على الأنظمة الرقمية.

خيارات التوقيت

عادةً ما تقدم مولدات الكلمات الثنائية خيارات توقيت مرنة لمزامنة الخرج مع إشارات الساعة الخارجية أو الداخلية، ما يضمن التحكم الدقيق في التوقيت والمزامنة مع معدات الاختبار الأخرى أو الأجهزة قيد الفحص.

التعديل والتشفير

تدعم بعض مولدات الكلمات الثنائية مخططات التعديل والتشفير لتكرار بروتوكولات الاتصال في العالم الحقيقي أو تقنيات التشفير المستخدمة في الأنظمة الرقمية. وتُسهل هذه الوظيفة الاختبار الشامل لروابط الاتصال وآليات اكتشاف/تصحيح الأعطال وخوارزميات معالجة الإشارات.

إدخال الخطأ

قد تتضمن مولدات الكلمات الثنائية المعقدة القدرة على إدخال الأخطاء، ما يسمح للمستخدمين بإدخال أنواع مختلفة من الأخطاء عن قصد، مثل تقلبات البت أو الإدخال/الحذف، في التسلسلات الثنائية التي تولِّدها. وتُثبت هذه الوظيفة أهميتها الكبرى في تقييم المرونة وقدرات معالجة الأخطاء للأنظمة الرقمية.

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 136 24/06/2025 06:03:48 ص

خيارات التوصيل

غالبًا ما توفر مولدات الكلمات الثنائية مجموعة متنوعة من خيارات التوصيل للتكامل السلس في إعدادات الاختبار أو أنظمة الاختبار الآلية. وتشمل خيارات التوصيل الشائعة USB أو Ethernet أو GPIB أو الاتصالات التسلسلية، ما يسهل التحكم عن بعد وتبادل البيانات مع الأجهزة الخارجية أو تطبيقات البرامج.

واجهة سهلة الاستخدام

تتميز هذه الأجهزة عادةً بواجهات سهلة الاستخدام، مثل واجهات المستخدم الرسومية (GUI) أو واجهات سطر الأوامر (CLIs)، ما يسهل على المستخدمين تكوين الأنماط الثنائية المولَّدة وتشغيلها وتصورها.

تعدد الاستخدامات والمرونة

صُممت مولدات الكلمات الثنائية لتكون متعددة الاستخدامات ومرنة، وتتمتع بالقدرة على توليد مجموعة كبيرة من الأنماط الثنائية، وتلبية متطلبات الاختبار المتنوعة في مختلف الصناعات والتطبيقات.

نصائح للسلامة

تأكد أن أي شخص يستخدم أجهزة الاختبار قد تدرَّب بشكل صحيح وله من يشرف عليه، خاصة عند العمل على الدوائر المعقدة أو عالية الفولتية.

وقفة للتفكير	ناقش العوامل المؤثرة في اختيار أجهزة اختبار الدوائر الإلكترونية. كيف تؤثر اعتبارات، مثل دقة القياس ووقت الاستجابة ووظائف الجهاز، في عملية صنع القرار؟
تلميح	فكر في متطلبات المشروع وخصائص الدائرة عند اختيار أجهزة الاختبار. ادرس كيف تؤثر عوامل، مثل مطابقة المعاوقة وتردد الإشارة ودقة القياس، في ملاءمة الجهاز.
توسيع الأفق	تعرّف الاتجاهات والتطورات الناشئة في تكنولوجيا أجهزة الاختبار. ابحث كيف تعمل ابتكارات مثل الاتصال اللاسلكي أو وسائل المعايرة المتكاملة على إعادة تشكيل ممارسات الاختبار الإلكتروني وتصميم المعدات.

تمرين تقييمي 21.1 — A.P1, A.M1, A.D1

تعمل فنيًّا في مختبر إلكترونيات وقد كُلِّفت باختبار وقياس الدوائر المختلفة للتحقق من الدقة والأداء الوظيفي. ولقد زودك مشرفك بمجموعة من أجهزة قياس واختبار الدوائر التناظرية والرقمية لاستخدامها. تتمثل مهمتك في فهم الميزات التشغيلية لهذه الأجهزة ومقارنتها وتقييم فعاليتها في ضمان نتائج دقيقة.

المهمة

اشرح الميزات التشغيلية لما لا يقل عن ستة أجهزة لقياس واختبار الدوائر التناظرية والرقمية. واستخدم لغة دقيقة تقنيًا لتقييم كل جهاز وتحديد طرق لضمان الحصول على نتائج دقيقة. ثم فكر في عوامل مثل المعايرة ومعاوقة الدخل ونطاق التردد والدقة والإحكام. قدِّم توصيات بشأن أنسب الأجهزة لاختبار أنواع مختلفة من الدوائر، بناءً على ميزاتها وقدراتها التشغيلية.

التعليمات

قدم تفسيرات شاملة لميزاتها التشغيلية. قارن بين الأجهزة المحددة، مع مراعاة مدى ملاءمتها لسيناريوهات الاختبار المتنوعة. احرص على استخدام لغة ومصطلحات دقيقة تقنيًا في تقييمك. أضف مقاييس محددة في تقييمك لضمان نتائج دقيقة. أرسل تقرير التقييم إلى مشرفك.

التخطيط

- ما المهمة المطلوبة؟ ما المطلوب مني؟
- ما مدى ثقتي في قدرتي على إنجاز هذه المهمة؟
- هل ثمة أي جوانب قد أواجه صعوبة فيها؟

التنفيذ

- أنا واثق مما أفعله وأعرف ما يجب أن أحققه.
- يمكنني تحديد أين أخطأت وتعديل تفكيري أو نهجي للعودة إلى المسار الصحيح.

المراجعة

- أستطيع شرح المهمة وكيف نفذتها.
- يمكنني تحديد أجزاء المهمة التي وجدتها أكثر صعوبة والبحث عن طرق تساعدني على التغلب على أي صعوبات.

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 137 24/06/2025 06:03:48 ص

ب دراسة تقنيات اكتشاف الأعطال وخطط الاختبار المستخدمة عند قياس الدوائر الإلكترونية واختبارها

المصطلحات الرئيسة

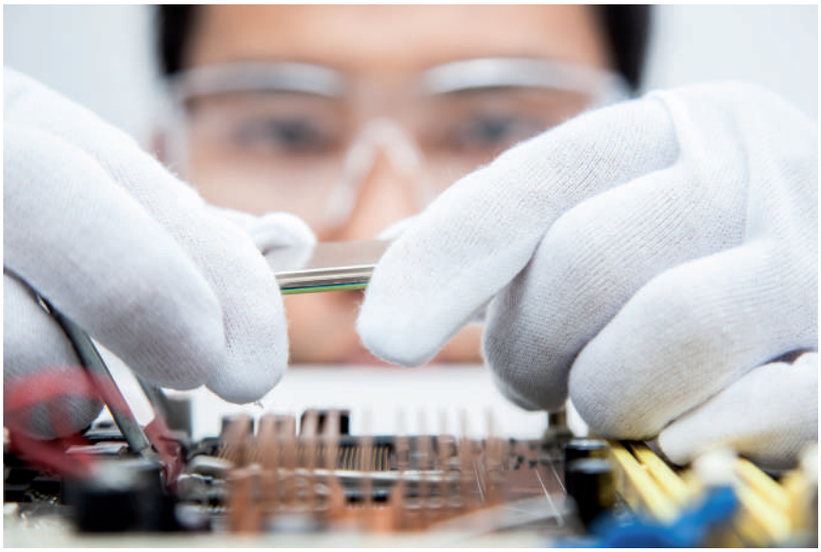
الفحص - عملية التفتيش أو التدقيق في شيء ما عن كثب.

مقارنة - يتعلق بالمقارَنة بشيء آخر أو يتضمنها.

تقنيات اكتشاف الأعطال

الفحص البصري

غالبًا ما يُمثل **الفحص** البصري الخطوة الأولى المُتخذة في تشخيص المشكلات في النظام أو الجهاز. ويفضل المهندسون والفنيون هذه الطريقة في البداية نظرًا لبساطتها وسهولة استخدامها، حيث لا تتطلب أدوات معقدة أو خبرة متخصصة. من خلال فحص المكونات والوصلات عن كثب، يمكنك تحديد أي حالات غير طبيعية أو اختلالات قد تشير إلى مشكلات أساسية بسرعة. ويمكن رؤية تمثيل الفحص البصري أدناه، حيث يفحص الفني ببصره جهازًا إلكترونيًا.



فني يفحص بصريًا جهازًا إلكترونيًا.

عند الفحص البصري، يجب معاينة النظام بعناية بحثًا عن علامات التلف أو التآكل، مثل المناطق المحترقة أو المكونات المكسورة. إضافة إلى ذلك، ابحث عن العيوب المادية مثل الشقوق أو التآكل التي قد تؤثر في وظائف النظام.

في الحالات الأكثر تقدمًا، يمكنك أيضًا إجراء تحليلات **مقارنة**، ومقارَنة القيم الملاحظة للمكونات بصريًا مع قيمها المتوقعة على النحو المحدد في مخططات الدوائر أو الوثائق الفنية. تسمح لك هذه الطريقة بتحديد أي تناقضات أو انحرافات، ما يوفر مزيدًا من الأفكار حول السبب الجذري للمشكلة.

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 138 24/06/2025 06:03:49 ص

وقفة للتفكير	ما مزايا الفحص البصري بوصفه خطوة أولية في اكتشاف الأعطال؟
تلميح	فكِّر في أهمية البدء بطرق بسيطة وسهلة الاستخدام مثل الفحص البصري عند تشخيص الأعطال. كيف يمكن أن يساعد هذا النهج على تحديد المشكلات بسرعة؟
توسيع الأفق	ابحث وناقش أمثلة من العالم الحقيقي كان فيها الفحص البصري حاسمًا في تحديد الأعطال في الأنظمة الإلكترونية.

تقنية الدخل إلى الخرج والخرج إلى الدخل

عندما تحاول تحديد موضع وماهية الأعطال في أجهزة إلكترونية مثل الهواتف الذكية أو أجهزة الحاسوب أو الدوائر، فإن الأمر يشبه أن تكون محققًا يكشف لغزًا. تساعدنا طريقتان أساسيتان، تُعرفان باسم تقنيات الدخل إلى الخرج والخرج إلى الدخل، على تحديد هذه المشكلات وحلها. فكِّر فيهما بوصفهما إستراتيجيات مختلفة لكشف الألغاز وراء عدم عمل شيء ما بشكل صحيح. يوضح الجدول 21.1 مخطط الكتلة الذي يمكن استخدامه لإجراء الاختبار بتقنية الدخل إلى الخرج.

تقنية الدخل إلى الخرج

تخيل أن لديك نظامًا صوتيًا لا يُصدِر صوتًا. باستخدام طريقة الدخل إلى الخرج، تبدأ بتحديد مصدر الصوت (مثل جهاز Bluetooth أو الهاتف) وتتبع الإشارة في أثناء انتقالها عبر النظام - عن طريق التحقق من كل مكون مثل المُكبر والسماعات والتوصيلات - حتى تصل إلى الخرج، الذي يجب أن يكون صوتًا قادمًا من السماعات. إذا لم يكن هناك صوت، يمكنك تتبع مسار الإشارة للعثور على مكان حدوث المشكلة. ربما يكون الكبل مفكوكًا في النظام الصوتي أو المُكبِّر لا يعمل بشكل صحيح.

الجدول 21.1 مخطط الكتلة لتقنية الدخل إلى الخرج

الدخل	• تحديد إشارة الدخل
نقطة الاختبار 1	• تحقق من وجود أي خلل • إذا لم تُحدِّد أي أخطاء، انتقل إلى نقطة الاختبار التالية
نقطة الاختبار 2	• تحقق من وجود أي خلل • إذا لم تُحدِّد أي أخطاء، انتقل إلى نقطة الاختبار التالية
نقطة الاختبار 3	• تحقق من وجود أي خلل • إذا لم تُحدِّد أي أخطاء، انتقل إلى نقطة الاختبار التالية
نقطة الاختبار 4	• تحقق من وجود أي خلل • إذا لم تُحدِّد أي أخطاء، انتقل إلى نقطة الاختبار التالية
نقطة الاختبار 5	• تحقق من وجود أي خلل • تحديد موقع العطل، عزل العطل في مكون أو قسم معين
تصحيح العطل	• اتخاذ إجراءات لتصحيح العطل
تحقق من الخرج	• تأكد من تطابق خرج النظام مع الخرج المتوقع

يمكن إجراء الاختبار بتقنية الدخل إلى الخرج باتباع الخطوات الآتية:

- **حدِّد الدخل**: ابدأ بتحديد المكان الذي يستقبل فيه النظام الدخل، مثل الإشارات من أجهزة الاستشعار أو المفاتيح.
- **تتبع مسار الإشارة**: اتبع مسار الإشارة عبر النظام، وحلِّل كل مكون تقابله.

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 139 24/06/2025 06:03:49 ص

- **تحقق من وجود أي خلل**: افحص كل مكون بحثًا عن أي خلل، مثل فولتية غير صحيحة أو تشوهات الإشارة.
- **اعزل الأعطال**: إذا تبين لك وجود خلل، فاعزل العطل في مكون أو قسم معين من الدائرة.
- **صحِّح العطل:** اتخذ الإجراءات اللازمة لتصحيح العطل، مثل استبدال المكونات المعطلة.
- **تحقق من الخرج**: تأكد من تطابق خرج النظام مع السلوك المتوقع بعد معالجة العطل.

تقنية الخرج إلى الدخل

الآن، دعونا نقلب النهج. افترض أن لديك جهاز تلفزيون صورته معيبة. باستخدام طريقة الخرج إلى الدخل، تبدأ بالتفكير في الشكل الذي يجب أن تبدو عليه الصورة: واضحة ونقية. بعد ذلك، اعمل بالعكس، وتتحقق من كل جزء من النظام يسهم في جودة الصورة. يمكنك فحص توصيلات الكبلات أو الموالف أو لوحة العرض لمعرفة مكمن المشكلة. ربما يكون توصيل الكبل الهوائي غير مُحكم أو تحتاج إعدادات التلفزيون إلى التعديل. يوضح الجدول 21.2 أدناه مخطط الكتلة الذي يمكنك استخدامه لإجراء تقنية اختبار الخرج إلى الدخل.

الجدول 21.2 مخطط الكتلة لتقنية الخرج إلى الدخل

الخرج	• تحديد إشارة الخرج المتوقعة
نقطة الاختبار 1	• تحقق من وجود أي خلل • إذا لم تُحدِّد أي أخطاء، انتقل إلى نقطة الاختبار التالية
نقطة الاختبار 2	• تحقق من وجود أي خلل • إذا لم تُحدِّد أي أخطاء، انتقل إلى نقطة الاختبار التالية
نقطة الاختبار 3	• تحقق من وجود أي خلل • إذا لم تُحدِّد أي أخطاء، انتقل إلى نقطة الاختبار التالية
نقطة الاختبار 4	• تحقق من وجود أي خلل • إذا لم تُحدِّد أي أخطاء، انتقل إلى نقطة الاختبار التالية
نقطة الاختبار 5	• تحقق من وجود أي خلل • تحديد موقع العطل، عزل العطل في مكون أو قسم معين
تصحيح العطل	• اتخاذ إجراءات لتصحيح العطل
تحقق من الدخل	• تأكد من تطابق دخل النظام مع الخرج المتوقع

يمكنك اتباع الخطوات الآتية لتنفيذ تقنية الخرج إلى الدخل:

- **حدِّد الخرج المتوقع**: حدِّد الخرج المتوقع للنظام في الظروف العادية.
- **قارن مع الخرج الفعلي**: اعمل على قياس الخرج الفعلي وقارنه بالخرج المتوقع.
- **تتبع للخلف**: تتبع مسار الإشارة للخلف عبر النظام من الخرج، مع تحليل كل مرحلة بحثًا عن الانحرافات.
- **حدِّد الأعطال**: حدِّد مكونات أو أقسام الدائرة التي تسبب انحرافات في الخرج.
- **صحِّح الأعطال**: اتخذ تدابير لتصحيح العطل، مثل استبدال المكونات المعيبة أو ضبط المعلمات.
- **تحقَّق من الدخل**: تأكد من أن الدخل يُنتج الخرج المتوقع بعد معالجة العطل.

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 140 24/06/2025 06:03:50 ص

يعرض الجدول 21.3 مثالًا على جدول لاختبار نظام صوتي. ويمكنك استخدام هذا الجدول في كلتا التقنيتين المذكورتين أعلاه.

الجدول 21.3 مثال على جدول الاختبار

الخطوة	الإجراء	أمثلة
١ حدِّد الدخل	حدِّد المصادر التي توفر الصوت للنظام.	مشغل سي دي (CD)، هاتف ذكي، ميكروفون
٢ تتبع الإشارة	اتبع مسار الإشارة الصوتية في النظام.	مقبس الدخل ← مكثف أولي ← مُكبِّر ← سماعات
٣ تحقق من وجود أي خلل	افحص المكونات بحثًا عن أي خلل.	صوت مشوه، تقلبات الصوت، تداخل الضوضاء
٤ اعزل الأعطال	حدِّد موقع المكون الذي يسبب المشكلة.	مكبِّر معطل، أسلاك متلفة
٥ صحِّح الأعطال	اتخذ إجراءات لإصلاح العطل المحدد.	استبدل المكبِّر وأصلح الأسلاك
٦ تحقق من الخرج	تأكد من تطابق الخرج مع السلوك المتوقع.	صوت واضح وغير مشوه من السماعات

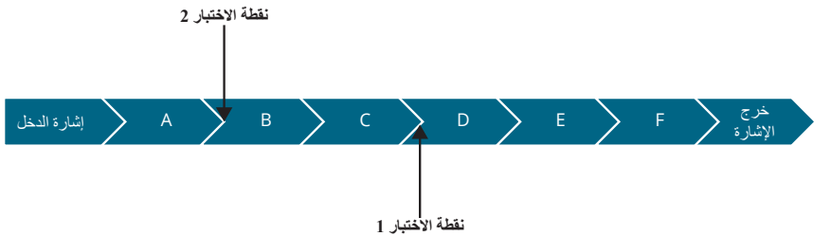
وقفة للتفكير كيف تختلف تقنيات الدخل إلى الخرج والخرج إلى الدخل في النهج؟

تلميح فكِّر في اتجاه تدفق المعلومات وكيفية تأثيره في الإستراتيجيات والمنهجيات المستخدمة في تقنيتي الدخل إلى الخرج والخرج إلى الدخل.

توسيع الأفق فكر في كيفية إعطاء كل نهج الأولوية لتوليد الاستجابات أو فهم الدخل، وكيف يؤثر ذلك في تنفيذه وفعاليته.

تقنية الانقسام النصفي

طريقة الانقسام النصفي الموضحة في الشكل 21.4 هي نهج مُنظم لاكتشاف الأعطال داخل النظام. تقسِّم هذه الطريقة النظام إلى أجزاء أو مقاطع يمكن إدارتها وتحليلها بمنهجية لعزل الأعطال ومعالجتها بفعالية. وتؤكد هذه الطريقة على الاختبار المتعمد في النقاط الإستراتيجية لتحديد الانحرافات عن السلوك المتوقع تحديدًا فعالًا. بفضل تقليل عدد الاختبارات والتركيز على المناطق بالغة الأهمية، تعمل طريقة الانقسام النصفي على تحسين الموارد وتسريع حل الأعطال لتضمن بذلك استعادة سريعة لوظائف النظام.

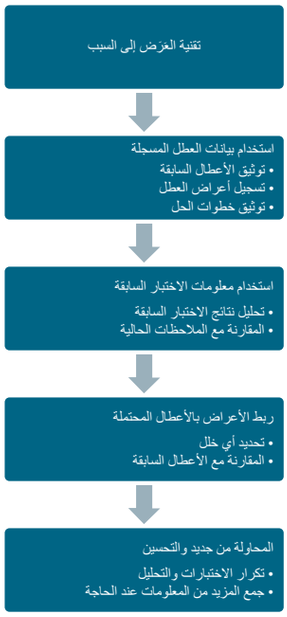


الشكل 21.4 مخطط الكتلة لتقنية الانقسام النصفي.

يمكنك تنفيذ طريقة الانقسام النصفي باتباع الخطوات الآتية:

- **تقليل تكرار الاختبار لتحسين الكفاءة:** تهدف طريقة الانقسام النصفي إلى تبسيط اكتشاف الأعطال عن طريق تقليل الاختبارات غير الضرورية. ويسهم الاختيار الدقيق لنقاط الاختبار وتقييم سلامة الإشارة في العُقد بالغة الأهمية في سرعة حل الأعطال وتحسين الكفاءة.

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 141 24/06/2025 06:03:50 ص



الشكل 21.5 مخطط الكتلة لتقنية العَرَض إلى السبب.

- **استخدام قياس نقطة المنتصف:** يعد قياس الإشارات في منتصف النظام أمرًا أساسيًا في تقنية الانقسام النصفي. ويوفر هذا المرجع المحوري لك أنت الفني رؤى قيمة عن حالة النظام، ما يعزز قدرتك على تحديد الأعطال المحتملة.
- **تضييق منطقة البحث عن الأعطال:** بعد تقييم الإشارة عند نقطة المنتصف، قم بتضييق منطقة البحث عن طريق الاختبار عند نقطة المنتصف بين الدخل الأولي ونقطة الاختبار الأولى. تركز هذه العملية التكرارية تدريجيًا على مواقع الأعطال المشتبه بها عن طريق الاختبار في نقاط المنتصف بين النقاط التي سبق فحصها.
- **التكرار بغرض تحديد أماكن الأعطال:** تتضمن تقنية الانقسام النصفي قياسًا متكررًا في نقاط المنتصف، ما يؤدي إلى عزل العطل تدريجيًا داخل أقسام النظام الأصغر. ويعمل كل **تكرار** على تضييق منطقة البحث، وهذا يؤدي إلى تبسيط عملية اكتشاف أعطال.
- **تحديد مكان العطل:** إذا لم تكتشف أي عطل عند نقطة المنتصف، يجب أن تنتقل إلى الاختبار عند نقطة المنتصف بين نقطة الاختبار الحالية وخرج النظام. يستكشف هذا النهج المنهجي بدقة أقسام النظام المختلفة، ما يسهل التضييق التدريجي لأماكن الأعطال المحتملة مع كل تكرار.

تقنية العَرَض إلى السبب

تقنية العَرَض إلى السبب، الموضحة في الشكل 21.5، هي منهجية لاكتشاف الأعطال تعتمد على بيانات الخطأ المسجلة بمنهجية ومعلومات الاختبار السابقة **لتشخيص** المشكلات داخل نظام. وفي ما يلي بعض الخطوات المتَّبعَة عند استخدام تقنية العَرَض إلى السبب:

استخدام بيانات العطل المسجلة

تعمل هذه التقنية أفضل عند تدوين جميع المشكلات التي واجهها النظام من قبل وتنظيمها بشكل منطقي. وهذا يعني الاحتفاظ بملاحظات تفصيلية عن الأعطال التي حدثت سابقًا، وأعراض الأعطال التي حدثت فيها وكيفية حل هذه الأعطال. بوجود كل هذه المعلومات في مكان واحد، يسهل على الفنيين تحديد سبب العُطل بسرعة هذه المرة.

استخدام معلومات الاختبار السابقة

تعتمد هذه التقنية في الأساس على استخدام نتائج الاختبارات المسجلة السابقة للكشف عن الروابط بين الأحداث الحالية والماضية. ويجب عليك تحليل القياسات التي أجريت وسلوك النظام في أثناء الاختبارات وأي علامات سابقة للأعطال. وبمقارنة النتائج القديمة مع الملاحظات الحالية، يمكنك الحصول على فهم جيد لما قد يسبب المشكلات الحالية.

ربط الأعراض بالأعطال المحتملة

لمعرفة سبب العطل، ستنظر عن كثب في الأعراض التي يُظهرها النظام. يجب عليك التحقق من وجود أي خلل، مثل الأخطاء الغامضة أو المكونات التي لا تعمل على النحو المتوقع، ثم مقارنة هذه الأعراض بما رأيته من قبل في مواقف مماثلة. وبعد ذلك، يمكنك البدء في تحديد سبب العُطل هذه المرة.

كرِّر المحاولة وحسِّنها

في بعض الأحيان، يستغرق العثور على المشكلة أكثر من محاولة واحدة. وقد تحتاج إلى استخدام المزيد من الاختبارات أو جمع المزيد من المعلومات للتأكد من أنك تعرف ما يجري. من المهم أن تستمر في المحاولة حتى تثق في أنك وجدت السبب الحقيقي وراء العطل. وبهذه الطريقة، يمكنك إصلاح المشكلة بشكل صحيح والتأكد من عدم حدوثها مرة أخرى.

المصطلحات الرئيسة

التكرار - عملية متكررة لاختبار الإستراتيجيات وتحليلها وتعديلها من أجل تحديد الأعطال وحلها. تتضمن هذه الطريقة المنهجية تحسين التقنيات وتضييق نطاق المشكلات المحتملة حتى تحديد السبب الجذري وتصحيحه. ويضمن التكرار الدقة في تشخيص الأعطال، ما يؤدي إلى حلول فعالة وأداء موثوق للنظام.

التشخيص - تحديد طبيعة أو سبب المشكلة أو العطل.

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 142 24/06/2025 06:03:50 ص

وقفة للتفكير	ما فوائد استخدام تقنية "العَرَض إلى السبب" في تشخيص الأعطال؟
تلميح	فكِّر كيف أن تحديد الأعراض أولًا يمكن أن يوفر نهجًا منظمًا لتشخيص الأعطال، فيسمح ذلك بإجراء تحقيق منهجي في الأسباب المحتملة. راعي مزايا تضييق مساحة البحث والتركيز على مجالات اهتمام محددة لتحديد السبب الجذري للمشكلة بكفاءة.
توسيع الأفق	اكتشف كيف يمكن أن يؤدي التشخيص القائم على أساس الأعراض إلى تسريع الحلول أوتحسين موثوقية النظام.

تقنية استبدال الدوائر

تعد تقنية **استبدال** الدوائر طريقة مفيدة لتحديد المشكلات وحلها، خاصةً عندما تشك في أن مكونًا معينًا يسبب مشكلة في النظام. في ما يأتي بعض الخطوات المتَّبعة عند استخدام تقنية استبدال الدوائر.

المصطلح الرئيس

الاستبدال - عملية استبدال مكون أو عنصر بآخر لأغراض الاختبار أو استكشاف الأعطال وإصلاحها.

الاستخدام الفعال لعمليات الفحص أو الاختبارات

عند الشك في وجود خلل في جزء معين بعد فحص النظام بسبب تلفه المرئي أو أدائه غير الطبيعي، فإننا نستخدم تقنية استبدال الدوائر. تسمح لنا هذه الطريقة بالتركيز على منطقة المشكلة المشتبه بها وتعزيز عملية التشخيص.

استبدال الأجزاء المشتبه بها

بعد تحديد المكون الذي تشتبه به، أزله واستبدله بآخر معروف بأنه سليم. وهذا يعني تبديل الجزء المشتبه به ببديل يمتلك مواصفات ووظائف متطابقة. وهذا يضمن أنك تختبر النظام بمكون يعمل بكامل قدرته.

إعادة اختبار النظام

بعد استبدال الجزء أو المكون، من الضروري إعادة اختبار النظام لتتأكد ما إذا كانت المشكلة قد حُلِت أم لا. أعد إجراء الاختبارات السابقة نفسها التي أجريتها في البداية لتشخيص العطل. إذا كان النظام يعمل بشكل صحيح بعد الاستبدال، فهذا يؤكد أن الجزء الأصلي كان معيبًا. لكن إذا استمرت المشكلة، فهذا يشير إلى أن مصدر المشكلة قد يكون جزء آخر من النظام، ما يدفعنا إلى مزيد من التحقيق في العطل.

تكرار العملية بحسب الحاجة

إذا تسبَّبت عدة أجزاء في المشكلة، فإننا نحتاج إلى تكرار عملية استبدال الدائرة عدة مرات. وسنستمر في تبديل الأجزاء وإجراء الاختبارات حتى نحدد المشكلة الأساسية ونحلها. وهذا يضمن أننا نتبع نهجًا شاملًا لاستكشاف الأعطال وإصلاحها، دون تجاهل أي أسباب محتملة للمشكلة.

وقفة للتفكير	كيف تساعد تقنية استبدال الدوائر على تحديد المكونات المعطلة؟
تلميح	فكِّر كيف نستخدم تقنية استبدال الدوائر لتبديل المكونات التي نشتبه في أنها معطلة بمكونات جيدة معروفة من أجل عزل العنصر المعطل. فكِّر في العملية التفصيلية لهذه التقنية، بما في ذلك اختبار وظائف الدائرة قبل الاستبدال وبعده.
توسيع الأفق	اكتشف كيف يسهّل استبدال الدوائر تطبيق طريقة منهجية لتحديد أماكن الأعطال وكيف يساعد على تحديد المكونات المعطلة بسرعة في الأنظمة المعقدة.

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 143 24/06/2025 06:03:50 ص

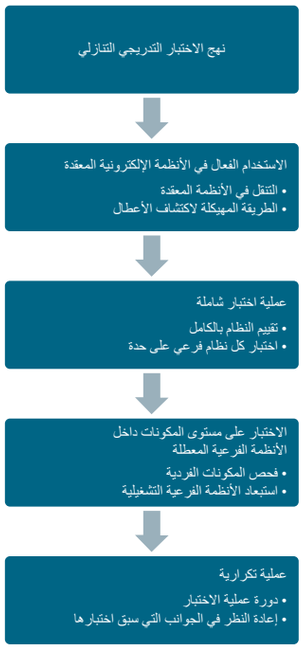
نهج الاختبار التدريجي التنازلي

نهج الاختبار التدريجي التنازلي هو إستراتيجية منهجية تُستخدم في **اكتشاف الأعطال**، وتناسب خاصة الأنظمة الإلكترونية المعقدة. وفي ما يأتي بعض الخطوات المتبعة في استخدام هذا النهج.

التطبيق الفعال في الأنظمة الإلكترونية المعقدة

يُثبت نهج الاختبار التدريجي التنازلي الموضح في الشكل 21.6 فعاليته العالية في التنقل عبر الأنظمة الإلكترونية المعقدة التي تتكون من **أنظمة فرعية** ومكونات متعددة. وغالبًا ما تكون هذه الأنظمة معقدة ومترابطة، وتتطلب نهجًا منظمًا لاكتشاف الأعطال.

بفضل الاختبار المنهجي للنظام بدءًا بالمنظور الواسع ووصولًا إلى المكونات الفردية، يمكن للفنيين تحديد الأعطال ومعالجتها بكفاءة داخل النظام.



الشكل 21.6 مخطط الكتلة لنهج الاختبار التدريجي التنازلي.

عملية اختبار شاملة

تبدأ طريقة الاختبار التدريجي التنازلي بتقييم النظام بأكمله تقييمًا تامًّا لاكتشاف أي مشكلات أو اختلالات واضحة.

وبعد هذا التقييم الأولي، ينتقل الاهتمام إلى اختبار كل نظام فرعي بشكل مستقل. في أثناء اختبار النظام الفرعي، يجب تقييم كل منها تقييمًا مستقلًا للكشف عن أي أعطال أو اختلالات، ما يساعد على تضييق نطاق العطل وعزله داخل أنظمة فرعية محددة.

الاختبار على مستوى المكونات داخل الأنظمة الفرعية المعطلة

إذا وجدت عطلًا داخل نظام فرعي، فيجب متابعة الاختبار على مستوى المكون داخل هذا النظام الفرعي المعطل. وهذا يعني فحص كل مكون على حدة لتحديد **السبب الجذري** للمشكلة. نستبعد الأنظمة الفرعية التشغيلية التي استبعدنا أن تكون معطلة في أثناء مراحل الاختبار السابقة من الاختبارات الإضافية على مستوى المكونات لتبسيط عملية اكتشاف الأعطال وتركيز الجهود على المنطقة التي من المرجح أن تحتوي على العطل.

عملية تكرارية

غالبًا ما يكون نهج الاختبار التدريجي التنازلي تكراريًا، لأنك تكرّر عملية الاختبار حتى تحدد العُطل وتحله. وقد تعيد النظر في الأنظمة الفرعية أو المكونات التي سبق اختبارها إذا ظهرت معلومات جديدة أو إذا أخفق الاختبار الأولي في الكشف عن العُطل. وفي كل تكرار، تعمل على جمع رؤى إضافية وتحسين فهمك للنظام، وتضييق نطاق مواقع الأعطال المحتملة تدريجيًا وتحديد السبب الجذري للمشكلة في النهاية.

المصطلحات الرئيسة

اكتشاف الأعطال - عملية تحديد الأعطال أو المشكلات داخل النظام وتصحيحها.

الأنظمة الفرعية - أجزاء فريدة من النظام ذات وظائف محددة مثل التزويد بالطاقة أو الاتصالات أو معالجة الإشارات.

السبب الجذري - يشير إلى المصدر الأساسي أو السبب الأساسي وراء عطل أو مشكلة داخل نظام. يعد تحديد السبب الجذري ضروريًا لاستكشاف الأعطال وإصلاحها بفعالية لأنه يسمح للفنيين بمعالجة المشكلة الأساسية بدلًا من علاج الأعراض فحسب.

مناقشة

كيف تُكمل تقنيات اكتشاف الأعطال المختلفة بعضها في تشخيص وحل المشكلات داخل الأنظمة الإلكترونية؟ ما التقنيات التي تجدها أكثر فاعلية في تجربتك، وما السيناريوهات التي ستفضل فيها تقنية على الأخرى؟

بحث

كيف تختلف تقنيات اكتشاف الأعطال من حيث فعاليتها في تشخيص الأعطال داخل الأنظمة الإلكترونية، وما الشروط المثلى لتطبيق كل تقنية؟

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 144 24/06/2025 06:03:50 ص

التحضير للاختبار وخُطط الاختبار

يتضمن التحضير للاختبار والتخطيط له في مجال الإلكترونيات تنظيم وهيكلة الأنشطة بدقة لضمان عمل الأجهزة الإلكترونية على نحوٍ صحيح وتلبيتها معايير ومواصفات الأداء المحددة مسبقًا.

وسنتناول في هذا الجزء الجوانب الأساسية لإنشاء خطة اختبار شاملة للدوائر والمكونات والأنظمة الإلكترونية. يعد الإعداد والتخطيط الفعالان بالغا الأهمية لضمان الاختبار الدقيق والفعال واستكشاف الأعطال وإصلاحها.

فهم خطط الاختبار

خطة الاختبار وثيقة مفصلة تحدد النهج والإجراءات والموارد والجداول الزمنية لاختبار الدوائر أو الأنظمة الإلكترونية. وتمثل خارطة طريق لضمان إجراء الاختبار بشكل منهجي وشامل. يوضح الجدول أدناه مثالًا عن الاختبار.

الجدول 21.4 مثال عن خطة اختبار لاختبار الأنظمة بمنهجية

رقم الاختبار	وصف الاختبار	شرط الاختبار	جهاز الاختبار المستخدم	النتائج المتوقعة	النتائج الفعلية	ملاحظات	اجتاز الاختبار / أخفق في الاختبار
1	اختبار تشغيل الطاقة	صل الجهاز بمصدر الطاقة	–	تشغيل الجهاز دون أخطاء	تشغيل الجهاز دون أخطاء	–	اجتاز الاختبار
2	الفحص البصري	فحص لوحة الدوائر المطبوعة بحثًا عن الأضرار المادية	–	لا يوجد ضرر مادي أو توصيلات مفكوكة	دليل على احتراق المكثف C21	يجب استبدال المكون C21	أخفق في الاختبار
3	اختبار إشارة الدخل	تنشيط إشارات الدخل في الجهاز	الرقم التسلسلي لراسم الذبذبات: (12345)	استقبال إشارات الدخل بشكل صحيح	استقبال إشارات الدخل بشكل صحيح	-	اجتاز الاختبار

مكونات خطة الاختبار

أدوات المساعدة على اكتشاف الأعطال

تشمل المخططات البيانية ذات الصلة:

- **مخطط الكتلة**: يوفر نظرة عامة على الكتل الوظيفية للدائرة.
- **مخططات توصيل أسلاك الدائرة**: توضح بالتفصيل الترابط بين المكونات.
- **التفاوتات المسموح بها في المكونات والدوائر**: تحدد النطاقات المقبولة لقيم المكونات ومعلمات الدائرة.
- **الرسومات البيانية الوظيفية**: تصف السلوك المتوقع والعلاقات الوظيفية داخل الدائرة.
- **مخططات استكشاف الأعطال وإصلاحها**: توفر إرشادات تدريجية لتشخيص الأعطال الشائعة وإصلاحها.
- **أوراق بيانات المكونات**: توفر معلومات مفصلة حول مواصفات المكونات وخصائصها.
- **كتيبات التشغيل والصيانة**: توفر إرشادات حول تشغيل المعدات وصيانتها.
- **السجلات والبيانات القائمة على البرمجيات**: تستخدم أدوات برمجية لتسجيل نتائج الاختبار وتحليل البيانات وتتبع التقدم.

نصائح للسلامة

قبل إجراء أي تقنيات لاكتشاف الأعطال، تأكد من ارتداء معدات الحماية الشخصية المناسبة، مثل النظارات الواقية والقفازات، خاصة عند العمل على المكونات الإلكترونية التي قد تشكل مخاطر حدوث صدمة كهربائية أو إصابة.

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 145 24/06/2025 06:03:50 ص

تحديد عقد الاختبار الرئيسة

حلل الدائرة لتحديد نقاط الاختبار الحرجة حيث ستجري القياسات.

ظروف الإشارة المتوقعة هي:

- الدوائر التناظرية: مستويات الجهد، تدفقات التيار، استجابة التردد، وما إلى ذلك.
- الدوائر الرقمية: مستويات المنطق، تحولات الإشارة، خصائص التوقيت، وما إلى ذلك.

لإعداد جدول زمني للاختبار، ضع مسارًا زمنيًا لإجراء الاختبارات، بما في ذلك:

- الأنشطة التحضيرية (على سبيل المثال جمع المعدات ومراجعة الوثائق)
- إجراءات الاختبار لكل مكون أو دائرة
- تحليل نتائج الاختبار وأنشطة استكشاف الأعطال وإصلاحها
- مهام إعداد التقارير والتوثيق.

خطوات إنشاء خطة اختبار

1 **راجع وثائق الدائرة**: ادرس مخططات الكتل ومخططات توصيل الأسلاك وأوراق بيانات المكونات والأدلة لفهم تصميم الدائرة ومواصفاتها.

2 **حدد متطلبات الاختبار**: حدد أنواع الاختبارات المطلوبة بناءً على وظيفة الدائرة وأنماط العطل المحتملة.

3 **حدد معدات الاختبار**: اختر الأجهزة والأدوات المناسبة لإجراء الاختبارات، مثل أجهزة الملتيميتر وأجهزة راسم الذبذبات ومولدات الإشارة.

4 **حدد إجراءات الاختبار**: ضع إجراءات تفصيلية لتنفيذ كل اختبار؛ متضمنة تعليمات التحضير وتقنيات القياس واحتياطات السلامة.

5 **وثّق خطة الاختبار**: جمّع كافة المعلومات في مستند منظم، بما في ذلك أدوات اكتشاف الأعطال وجداول الاختبار والتعليمات التفصيلية.

6 **راجع ونقّح**: راجع خطة الاختبار للتأكد من اكتمالها ودقتها ووضوحها. قم بإجراء مراجعات بحسب الضرورة بناءً على التعليقات أو التغييرات في المتطلبات.

يمثل التحضير للاختبار وإنشاء خطة اختبار شاملة خطوات ضرورية لضمان موثوقية وظائف الدوائر والأنظمة الإلكترونية وعملها. عند التزام الإرشادات الواردة أعلاه، ستكون مجهزًا بشكل كافٍ لإجراء اختبارات منهجية وفعالة وتحديد الأعطال واستكشاف المشكلات وإصلاحها بثقة. تذكَّر أن توثق بدقة نتائجك وملاحظاتك للرجوع إليها وتحليلها في المستقبل.

فهم آلية الإبلاغ عن الأعطال

يتضمن الإبلاغ عن الأعطال توثيق تفاصيل العطل، بما في ذلك مؤشراته والاختبارات التي أجريت والحلول المقترحة. وتؤدي نماذج تقارير اكتشاف الأعطال الموحدة إلى تبسيط هذه العملية من خلال توفير تنسيق منظم لتسجيل المعلومات الأساسية. يعرض الجدول 21.5 أدناه مثالًا عن تقرير الإبلاغ عن الأعطال.

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 146 24/06/2025 06:03:51 ص

الجدول 21.5 نموذج تقرير الإبلاغ عن الأعطال لتسجيل الأعطال والإبلاغ عنها

نموذج الإبلاغ عن الأعطال		
التاريخ:	1 مارس 2024	
طراز الجهاز:	جهاز إلكتروني X	
الرقم التسلسلي:	SN123456789	
مسؤول الاختبار:	جون دو	
مؤشرات العطل:		
الجهاز في وضع تشغيل، ولكن لا يستقبل إشارات الدخل. يضيء مؤشر ليد، ولكن لا توجد استجابة من الجهاز عند تنشيط إشارات الدخل.		
تفاصيل أجهزة الاختبار المستخدمة للتتبع:		
جهاز الاختبار 1:	راسم الذبذبات	الرقم التسلسلي/المعرّف: OSC-123456
جهاز الاختبار 2:	مولد الإشارات	الرقم التسلسلي/المعرّف: SIGGEN-789012
جهاز الاختبار 3:	ملتيميتر	الرقم التسلسلي/المعرّف: MM-345678
جهاز الاختبار 4:		
مخاطر السلامة المحددة:		
• خطر التعرض لصدمة كهربائية بسبب الأسلاك المكشوفة في أثناء اختبار الاستمرارية. • خطر حدوث دوائر قصيرة أو تلف معدات الاختبار إذا لم تؤخذ قياسات الجهد بشكل صحيح.		
الفحوصات التي أُجريت		
اختبار الاستمرارية	نعم	
قياس الجهد	نعم	
تتبع الإشارة	لا	
فحص المكوّن	نعم	
أخرى (حدّد):	لا ينطبق	
الحل المقترح للمشكلة:		
عند فحص المكونات، تبين وجود موصل دخل معطل. يوصى باستبدال موصل الدخل المعطل لاستعادة الوظائف.		
ملاحظات وتعليقات إضافية		

مكونات نموذج تقرير اكتشاف الأعطال

عادةً ما يتضمن نموذج تقرير اكتشاف الأعطال الموحد الأقسام الآتية:

- **أعراض العطل**: صف أعراض العطل الملحوظة، مثل السلوك غير الطبيعي أو المكونات المعطلة أو رسائل الخطأ.
- **تفاصيل أجهزة الاختبار المستخدمة للتتبع**: سجل معلومات حول أجهزة الاختبار المستخدمة في أثناء تشخيص الأعطال، بما في ذلك الأرقام التسلسلية أو المعرفات الفريدة. وهذا يضمن إمكانية التتبع وتحمل المسؤولية في عملية استكشاف الأعطال وإصلاحها.
- **الفحوصات التي أُجريت**: وثّق الاختبارات والفحوصات المحددة التي أجريت لتحديد العطل وعزله. وقد يشمل ذلك اختبارات الاستمرارية وقياسات الجهد وتتبع الإشارات وفحص المكونات.
- **الحل المقترح للمشكلة**: قدم توصيات أو حلولًا مقترحة لمعالجة العطل المحدد. وقد يشمل ذلك استبدال المكونات أو تعديل الدوائر أو تحديث البرامج أو اتخاذ إجراءات تصحيحية أخرى.

خطوات الإبلاغ عن الأعطال

يمكننا اتباع هذه الخطوات للإبلاغ عن الأعطال:

1 **حدِّد العطل**: ابدأ بتشخيص العطل بناءً على الأعراض الظاهرة والاختبارات الأولية. سجِّل أي سلوك غير عادي أو مكونات معطلة.

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 147 24/06/2025 06:03:51 ص

2 **استخدم نماذج التقارير الموحدة:** استخدم نماذج تقارير اكتشاف الأعطال الموحدة التي تقدمها مؤسستك. تضمن هذه النماذج الاتساق والإحكام في الإبلاغ عن الأعطال.

3 **وثّق تفاصيل جهاز الاختبار:** سجّل تفاصيل أجهزة الاختبار المستخدمة في أثناء تشخيص الأعطال، بما في ذلك الأرقام التسلسلية أو المعرفات الفريدة. فهذه المعلومات تساعد على تتبع المعدات المستخدمة في عملية استكشاف الأعطال وإصلاحها.

4 **نفِّذ اختبارات تشخيصية:** اعمل على إجراء اختبارات تشخيصية لتحديد السبب الجذري للعطل. ونفِّذ الفحوصات والقياسات وفقًا للإجراءات المعمول بها.

5 **سجِّل نتائج الاختبار:** وثّق نتائج الاختبارات التشخيصية في نموذج تقرير اكتشاف الأعطال. وأضف البيانات ذات الصلة مثل القيم المقاسة والملاحظات وأي حالات غير طبيعية اكتُشفت.

6 **اقترح حلولًا:** استنادًا إلى النتائج التشخيصية، اقترح الحلول أو التوصيات المناسبة لمعالجة العطل. حدد الإجراءات المطلوبة لتصحيح المشكلة بفعالية.

7 **أرسل تقرير العطل:** بعد إكمال التقرير، أرسِله إلى الإدارة المعنية المسؤولة عن الصيانة أو الإصلاح. وتأكد من أن التقرير دقيق وشامل ومقدم في الوقت المناسب.

يعد الإبلاغ الفعال عن الأعطال أمرًا ضروريًا للحفاظ على موثوقية الأنظمة الإلكترونية وعمل وظائفها. باتباع نماذج تقارير اكتشاف الأعطال الموحدة وتوثيق المؤشرات والاختبارات والحلول المقترحة، يمكنك تبسيط عملية تشخيص الأعطال وحلها. تذكر التزام الإجراءات والمبادئ التوجيهية المعمول بها لضمان الإبلاغ الشامل والدقيق عن الأعطال في الإلكترونيات.

فكِّر مليًّا

فكر في تجربة حديثة شاركت فيها في تقنيات اكتشاف الأعطال في الدوائر أو الأنظمة الإلكترونية. فكر في الطرق التي استخدمتها: مثل الفحص البصري، وتقنيات الدخل إلى الخرج والخرج إلى الدخل، وتقنية الانقسام النصفي، وتقنية العَرَض إلى السبب، وتقنية استبدال الدوائر، ونهج الاختبار التدريجي التنازلي.

بناءً على تفكيرك، كيف كان بإمكانك التعامل مع عملية اكتشاف الأعطال بشكل مختلف لتحقيق نتيجة أكثر كفاءة وفعالية؟

دراسة حالة 2

السياق

ركّب أصحاب المنازل مؤخرًا نظام طاقة شمسية لخفض نفقات الطاقة ودعم الاستدامة البيئية. لكنهم لاحظوا انخفاضًا في إنتاج الطاقة، فأثار ذلك مخاوفهم بشأن فعالية النظام.

مراجعة أولية

عند تلقي تقارير عن انخفاض إنتاج الطاقة، أرسلت شركة الطاقة فنيًّة لتقييم نظام الطاقة الشمسية. بدأت الفنيَّة بفحص جميع المكونات والوصلات بصريًا، بحثًّا عن أي علامات مرئية للتآكل أو التلف.

الفحص البصري

فحصت الفنيَّة الألواح الشمسية والمحولات والبطاريات والأسلاك بدقة بحثًّا عن علامات التآكل أو الصدأ أو التلف المادي. وفحصت أيضًا العوائق، مثل الحطام أو التظليل، التي قد تعيق أداء النظام.

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 148 24/06/2025 06:03:51 ص

تتبع تدفق الطاقة

باستخدام طريقة الدخل إلى الخرج، تتبعت الفنية تدفق الطاقة من الألواح الشمسية إلى خرج الطاقة، الذي عادةً ما يكون المنزل. وفحصت كل مكون على طول المسار، مثل المحولات وأجهزة التحكم في الشحن، بحثًا عن أي مشكلات تؤثر في توليد الطاقة أو توزيعها.

النهج العكسي

استخدمت الفنية طريقة الخرج إلى الدخل بادئةً من خرج الطاقة المتوقع، وهو ما يكفي لتلبية احتياجات الطاقة المنزلية. ثم سارت بالعكس متفحصةَ كل مكون بحثًا عن أعطال مثل الأسلاك المعيبة أو المحولات المعطلة التي تؤثر في إنتاج الطاقة.

النهج المجزأ

لتحديد الأعطال ومعالجتها بمنهجية، قسَّمت الفنية النظام إلى أقسام يمكن إدارتها باستخدام تقنية الانقسام النصفي. وهذا سيساعد في تحديد المشكلات وحلها بكفاءة وتقليل وقت التوقف عن العمل وزيادة خرج الطاقة إلى أقصى حد.

التحليل التشخيصي

بالاعتماد على بيانات الأعطال المسجلة والأداء التاريخي، حلَّلت الفنية إنتاج الطاقة السابق وسلوك النظام. وهذا يساعدها على تحديد الأنماط والأسباب المحتملة وراء انخفاض الأداء.

اختبار المكونات

إذا اشتبهت الفنية في أن أحد المكونات يتسبب في حدوث مشكلات، فإنها تستخدم طريقة استبدال الدائرة. فتُبدل الأجزاء المشتبه بها بأجزاء سليمة معروفة وتعيد اختبار النظام لتحديد ما إذا كانت القطع البديلة ضرورية.

الاختبار المنهجي

باستخدام نهج الاختبار التدريجي التنازلي، قيَّمت الفنية النظام بأكمله قبل الانتقال إلى الأنظمة الفرعية والمكونات الفردية. وهذا يضمن تحديد الأعطال وحلها بشكل شامل.

النتيجة

بالجمع بين الفحص البصري والتقنيات المنهجية لاكتشاف الأعطال، تشخِّص الفنية مشكلات نظام الطاقة الشمسية وإصلاحها. ويضمن نهجها المنظم الأداء الأمثل للنظام، ما يسمح لمالك المنزل بالاستفادة من الطاقة النظيفة والمتجددة. فضلًا عن ذلك، يسهم التحضير الفعال والتخطيط والإبلاغ عن الأعطال في موثوقية النظام واستدامته، ما يسلط الضوء على أهمية الصيانة الاستباقية في أنظمة الطاقة المتجددة.

تمرين تقييمي

يمكن العثور على تمرين تقييمي لنتاج التعلم (ب) كجزء من التمرين التقييمي المجمع 21.2 لنتاجي التعلم (ب) و (ج).

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 149 24/06/2025 06:03:51 ص

ج إجراء القياسات والاختبارات على الدوائر الإلكترونية التناظرية والرقمية لتحديد الأعطال بأمان

ممارسات العمل الآمن

مناقشة

ما بعض تدابير السلامة المحددة التي وجدتها أكثر فعالية في ضمان بيئة عمل آمنة في المختبرات وورش العمل الإلكترونية؟ كيف توازن بين الإنتاجية والسلامة؟ ما الاستراتيجيات التي تستخدمها لتعزيز ثقافة الوعي بالسلامة بين أعضاء الفريق؟

في مجال الإلكترونيات، تعتبر السلامة أمرًا بالغ الأهمية. فقبل الانتقال لإجراء أي قياسات أو اختبارات، من الضروري إنشاء ممارسات عمل آمنة والتزامها. ويجب عليك اتباع الخطوات الآتية قبل القيام بأي أنشطة تتعلق بأجهزة الاختبار واكتشاف الأعطال.

المصطلح الرئيس

بروتوكولات السلامة - تهدف إلى تقليل المخاطر المرتبطة بالأعمال الكهربائية. وتشمل تدابير مثل العزل والتأريض وارتداء معدات الحماية الشخصية لمنع الحوادث. يعد التزام هذه البروتوكولات أمرًا جوهريًا لحماية الأفراد والمعدات والبيئة في أثناء تنفيذ المهام الإلكترونية.

اتباع قواعد السلامة

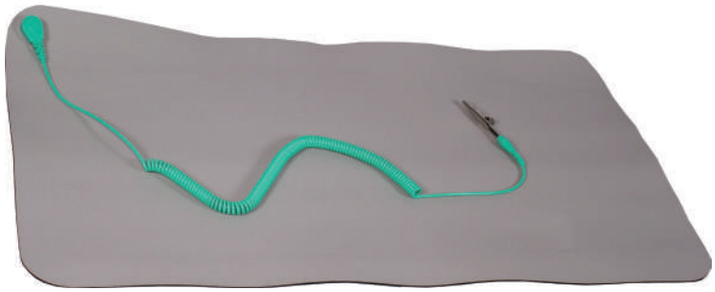
تعرَّف على **بروتوكولات السلامة** المطبقة في منطقة عملك. ويشمل هذا فهم إجراءات الطوارئ ومعرفة مواقع معدات السلامة، مثل طفايات الحريق وأدوات الإسعافات الأولية. ويشمل أيضًا ارتداء معدات الحماية الشخصية المناسبة واستخدام معدات السلامة مثل:

- نظارات الحماية
- قفازات معزولة
- معدات الحماية الشخصية أخرى المشترطة في قياسات أو اختبارات محددة
- الحصائر المناسبة المقاومة للكهرباء الساكنة
- أساور المعصم الموضحة أدناه.

نظارات حماية نموذجية.

مثال نموذجي للقفازات المعزولة.

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 150 24/06/2025 06:03:53 ص



حصيرة نموذجية مقاومة للكهرباء الساكنة.

سوار معصم نموذجي مقاوم للكهرباء الساكنة.

وقفة للتفكير	لماذا من المهم مراعاة قواعد وبروتوكولات السلامة في مجال الإلكترونيات؟
تلميح	فكّر مليًا في المخاطر المحتملة المرتبطة بالعمل على الكهرباء والمكونات الإلكترونية، مثل الصدمات الكهربائية والحروق والحرائق. وفكّر في كيفية تصميم قواعد وبروتوكولات السلامة للتخفيف من هذه المخاطر وضمان راحة الأفراد العاملين في مجال الإلكترونيات.
توسيع الأفق	اكتشف الآثار الأوسع لإهمال تدابير السلامة، مثل الأضرار التي تلحق بالمعدات والخسائر المالية والأضرار التي تلحق بالبيئة.

السلوك المسؤول في بيئة ورشة العمل

حافظ دائمًا على سلوك مسؤول في أثناء العمل في مكان العمل. وتجنب أي إجراءات يمكن أن تعرض سلامتك أو سلامة الآخرين للخطر، وخاصة الجمهور، مثل الجري أو ألعاب العنف أو السلوك المتهور.

تحديد تقييمات المخاطر والضوابط

قبل البدء في أي مهمة، قيّم **المخاطر** التي تنطوي عليها ونفّذ الضوابط المناسبة **للتخفيف** منها. وقد يشمل ذلك عزل مصادر الطاقة أو استخدام أدوات معزولة أو العمل تحت إشراف فني مؤهل. يوضح الجدول 21.6 أدناه مثالًا عن تقييم المخاطر.

المصطلحات الرئيسة

المخاطر - تشير إلى المخاطر أو مصادر الخطر المحتملة التي قد تنشأ في أثناء تصميم الأنظمة الإلكترونية أو تجميعها أو تشغيلها. ويمكن أن تشمل هذه المخاطر الصدمات الكهربائية والحرائق وأعطال المعدات وفقدان البيانات. يعد فهم المخاطر والتخفيف من حدتها أمرًا ضروريًا لضمان سلامة وموثوقية وأداء الأجهزة والأنظمة الإلكترونية.

التخفيف من المخاطر - يشير إلى تقليل المخاطر أو الآثار الضارة بتطبيق إستراتيجيات مثل الحجب أو العزل. ويعمل هذا النهج الاستباقي على تعزيز السلامة والموثوقية، ما يضمن الأداء الأمثل وطول عمر الأنظمة الإلكترونية.

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 151 24/06/2025 06:03:55 ص

الجدول 21.6 مثال عن تقييم المخاطر المستخدم لتحديد المخاطر والتخفيف من حدتها

اسم الشركة: شركة A	المُقيّم: جون دو
تاريخ المراجعة المقبلة: 2024/09/1	تاريخ التقييم: 2024/03/1

الشدة:	الاحتمالية	الخطر (الشدة × الاحتمالية):
1-إصابة أو مرض يستدعي الإسعافات الأولية	1- احتمال ضعيف	1-4-لا يلزم اتخاذ أي إجراء
2- مرض أو إصابة بسيطة	2- غير محتمل	5-9-يجب النظر في تقليل المخاطر
3- إصابة أو مرض لمدة 3 أيام	3- محتمل	10-14-يجب اتخاذ إجراءات لتقليل المخاطر
4- مرض أو إصابة خطيرة	4- محتمل للغاية	15-19-يجب ألا يبدأ النشاط إلا بعد تقليل المخاطر
5- الوفاة أو الإعاقة	5- شبه مؤكد	20-25-النشاط محظور

النشاط	مصدر الخطر	الخطر	الأشخاص المعرضون للأخطار أو مصدر الأخطار	المخاطر الأولية			تدابير التحكم الإضافية	المخاطر بعد التعديل		
				الشدة	الاحتمالية	الخطر		الشدة	الاحتمالية	الخطر
إجراء معالجة آلية لقطعة العمل دون نظام استخراج الغبار	الجسيمات الدقيقة والغازات الضارة التي ينتجها التشغيل	مرض تنفسي. تهيج العين والأنف والحنجرة والرئة.	مشغلو الآلات. الأشخاص القريبين من الآلة	3	3	9	تأكد من تنشيط نظام استخراج الغبار في أثناء المعالجة الآلية لقطعة العمل لإزالة أكبر قدر ممكن من المواد الضارة من الهواء. قد تفيد تهوية منطقة العمل أيضًا. استخدم مرشحات الجسيمات الدقيقة فقط (بحسب التوجيهات الواردة في الدليل). وفّر نظارات واقية لتوفّر لعيون المستخدمين طبقة حماية من الجسيمات الدقيقة. تأكد من عدم تشغيل الآلة إلا بمعرفة أشخاص مؤهلين.	2	2	4
تشغيل الآلة دون تأريض كهربائي أو عدم كفايته	قد يسبب صدمة كهربائية قاتلة و/أو حريق	الوفاة	مشغلو الآلات. الأشخاص القريبين من الآلة	5	4	20	تأكد من توصيل/تثبيت الآلة بشكل صحيح من قبل متخصصين مؤهلين. تأكد من إجراء عمليات تفتيش منتظمة للأسلاك/الآلة من قبل أشخاص مؤهلين. وأوقف استخدام الآلة عند تحديد أي خلل في الأسلاك. وفر مفاتيح إيقاف التيار الكهربائي في غرفة الآلة، وركّب قاطع دائرة خطأ التأريض لعزل الجهاز عن مزود الكهرباء عند اكتشاف خطأ تأريض.	5	1	5
استخدام آلة دون حماية صمامات (مصاهر) كهربائية أو بحماية غير كافية	صدمة كهربائية قاتلة و/أو حريق	الوفاة	مشغلو الآلات. الأشخاص القريبون	5	4	20	تأكد من توصيل/تركيب الآلة بشكل صحيح من قبل متخصصين مؤهلين. تأكد من إجراء عمليات تفتيش منتظمة للصمامات من قبل أشخاص مؤهلين. وفر مفاتيح القطع/الفصل للتيار الكهربائي الرئيس في غرفة الآلة. استخدم فقط الصمامات الموصى بها من قبل الشركة المصنعة.	5	1	5

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 152 24/06/2025 06:03:55 ص

الاستخدام الآمن للأجهزة للغرض المصممة له

تأكد من استخدام الأدوات والمعدات فقط لغرضها المنشود. اتبع إرشادات الشركة المصنعة بشأن التشغيل والصيانة لمنع الحوادث أو تلف المعدات.

حماية الآخرين والنفس

انتبه لسلامة من حولك وسلامة نفسك. أبلِغ مشرفك عن أي مصادر للأخطار أو مخاوف، وتعاون مع الزملاء للحفاظ على بيئة العمل آمنة.

وقفة للتفكير

اذكر بعض الأمثلة عن تدابير السلامة التي يمكنك اتخاذها لحماية نفسك والآخرين في أثناء العمل على الأجهزة الإلكترونية؟

تلميح

فكِّر في الجوانب المختلفة للعمل على الأجهزة الإلكترونية التي تشكل مخاطر، مثل الصدمات الكهربائية والحروق والتعرض للمواد الخطرة. وفكِّر مليًا في تدابير السلامة التي تعالج هذه المخاطر، مثل معدات الحماية الشخصية وإجراءات التعامل مع المعدات المناسبة وبيئات العمل الآمنة.

توسيع الأفق

استكشف أمثلة محددة لتدابير السلامة، مثل استخدام الأدوات المعزولة وارتداء الملابس المناسبة واتباع إرشادات الشركة المصنعة لاستخدام المعدات وصيانتها.

اكتشاف عملي للأعطال في الدوائر التناظرية والرقمية

يعد اكتشاف الأعطال في الدوائر التناظرية والرقمية مهارة بالغة الأهمية لمهندسي وفنيي الإلكترونيات. ويهدف هذا الدليل إلى تقديم إرشادات حول التقنيات العملية لاكتشاف الأعطال في كل من الدوائر التناظرية والرقمية.

سندرس الآتي:

- تحديد مؤشرات العطل
- ظروف قياس الإشارة
- تطبيق خطط اكتشاف الأعطال
- إجراء عمليات الاستكشاف بفعالية لتحديد الأعطال وتصحيحها.

بعد إنشاء ممارسات العمل الآمنة، يمكنك المضي قدمًا في الاكتشاف العملي للأعطال في الدوائر التناظرية والرقمية.

فهم الدوائر التناظرية والرقمية

الآن يجب أن نكون على دراية بكل من الدوائر التناظرية والرقمية، ومع ذلك، سنتعمق في مكونات محددة ذات صلة بالدوائر الفردية. تُظهر الصورة أدناه ملتيميتر يختبر دائرة رقمية.

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 153 24/06/2025 06:03:55 ص

المصطلحات الرئيسة

البوابات المنطقية - عناصر أساسية في الدوائر الإلكترونية، تعمل على إشارات ثنائية لإنتاج خرج محدد بناءً على عمليات منطقية محددة مسبقًا. تؤدي هذه البوابات؛ مثل AND و OR و NOT و XOR، دورًا حيويًا في الحوسبة الرقمية، وتتيح إنشاء أنظمة معقدة بالجمع بين الوظائف المنطقية البسيطة.

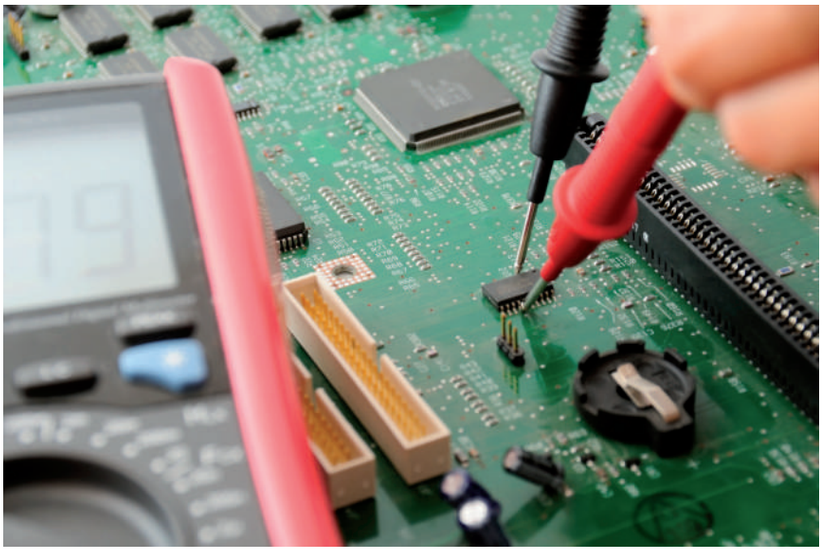
القلابات (أو الدوائر القلابة) - مكونات أساسية تُستخدَم في الدوائر الرقمية لتخزين المعلومات الثنائية. وهي وحدات ذاكرة أساسية قادرة على تخزين بت واحد من البيانات في شكل صفر أو واحد. تعتبر القلابات ضرورية للعديد من التطبيقات، مثل العدادات والسجلات والدوائر المنطقية المتسلسلة، لأنها يتيح تخزين المعلومات الرقمية ومعالجتها في الأنظمة الإلكترونية.

موضوعات ذات صلة

لمزيد من المعلومات حول الدوائر التناظرية، راجع **الوحدة 20: الدوائر الإلكترونية التناظرية**.

موضوعات ذات صلة

لمزيد من المعلومات حول بوابة المنطق، راجع **الوحدة 19: الأجهزة والدوائر الإلكترونية**.



◄ **صورة ملتيميتر يقيس دائرة رقمية متكاملة.**

الدوائر التناظرية

تعالج هذه الدوائر الإشارات المستمرة. وتستخدم عادةً مكونات مثل المقاومات والمكثفات والمكبرات العملياتية. تختلف الفولتية والتيارات بسلاسة بمرور الوقت.

الدوائر الرقمية

تعالج هذه الدوائر إشارات منفصلة تمثلها أرقام ثنائية (الأصفار والآحاد). وتشمل المكونات **البوابات المنطقية والدوائر القلابة** ووحدات التحكم الدقيقة. تكون الإشارات إما عند مستوى منطق مرتفع (واحد) وإما منطق منخفض (صفر).

وقفة للتفكير كيف تختلف الدوائر التناظرية والرقمية من حيث معالجة الإشارات، ولماذا يعد هذا مهمًا في اكتشاف الأعطال؟

تلميح ادرس الاختلافات الأساسية بين الدوائر التناظرية والرقمية في كيفية معالجة الإشارات، بما في ذلك تمثيل البيانات وطرق معالجة الإشارات. فكر في الطبيعة المستمرة للإشارات التناظرية مقابل الطبيعة المنفصلة للإشارات الرقمية، وكيف يؤثر ذلك في طرق اكتشاف الأعطال.

توسيع الأفق اكتشف كيف يعد فهم هذه الاختلافات أمرًا بالغ الأهمية لتشخيص الأعطال بفعالية، حيث يساعد على اختيار التقنيات المناسبة لاستكشاف وإصلاحها المصممة خصيصًا لنوع الدائرة المحدد.

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 154 24/06/2025 06:03:56 ص

ظروف قياس الإشارة

الدوائر التناظرية غير المعطلة

لقياس الدوائر التناظرية غير المعطلة:

- استخدم ملتيميتر لقياس الجهد والتيار والمقاومة في نقاط الاختبار الرئيسة.
- قارن القيم المقاسة بالقيم الاسمية الواردة في مواصفات الدائرة.
- تأكد من أن الفولتية مزوّد الطاقة تقع ضمن نطاقات محددة.
- تحقق من الانحياز وظروف التشغيل المناسبة للمكونات النشطة (مثل الترانزستورات).

الدوائر الرقمية غير المعطلة

لقياس الدوائر الرقمية غير المعطلة:

- استخدم محلل منطق أو ملتيميتر لقياس مستويات المنطق في نقاط مختلفة.
- تحقق من الحالات المنطقية المناسبة (عالية أو منخفضة) وفقًا للإشارة الرقمية المتوقعة.
- تحقق من تردد إشارات الساعة ودورة التشغيل.

تطبيق خطط اكتشاف الأعطال

لتحديد أعراض العطل:

- افهم التشغيل العادي للدائرة للتعرف على السلوك غير الطبيعي.
- ابحث عن مستويات الجهد غير المتوقعة أو الأشكال الموجية المشوهة أو الحالات المنطقية غير الصحيحة.
- استمع للأصوات أو تفقد الروائح غير الطبيعية، التي قد تشير إلى عطل المكونات.

لاختيار تقنية مناسبة لاكتشاف الأعطال:

- قسّم الدائرة إلى كتل وظيفية لعزل العطل.
- استخدم أساليب منهجية مثل التقسيم إلى أجزاء أصغر أو استبدال المكونات.
- استخدم طرق إدخال الإشارات وتتبعها لتحديد مسارات الإشارة ونقاط العطل.

لتحديد الأعطال المشتبه بها:

- استخدم راسمات الذبذبات ومولدات الإشارة ومحللات الطيف لتحليل الإشارات تحليلًا تفصيليًّا.
- افحص المكونات بحثًا عن التلف المادي أو ارتفاع درجة الحرارة أو علامات التآكل.
- نفِّذ فحوصات الاستمرارية وقياسات المقاومة لتحديد الدوائر المفتوحة أو القصيرة.

وقفة للتفكير	فكِّر في الخطوات الموضحة لتحديد مؤشرات العطل وتطبيق تقنيات اكتشاف الأعطال. كيف يمكنك تطبيق هذه الخطوات في الواقع؟
تلميح	فكِّر في الأسلوب المنهجي لتحديد الأعطال، بدءًا من تعرف الأعراض وحتى تطبيق تقنيات اكتشاف الأعطال المناسبة. فكِّر في كيفية استناد كل خطوة على الخطوة السابقة، ما يؤدي إلى تشخيص أكثر كفاءة.
توسيع الأفق	فكِّر في مدى أهمية التخطيط الدقيق والتوثيق والتنفيذ المنهجي لتشخيص الأعطال بنجاح في التطبيقات العملية.

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 155 24/06/2025 06:03:56 ص

اتبع هذه النصائح عند استكشاف الأعطال وإصلاحها:

- وثق النتائج والملاحظات التي تتوصَّل إليها في أثناء عملية اكتشاف الأعطال.
- اعمل بمنهجية ونظام، وركِّز على قسم واحد من الدائرة في كل مرة.
- استخدم أوراق البيانات ومخططات الدوائر لفهم سلوك المكونات والتوصيلات.
- تعاون مع الزملاء أو اطلب التوجيه من الخبراء عند مواجهة المشكلات المعقدة.

يتطلب إتقان عملية تحديد الأعطال في كل من الدوائر التناظرية والرقمية مزيجًا من الخبرة النظرية والعملية. إذا اتبعت الخطوات الموضحة، فستكتسب المهارات اللازمة لاكتشاف الأعطال وإصلاحها في البيئات الإلكترونية، والتأكد من أنها تعمل بسلاسة وموثوقية. فقط راعي معالجة كل مشكلة بصبر ودقة وبطريقة منهجية.

المصطلح الرئيس

الحذر - الانتباه الدقيق للمخاطر المحتملة أو مصادر الخطر لمنع الحوادث أو الإصابات.

بحث

كيف تسهم التقنيات العملية لاكتشاف الأعطال في كل من الدوائر التناظرية والرقمية في ممارسات العمل الآمن في هندسة الإلكترونيات؟ ما الاستراتيجيات الأكثر فعالية لتنفيذ هذه التقنيات مع الحفاظ على بيئة عمل آمنة؟

المهارة

- المشاركة

المشاركة هي العمل مع الآخرين لتحقيق مقصد أو هدف مشترك. يجب توخي **الحذر** عند العمل على الدوائر المتصلة بالكهرباء لمنع حدوث صدمة كهربائية أو تلف المعدات.

فكِّر مليًّا

فكِّر في موقف لاحظت فيه خطرًا محتملًا على السلامة في بيئة عملك المتعلقة بالإلكترونيات. كيف كان بإمكانك التعامل مع الموقف بشكل مختلف لضمان سلامة نفسك والآخرين وفقًا لمبادئ ممارسات العمل الآمن الموضحة في النص؟

تطبيق النظرية

المواد

برنامج محاكاة الدوائر الإلكترونية

أجهزة الحاسوب المكتبية/أجهزة الحاسوب المحمولة المتصلة بالإنترنت

سيناريو الاختبار

بالعمل في مجموعات ثنائية، قم بمحاكاة عطل في دائرة تناظرية أو رقمية باستخدام برنامج المحاكاة المقدم. يمكنك اختيار محاكاة الدوائر من مكتبة البرنامج. ثم محاكاة عطل باستخدام الدائرة التي اخترتها. نفِّذ تقنيات اكتشاف الأعطال ووثق النتائج التي توصلت إليها.

باستخدام نتائج المحاكاة التي أجريتها، اعرض نتائجك على المجموعة.

فكر في أدائك الفردي وقدم تعليقات إلى زملائك.

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 156 24/06/2025 06:03:56 ص

دراسة حالة 3

السيناريو

واجهت شركة (كواليكترونكس)، وهي شركة مرموقة متخصصة في تصنيع الأجهزة الإلكترونية، العديد من المشكلات في أحدث خطوط إنتاجها. وسلطت التعليقات الواردة من العملاء الضوء على الأجزاء المعطلة والسلوك غير المتوقع في كل من الدوائر التناظرية والرقمية. واستجابةً لذلك، كلفت الشركة فريقًا من الفنيين الأكفاء بتنفيذ إجراءات شاملة لاكتشاف الأعطال.

تنفيذ تدابير السلامة

قبل الشروع في أي إجراءات تشخيصية، أجرى الفنيون مراجعة شاملة لبروتوكولات وإرشادات السلامة. وتأكدوا من ارتداء جميع معدات الحماية الشخصية اللازمة، مثل النظارات الواقية والقفازات والأجهزة المقاومة للكهرباء الساكنة. إضافة إلى ذلك، تعرفوا بروتوكولات الطوارئ ومكان وجود معدات السلامة داخل منطقة العمل.

عملية اكتشاف الأعطال

تحديد تقييم المخاطر والضوابط

أجرى الفريق تقييمًا شاملًا للمخاطر في منطقة العمل، وحدَّد مصادر الخطر المحتملة مثل الدوائر النشطة والمعدات المعطلة والمخاوف بشأن وسائل العمل. ونفَّذ الفريق الضوابط المناسبة، مثل عزل مصادر الطاقة، واستخدام الأدوات المعزولة والتزام مسافات العمل الآمنة عند التعامل مع الدوائر المتصلة بالكهرباء.

فهم الدوائر التناظرية والرقمية

درس الفنيون بالتفصيل الفوارق الأساسية بين الدوائر التناظرية والرقمية، وتعرفوا المكونات الرئيسة وسمات الإشارة.

ظروف قياس الإشارة

استخدم الفريق أجهزة الملتيميتر ومحللات المنطق لقياس مستويات الجهد والتيار والمنطق في نقاط اختبار مختلفة في كل من الدوائر التناظرية والرقمية. ثم قارن هذه القياسات بالمواصفات الاسمية للكشف عن الانحرافات والأعطال المحتملة.

تطبيق خطط اكتشاف الأعطال

قسَّم الفنيون الدوائر بشكل منهجي إلى كتل وظيفية، وحدَّدوا الأعطال المحتملة داخل كل جزء. واستخدموا تقنيات مختلفة مثل إدخال الإشارات والتتبع واستبدال المكونات لتحديد السبب الجذري للمشكلات.

استكشاف الأعطال وإصلاحها والتوثيق

في أثناء عملية اكتشاف الأعطال، سجَّل الفريق بدقة ملاحظاته ونتائجه. وعمل بمنهجية مركِّزًا على قسم دائرة واحد في كل مرة، وتعاون مع الزملاء لمعالجة المشكلات المعقدة.

الخاتمة

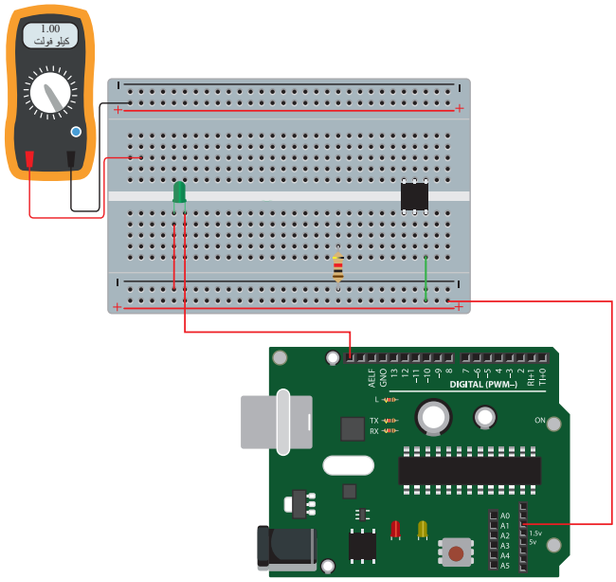
بفضل إعطاء الأولوية للسلامة والدقة طوال عملية اكتشاف الأعطال، حدَّد الفريق في (كواليكترونكس) الأعطال وصحَّحها بفعالية في كل من الدوائر التناظرية والرقمية. وقد ضمن نهجهم المنظم، إلى جانب التوثيق الشامل والعمل الجماعي، موثوقية وفعالية الأنظمة الإلكترونية. وبفضل التدريب المستمر والتزام أفضل الممارسات، يحافظ الفريق على جاهزيته لمواجهة التحديات المستقبلية.

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 157 24/06/2025 06:03:57 ص

مثال عملي 1

اختبار الجهد باستخدام ملتيميتر

باستخدام مخطط الدائرة أدناه، أعِد إنشاء دائرة المقاوم الأساسية هذه. يمكنك استخدام برنامج أو إعادة إنشاء الدائرة باستخدام مكونات مادية.



الإجراء

1 صِل السلك الأسود من الملتيميتر بنقطة GND في الدائرة.

2 صِل السلك الأحمر من الملتيميتر بنقطة V_{out} في الدائرة.

3 أدر قرص الملتيميتر إلى V بخط مستقيم (لجهد التيار المستمر (DC)).

4 اقرأ الجهد المعروض على شاشة الملتيميتر.

اكتشاف الأعطال

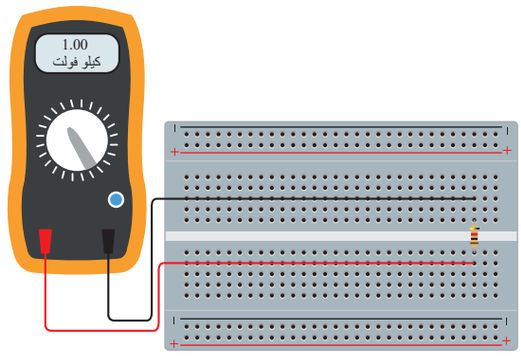
إذا كان الملتيميتر يقرأ 0 فولت عندما يجب أن يوجد جهد، فتحقق من إحكام تركيب التوصيلات. وإذا كان الجهد أقل/أعلى بكثير من المتوقع، فتحقق من قيم المقاوم أو مشكلات مزود الطاقة.

في المثال أعلاه، يجب أن تتوقع قياس 0 فولت. ويمكنك إدخال مقاوم إضافي متصل على التوالي لإنشاء شبكة مقسم الجهد. في هذه الحالة، يجب أن تتوقع قياس 2.5 فولت باستخدام مقاومين 1 كيلو أوم متصلين على التوالي.

مثال عملي 2

قياس المقاومة باستخدام ملتيميتر

باستخدام مخطط الدائرة أدناه، أعِد إنشاء دائرة المقاوم الأساسية هذه. يمكنك استخدام برنامج أو إعادة إنشاء الدائرة باستخدام مكونات مادية.



الإجراء

1 افصل مصدر الطاقة عن الدائرة.

2 صِل أحد أسلاك الملتيميتر بأحد طرفي المقاوم.

3 صِل السلك الآخر للملتيميتر بالطرف الآخر من المقاوم.

4 إذا كنت تستخدم بالفعل ملتيميتر، فأدر قرص الملتيميتر إلى الرمز Ω (للمقاومة).

5 اقرأ قيمة المقاومة المعروضة على شاشة الملتيميتر.

اكتشاف الأعطال

إذا كان الملتيميتر يقرأ لانهاية (الدائرة المفتوحة)، فتحقق من عدم وجود مقاوم مكسور أو مكون غير متصل.

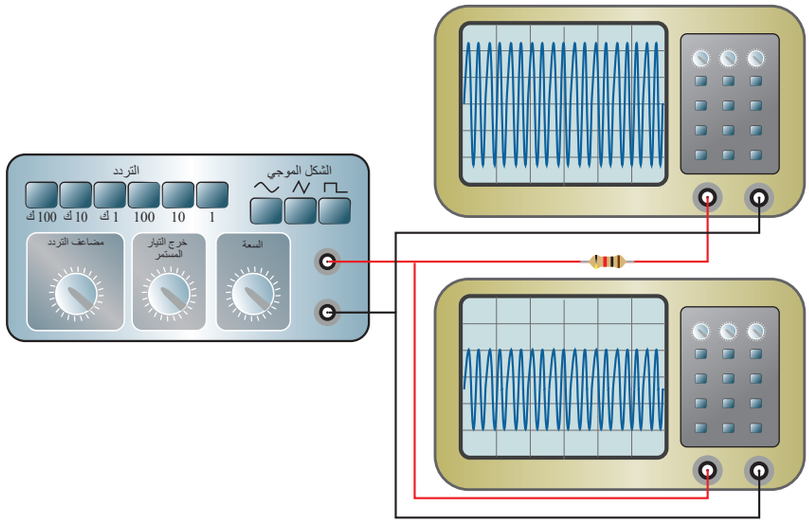
وإذا كانت المقاومة أعلى/أقل بكثير من المتوقع، فتحقق من قيمة المقاوم الصحيحة أو الدوائر القصيرة المحتملة.

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 158 24/06/2025 06:03:57 ص

مثال عملي 3

استخدام راسم الذبذبات لتحليل الإشارة

باستخدام مخطط الدائرة أدناه، أعِد إنشاء دائرة المكثف-المقاوم الأساسية هذه. يمكنك استخدام برنامج أو إعادة إنشاء الدائرة باستخدام مكونات مادية.



الإجراء

1 صِل رأس مجس راسم الذبذبات بنقطة V_{out} في الدائرة.

2 صِل مشبك تأريض راسم الذبذبات بنقطة GND في الدائرة.

3 اضبط إعدادات القاعدة الزمنية والسعة على راسم الذبذبات وفقًا للقيم المناسبة.

4 نشِّط راسم الذبذبات لالتقاط الإشارة.

5 حلِّل الشكل الموجي المعروض على شاشة راسم الذبذبات.

اكتشاف الأعطال

في حالة عدم عرض أي شكل موجي، تحقق من عدم وجود مشكلة في مزوّد الطاقة أو مشكلة في توليد الإشارة. وإذا كان الشكل الموجي مشوهًا، فتحقق من قيم المكونات أو مشكلات تكامل الإشارة. وإذا لم يكن الشكل الموجي على النحو المتوقع، فتحقق من توصيلات المكونات وتصميم الدائرة.

ملحوظة: في المثال الوارد أعلاه، استُخدمت قناتا راسم الذبذبات لمراقبة الإشارات في نقاط مختلفة في الدائرة.

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 159 24/06/2025 06:03:57 ص

تمرين تقييمي 21.2 B.P2, B.P3, B.M2, C.P4, C.P5, C.M3, C.M4, BC.D2

السيناريو

تعمل فنيًّا في ورشة لإصلاح الأجهزة الإلكترونية. وقد كلفك مشرفك بتحسين خطة اختبار اكتشاف الأعطال وتنفيذ تحديد الأعطال في دوائر مختلفة. هدفك هو تحديد الأعطال على نحوٍ صحيح وآمن في كل من الدوائر التناظرية والرقمية التي يحتوي كل منها على أقل من أربع مراحل. وعليك أيضًا تقديم أسباب فعالية عمليات الاختبار واقتراح أي تحسينات أخرى يجب إجراؤها.

المهمة

أعِد خطة اختبار فعالة لاكتشاف الأعطال. وقارن تقنيات الاختبار في كل من الدوائر التناظرية والرقمية. ثم حسِّن خطة اختبار اكتشاف الأعطال، مع التأكد من أنها شاملة وفعالة في تحديد الأعطال بدقة وأمان. حدد الأعطال بشكل صحيح وفعال في دائرتين تناظريتين مع تسجيل النتائج بدقة. وحدد الأعطال بشكل صحيح وآمن وفعال في دائرة منطقية توافقية واحدة ودائرة منطقية تسلسلية واحدة، يحتوي كل منهما على أقل من أربع مراحل. ثم سجِّل النتائج بدقة. قدِّم أسباب فعالية عمليات الاختبار المستخدمة في تحديد الأعطال واقترح المزيد من التحسينات لتعزيز الكفاءة والدقة.

التعليمات

ضع خطة اختبار اكتشاف الأعطال لكل نوع من أنواع الدوائر، مع تحديد تقنيات الاختبار التي ستستخدمها. وحسّن خطة الاختبار للتأكد من أنها تشمل جميع الأعطال المحتملة وأنها فعالة في تحديدها بدقة وأمان. ثم نفِّذ اختبارات تحديد الأعطال للدوائر المحددة، وسجِّل النتائج بدقة. قدِّم أسباب فعالية عمليات الاختبار المستخدمة واقترح تحسينات لإجراءات اكتشاف الأعطال المستقبلية. أرسل تقرير التقييم إلى مشرفك.

التخطيط

- ما المهمة المطلوبة؟ ما المطلوب مني؟
- ما مدى ثقتي في قدرتي على إنجاز هذه المهمة؟
- هل ثمة أي جوانب قد أواجه صعوبة فيها؟

التنفيذ

- أنا واثق مما أفعله وأعرف ما يجب أن أحققه.
- يمكنني تحديد أين أخطأت وتعديل تفكيري أو نهجي للعودة إلى المسار الصحيح.

المراجعة

- أستطيع شرح المهمة وكيف نفذتها.
- يمكنني تحديد أجزاء المهمة التي وجدتها أكثر صعوبة والبحث عن طرق تساعدني على التغلب على أي صعوبات.

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 160 24/06/2025 06:03:57 ص

د مراجعة قياس واختبار الدوائر الإلكترونية وتقييم الأداء الشخصي

د1 الدروس المستفادة من قياس واختبار الدوائر الإلكترونية وتقييم الأداء الشخصي

فكِّر مليًّا

فكِّر في تجربة حديثة حيث شاركت في قياس واختبار الدوائر الإلكترونية. راجع سلوكك في أثناء هذه المهمة وفكِّر في كيفية التصرف بشكل مختلف لضمان التزام بروتوكولات السلامة بشكل أفضل وتحسين أدائك العام.

مهارات الصحة والسلامة

قبل البدء في قياس واختبار الدوائر الإلكترونية، يجب أن تولي سلامتك وسلامة من حولك اهتمامًا خاصًا.

مصادر الخطر الكهربائية

من أجل إدارة **مصادر الخطر** الكهربائية:

- افهم المخاطر المحتملة المرتبطة بالكهرباء، مثل الصدمات الكهربائية والحروق.
- افترض دائمًا أن الدوائر متصلة بالكهرباء حتى يثُبت العكس.
- لا تعمل أبدًا على الدوائر في أثناء نشاطها إلا في حالة الضرورة القصوى ومع مراعاة الاحتياطات المناسبة.
- استخدم الأدوات والمعدات المعزولة عند العمل على الدوائر المتصلة بالكهرباء.

إجراءات الطوارئ

من المهم أن تكون على دراية ببروتوكولات السلامة في مكان عملك. ويجب عليك:

- معرفة موقع مفاتيح ومعدات إيقاف التشغيل في حالات الطوارئ
- اكتساب فهم واضح لإجراءات الطوارئ في حالة وقوع حوادث أو إصابات.

عند وقوع حادث، مثل الصدمة الكهربائية، افصل الكهرباء على الفور واطلب العناية الطبية.

معدات الحماية الشخصية

احرص دائمًا على ارتداء معدات الحماية الشخصية المناسبة الآتية عند العمل على الدوائر الإلكترونية:

- نظارات الحماية
- قفازات معزولة
- أحذية غير موصلة.

تأكد من أن الملابس غير موصلة وخالية من الخيوط السائبة أو الاكسسوارات التي يمكن أن تلتصق بالمعدات.

إدارة منطقة العمل

من المهم الحفاظ على منطقة عملك خالية من مصادر الخطر، ويجب عليك:

- الحفاظ على منطقة عملك نظيفة ومرتبة لتقليل مخاطر الحوادث ولتسهيل العمل الفعال
- تجنب إشغال مناطق العمل بأدوات أو مواد غير ضرورية
- حافظ على مسار واضح لمخارج الطوارئ والمعدات.

المصطلح الرئيس

مصادر الخطر - تشير إلى المخاطر المحتملة أو الأخطار المادية المرتبطة بالعمل على الأنظمة الكهربائية. يمكن أن تشمل الصدمات الكهربائية ومخاطر الحريق والتعرض للمواد الكيميائية والإصابات الجسدية. وتعتبر تدابير السلامة المناسبة، ومنها العزل والتأريض وارتداء معدات الوقاية الشخصية، ضرورية لتحييد مصادر الخطر وضمان ظروف عمل آمنة في البيئات الإلكترونية.

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 161 24/06/2025 06:03:57 ص

مناقشة

استنادًا إلى إرشادات الصحة والسلامة المقدمة، ما الخطوات الإضافية التي يمكنك اتخاذها لضمان سلامتك وسلامة من حولك في أثناء العمل على الدوائر الإلكترونية؟

مهارات قياس الدوائر الإلكترونية واختبارها

اختيار أجهزة الاختبار

عند اختيار جهاز اختبار لقياس الدوائر الإلكترونية، يجب عليك:

- فهم الأنواع المختلفة من أجهزة الاختبار الإلكترونية المتاحة، مثل أجهزة الملتيميتر وراسم الذبذبات ومولدات الإشارات
- تحديد جهاز الاختبار المناسب بناءً على متطلبات القياس أو الاختبار المحددة للدائرة
- تعرُّف ميزات كل جهاز اختبار ووظائفه لضمان الاستخدام السليم.

الاستخدام الصحيح لأجهزة الاختبار

من المهم أن تتعلم كيفية توصيل مجسات وأسلاك الاختبار بشكل صحيح بالدائرة قيد الاختبار. وعليك دائمًا اتباع تعليمات الشركة المصنعة وإرشادات السلامة عند استخدام أجهزة الاختبار والتحقق من معايرة أجهزة الاختبار وعملها بشكل صحيح قبل الاستخدام. احرص دائمًا على توخي الحذر عند إجراء القياسات لتجنب حدوث قِصر دائرة أو تلف المعدات.

المهارات الهندسية العامة

الرياضيات مهمة في الهندسة. يجب عليك إجادة المفاهيم الرياضية ذات الصلة بالإلكترونيات، مثل الجبر وعلم المثلثات وحساب التفاضل والتكامل. ويمكنك استخدام هذه المبادئ الرياضية لتحليل الدوائر وحساب قيم المكونات وحل المشكلات.

القدرة على تفسير الرسومات مهمة أيضًا في الهندسة. ويجب عليك:

- اكتساب القدرة على تفسير الرسومات التخطيطية وتصميمات الدوائر والرسومات الفنية
- فهم الرموز والعلامات شائعة الاستخدام في مخططات الدوائر الإلكترونية
- التدّرب على ترجمة الرسومات التخطيطية إلى تطبيقات الدوائر المادية.

تقييم الأداء الشخصي

بعد إتمام دروس الصحة والسلامة، وقياس الدوائر الإلكترونية واختبارها، ومهارات الهندسة العامة، خصص وقتًا للتفكير في أدائك والدروس المستفادة.

ويجب عليك:

- **تحديد نقاط القوة ونقاط الضعف**: قيّم كفاءتك في كل مجال تناولته، وحدِّد الجوانب التي تتفوق فيها والجوانب التي تحتاج إلى تحسين.
- **تحديد أهداف للتحسين**: ضع أهدافًا محددة لتعزيز مهاراتك ومعرفتك في قياس الدوائر الإلكترونية واختبارها. ضع خطة لمعالجة جوانب الضعف من خلال الممارسة الإضافية أو الدراسة أو طلب التوجيه من المعلمين أو الزملاء.
- **تنفيذ التعلم المستمر**: التزم بالتعلم المستمر والتطوير المهني في مجال الإلكترونيات. وابق على اطلاع دائم بالتطورات في التكنولوجيا وأفضل ممارسات القياس والاختبار.

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 162 24/06/2025 06:03:58 ص

باتباع هذا الدليل وتقييم أدائك الشخصي، ستكون مؤهلًا بشكل أفضل لقياس الدوائر الإلكترونية واختبارها بأمان وفعالية، مع تحسين مهاراتك باستمرار في هذا المجال الهندسي.

بحث

كيف يسهم تقييم الأداء الشخصي في أثناء قياس الدوائر الإلكترونية واختبارها في تطوير بروتوكولات السلامة الفعالة وتحسين المهارات التقنية في مجال هندسة الإلكترونيات؟

الأداء الشخصي في أثناء قياس الدوائر الإلكترونية واختبارها

قبل الخوض في الجوانب التقنية، من الضروري فهم السلوكيات التي تسهم في نجاح القياس والاختبار في الدوائر الإلكترونية. وفي ما يأتي تفاصيل عن هذه السلوكيات:

- **تخطيط الوقت وإدارته**: حدد أولويات المهام وخصص وقتًا كافيًا لكل نشاط. وأنشئ جدولًا أو مسارًا زمنيًا لضمان تنفيذ جميع الأنشطة بترتيب مناسب. وعدل الخطط بحسب الحاجة لاستيعاب التحديات أو التأخيرات غير المتوقعة.
- **مهارات التواصل والتثقيف**: اتبع التعليمات بعناية ونفذها بدقة. وفسِّر بفعالية الوثائق، مثل مخططات الدوائر وإجراءات الاختبار. وأبلغ بالنتائج والتقدم بوضوح ودقة، كتابيًا وشفهيًا. استمع بانتباه إلى التعليمات واطرح أسئلة توضيحية عند الضرورة.
- **حل المشكلات والمثابرة**: تعامل مع التحديات بعقلية منطقية ومنهجية. وحدد الأعطال بشكل منهجي باستخدام تقنيات التشخيص ومعدات الاختبار. تحل بالمثابرة في جهود استكشاف الأعطال وإصلاحها، حتى عند مواجهة مشكلات معقدة. واطلب المساعدة من الأقران أو المعلمين عند الحاجة، واعمل أيضًا على تطوير مهارات حل المشكلات المستقلة.

وقفة للتفكير	كيف يسهم تخطيط الوقت وإدارته ومهارات التواصل وحل المشكلات في القياس والاختبار الناجحين للدوائر الإلكترونية؟
تلميح	فكِّر في المراحل المختلفة لقياس الدوائر الإلكترونية واختبارها، بما في ذلك التحضير والتنفيذ وتحليل النتائج. وادرس مدى فعالية تخطيط وإدارة الوقت لضمان تنفيذ المهام بكفاءة والوفاء بالمواعيد النهائية. وانظر في أهمية مهارات التواصل الواضح في نقل المعلومات بدقة بين أعضاء الفريق أو أصحاب المصلحة. إضافة إلى ذلك، فكِّر في كيف تساعد قدرات حل المشكلات على استكشاف المشكلات التي تنشأ في أثناء عمليات القياس والاختبار.
توسيع الأفق	اكتشف كيف تسهم هذه المهارات مجتمعةً في التنفيذ السلس والناجح لأنشطة القياس والاختبار، ما يؤدي إلى نتائج موثوقة ودقيقة.

تقييم أدائك الشخصي

بعد فهم السلوكيات ذات الصلة بقياس الدوائر الإلكترونية واختبارها، من الضروري تقييم أدائك الشخصي وتحديد جوانب التحسين. وفي ما يأتي بعض جوانب التقييم الإضافية للمساعدة:

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 163 24/06/2025 06:03:58 ص

- **تقييم إدارة الوقت**: قيّم مدى فعالية تخطيط وقتك وإدارته في أثناء أنشطة القياس والاختبار. وحدد الجوانب التي يمكن فيها تحسين إدارة الوقت، مثل تخصيص الكثير أو القليل جدًا من الوقت لمهام معينة.
- **تقييم مهارات التواصل**: فكّر مليًا في قدرتك على اتباع التعليمات بدقة وتفسير الوثائق بفعالية. وانظر في مدى جودة إبلاغ الآخرين عن نتائجك وتقدمك شفهيًا وكتابيًا. وحدّد الجوانب التي يمكن أن تحسّن فيها التواصل، مثل طرح المزيد من الأسئلة بغرض التوضيح أو تحسين التقارير المكتوبة.
- **راجع إستراتيجيات حل المشكلات**: قيّم نهجك لحل المشكلات والمثابرة في أثناء مهام استكشاف الأعطال وإصلاحها. فكّر في فعالية التفكير المنطقي والقدرة على تحديد الأعطال. وتفكر مليًا في أي تحديات واجهتها وكيف تغلبت عليها، إضافة إلى جوانب تحسين مهاراتك في حل المشكلات.

وقفة للتفكير	حدد جوانب القوة والجوانب التي تحتاج إلى تحسين في أدائك في أثناء أنشطة القياس والاختبار. كيف ستتعامل مع هذه الجوانب من الآن فصاعدًا؟
تلميح	فكّر مليًا في تجاربك في أنشطة القياس والاختبار، مع مراعاة كل من النتائج الناجحة والجوانب التي واجهت فيها تحديات. وقيّم جوانب القوة لديك، مثل الاهتمام بالتفاصيل والكفاءة الفنية، والجوانب التي تحتاج إلى تحسين، مثل مهارات إدارة الوقت والتواصل. فكر في استراتيجيات معالجة هذه الجوانب للمضي قدمًا، مثل السعي للحصول على مزيد من التدريب أو الإرشاد، أو ممارسة تقنيات إدارة الوقت أو العمل بنشاط على تعزيز مهارات التواصل.
توسيع الأفق	فكر كيف يسهم الوعي الذاتي والتزام التحسين المستمر في النمو الشخصي والمهني في مجال القياس والاختبار.

دراسة حالة 4

السيناريو

تواجه أوتوتكسيرف سولوشنز، المزود الشهير لخدمات السيارات، مشكلات في الأنظمة الإلكترونية في أسطول مركباتها. وقد أدت التقارير المستلمة عن المكونات المعيبة والسلوك غير المنتظم في الدوائر الإلكترونية المختلفة إلى عمل الشركة على تجميع فريق متخصص من الفنيين لتشخيص هذه المشكلات وتصحيحها.

تنفيذ مهارات الصحة والسلامة

فهم مصادر الخطر الكهربائية: أعطى الفريق الأولوية للسلامة من خلال الفهم الشامل للمخاطر المحتملة المرتبطة بالكهرباء، مثل الصدمات الكهربائية والحروق. وتبنى نهجًا حذرًا، وعامل جميع الدوائر على أنها مزودة بالكهرباء حتى يثبت العكس.

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 164 24/06/2025 06:03:58 ص

الاستعداد للطوارئ: تعرَّف فنيو أوتوتكسيرف إجراءات الإغلاق في حالات الطوارئ وموقع معدات السلامة، وذلك لضمان الاستجابة السريعة لأي حوادث أو إصابات قد تحدث في أثناء الاختبار.

استخدام معدات الحماية الشخصية: ارتدى الفريق باستمرار معدات الحماية الشخصية المناسبة، مثل النظارات الواقية والقفازات المعزولة، للتخفيف من المخاطر المرتبطة باختبار الدوائر الإلكترونية وصيانة المركبات.

إدارة منطقة العمل: إن الحفاظ على مساحات العمل نظيفة ومنظمة يقلل مخاطر الحوادث ويسهل إنجاز العمليات بفعالية. حرص الفنيون على توفير مسارات خالية لمخارج الطوارئ والمعدات لتقليل المخاطر المحتملة.

مهارات قياس الدوائر الإلكترونية واختبارها

اختيار أجهزة الاختبار: اختار الفنيون بمهارة أجهزة الاختبار المناسبة، مثل أجهزة الملتيميتر وأجهزة المسح التشخيصية، بناءً على متطلبات المركبة المحددة، وهذا يضمن إجراء قياسات وتشخيصات دقيقة.

الاستخدام الصحيح لأجهزة الاختبار: اتبع الفريق بدقة إرشادات الشركة المصنعة لتوصيل المجسات والأسلاك، ما يضمن معايرة جميع أجهزة الاختبار وعملها بشكل صحيح قبل الاستخدام.

المهارات الهندسية العامة

الكفاءة الرياضية: استخدم الفريق مهاراتهم الرياضية لتحليل مخططات الدوائر وحساب قيم المكونات واستكشاف المشكلات الكهربائية المعقدة بفعالية.

تفسير مخططات المركبات: أتقن فنيو أوتوتكسيرف تفسير مخططات المركبات ومخططات الأسلاك، ما مكنهم من تشخيص الأعطال الإلكترونية وإصلاحها بدقة.

تقييم الأداء الشخصي

تخطيط الوقت وإدارته: حدَّد كل فني أولويات المهام وإدارة الوقت بفعالية، وذلك لضمان تنفيذ إجراءات التشخيص في الوقت المناسب وتقليل وقت تعطل المركبة لأدنى حد.

مهارات التواصل والتثقيف: أبدى الفنيون مهارات تواصل فعالة من خلال نقل نتائج التشخيص بدقة إلى الزملاء والعملاء، سواء شفهيًا أو باستخدام التقارير المكتوبة.

حل المشكلات والمثابرة: تعامل فنيو أوتوتكسيرف مع تحديات التشخيص بعقلية منهجية، وثابروا من أجل تحديد السبب الجذري للمشكلة وحله.

الخاتمة

بفضل إعطاء الأولوية للسلامة وتحسين مهارات القياس والاختبار وتقييم الأداء الشخصي، نجح فنيو أوتوتكسيرف سولوشنز في معالجة المشكلات الإلكترونية التي يواجهها أسطول مركباتهم. وأكَّد التزامهم بالسلامة والكفاءة التقنية والتفاني في التحسين المستمر على فعاليتهم في ضمان موثوقية وأداء إلكترونيات المركبات.

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 165 24/06/2025 06:03:58 ص

تمرين تقييمي 21.3 D.P6, D.P7, D.M5, D.D3

السيناريو

تعمل فنيًّا ماهرًا في ورشة إصلاح الإلكترونيات. تضمنت مهمتك الأخيرة اكتشاف الأعطال في دوائر مختلفة. ولقد أثبتت كفاءتك في تطبيق ممارسات الصحة والسلامة وتقنيات القياس والمهارات الهندسية العامة. وطبقت أيضًا السلوكيات الأساسية ذات الصلة بعمليات القياس والاختبار الفعالة.

المهمة

اشرح كيف طبقت بفعالية ممارسات الصحة والسلامة وتقنيات القياس والمهارات الهندسية العامة في أثناء عملية اكتشاف الأعطال. صِف كيفية تطبيق السلوكيات ذات الصلة، مثل الانتباه إلى التفاصيل والتزام البروتوكولات، لضمان القياس الدقيق للدوائر واختبارها. ثم قدم توصية بالتحسينات اللازمة على كل من عمليات القياس والاختبار للدوائر والسلوكيات المطبقة خلال هذه الإجراءات. أبدي فهمًا تقنيًّا وتحليلًا جيدًا لقياس الدوائر الإلكترونية واختبارها، بما في ذلك تطبيق السلوكيات ذات الصلة والمهارات الهندسية العامة وفق مستوى احترافي.

التعليمات

فكر في تجربتك الأخيرة في دوائر اكتشاف الأعطال ووثق كيفية تطبيق ممارسات الصحة والسلامة وتقنيات القياس والمهارات الهندسية العامة بفعالية. قدم أمثلة على السلوكيات ذات الصلة التي طبقتها في أثناء قياس الدوائر واختبارها، واشرح أهميتها في ضمان الدقة والسلامة. قدم توصيات مدروسة لتعزيز كل من عمليات القياس والاختبار للدوائر والسلوكيات المطبقة في أثناء هذه المهام. تأكد من أن تفسيراتك وتوصياتك تُظهر مستوى عالٍ من الفهم والتحليل التقني، ما يعكس معيارًا احترافيًّا. أرسل تقرير التقييم الذي يوضح بالتفصيل أفكارك وتوصياتك إلى مشرفك للتقييم.

التخطيط

- ما المهمة المطلوبة؟ ما المطلوب مني؟
- ما مدى ثقتي في قدرتي على إنجاز هذه المهمة؟
- هل ثمة أي جوانب قد أواجه صعوبة فيها؟

التنفيذ

- أنا واثق مما أفعله وأعرف ما يجب أن أحققه.
- يمكنني تحديد أين أخطأت وتعديل تفكيري أو نهجي للعودة إلى المسار الصحيح.

المراجعة

- أستطيع شرح المهمة وكيف نفذتها.
- يمكنني تحديد أجزاء المهمة التي وجدتها أكثر صعوبة والبحث عن طرق تساعدني على التغلب على أي صعوبات.

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 166 24/06/2025 06:03:58 ص

فكِّر في المستقبل

مارك تشانغ، فني اختبار إلكتروني واكتشاف أعطال يبلغ من العمر 24 عامًا يستمتع بخوض التحديات وحل الألغاز الإلكترونية.

الرحلة المهنية

بدأ شغف مارك بالإلكترونيات خلال سنوات دراسته الجامعية، حيث حصل على شهادة في الهندسة الكهربائية مع تخصص في الإلكترونيات. وبعد حصول مارك على مدة تدريب في إحدى شركات التكنولوجيا الكبرى، سرعان ما جذبت مهارته في استكشاف الأعطال وإصلاحها والانتباه للتفاصيل انتباه المشرفين عليه، ما أدى إلى حصوله على وظيفة بدوام كامل بعد التخرج.

خلال العامين اللذين قضاهما في الشركة، أصبح مارك الشخص المفضل لتشخيص الأعطال الإلكترونية وإصلاحها. بفضل خبرة مارك في تقسيم لوحات الدوائر والضبط الدقيق للأنظمة المعقدة، حظي بالتقدير بين الزملاء والعملاء على حد سواء.

الروتين اليومي

كل يوم، يبدأ مارك بمراجعة أهداف المشروع وخوض اختبار المكونات والأنظمة الإلكترونية باستخدام بعض الأدوات المتخصصة للغاية. وعندما تنشأ مشكلة، يحلل الخطط وأوراق البيانات بدقة لتحديد مصدر المشكلة، وغالبًا ما يتعاون مع فرق مختلفة لإيجاد الحلول.

إلى جانب استكشاف الأعطال وإصلاحها، يسهم مارك أيضًا في مناقشات التصميم، ويقدم رؤى حول كيفية جعل الأنظمة أكثر قابلية للاختبار وموثوقة. يبحث مارك دائمًا عن طرق وتقنيات اختبار جديدة للبقاء في الطليعة.

الشغف خارج العمل

خارج المكتب، يعد مارك من عشاق الأعمال اليدوية، ويتعامل دائمًا مع مشاريع الإلكترونيات ويستكشف طرقًا جديدة لتعزيز مهاراته. ويحب مارك أيضًا الطبيعة، حيث يقضي عطلات نهاية الأسبوع غالبًا في التنزه في الحدائق القريبة والاستمتاع بجمال المناطق المفتوحة وتسجيله من خلال التصوير الفوتوغرافي.

مارك متحمس أيضًا لرد الجميل للمجتمع، والتطوع ليكون مرشدًا للمهندسين الناشئين والمشاركة في برامج التوعية بالعلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات لإلهام المبتكرين المستقبليين.

وفي واقع الأمر، فإن الخبرة الفنية التي يتمتع بها مارك والاهتمامات المتنوعة تمثل أساسًا قيمًا في حياته المهنية والشخصية.

نصائح مارك:

- **التعلم المستمر:** لا تتوقف أبدًا عن التعلم، سواء من خلال التعليم الرسمي أو المشاريع العملية.
- **الخبرة العملية:** اسع وراء فرص التدريب المهني الداخلي ووظائف المستوى الأولي لاكتساب خبرة في العالم الحقيقي.
- **مهارات حل المشكلات:** حسِّن قدرتك على حل المشكلات المعقدة من خلال تقسيمها واستكشاف حلول متعددة.
- **التواصل:** طوِّر مهارات تواصل قوية للتعاون بفعالية مع الزملاء وأصحاب المصلحة.
- **تعلم من الإخفاق:** تعامل مع الإخفاق على أنه فرصة للتعلم واستخدمه للتحسين.
- **الشغف والمثابرة:** كن شغوفًا بعملك وثابر في التغلب على العقبات.
- **التواصل وبناء العلاقات والإرشاد:** ابن شبكة مهنية وابحث عن الإرشاد للحصول على التوجيه والدعم.

XXXX-3 Engineering Unit 21_AR.indd 167 24/06/2025 06:03:59 ص

تعرُّف الوحدة

تُستخدَم المنتجات الإلكترونية في مجموعة واسعة من التطبيقات، بدءًا من الهواتف الذكية وأجهزة التلفزيون عالية الدقة ووصولًا إلى الطائرات المزودة بأنظمة التحكم الإلكتروني والمركبات المزودة بنظام الركن الذاتي. في هذه الوحدة، ستدرس كيف يمكن تقسيم الأنظمة الإلكترونية إلى كتل وظيفية أبسط. وستدرس أيضًا كيفية دمج الوظائف المختلفة لتكوين نظام، وكيفية تدفق الإشارات عبرها.

تركز هذه الوحدة على فهم الوظائف التي ينفذها النظام وليس آلية تنفيذه لها.

تستعين مجالات صناعية كثيرة بالمهندسين والفنيين لأداء العديد من الوظائف المختلفة. إذا عملت في إحدى هذه الوظائف، فقد تصمِّم الأنظمة أو تختار أنسب الأنظمة لاستخدامات محددة، وقد تتولَّى صيانة الأنظمة الإلكترونية وإصلاحها. مهما كانت دورك، ستحتاج إلى اكتساب معرفة واسعة ومهارات متعددة في الأنظمة المختلفة. ستساعدك هذه الوحدة على تطوير نهج منظم لجمع البيانات من أنظمة العمل، ويمكنك استخدام هذه البيانات لتشخيص الأعطال في الأنظمة الإلكترونية.

التقييم

ستُقيَّم بسلسلة من الواجبات التي يحددها مُعلمك.

كيفية إجراء التقييم

ستُقَيَّم هذه الوحدة بسلسلة من المهام المقيّمة داخليًّا التي يحددها معلمك. في أثناء دراستك لهذه الوحدة، ستجد أنشطة عبارة عن تمارين تقييمية تساعدك على إنجاز تقييمك بنجاح. وإنجاز هذه الأنشطة لا يعني أنك قد حصلت على درجة معينة، بل يعني أنك قد نفذت بحثًا أو تدريبًا مفيدًا سيكون مناسبًا عند إنجاز واجبك النهائي.

من أجل تنفيذ المهام المحددة في واجبك، من المهم التأكد من أنك قد استوفيت جميع معايير التقييم. ويمكنك تحقيق ذلك بإتمام الواجبات التي تُكلَّف بها.

إذا كنت تهدف إلى تحقيق درجة التفوق أو الامتياز، فيجب عليك التأكد من تقديم المعلومات في واجبك بالأسلوب الذي يتطلبه معيار التقييم ذي الصلة، فعلى سبيل المثال، يتطلب معيار التفوق منك التحليل، بينما يتطلب معيار الامتياز منك التقييم.

ستتألف الواجبات التي حددها معلمك من عدد من المهام المُصمَّمة لتلبية المعايير الواردة في الجدول، ومن المحتمل أن تأخذ شكل تقارير مكتوبة، ولكنها قد تشمل أيضًا أنشطة مثل:

- تقرير مكتوب يستعرض خصائص الإشارات التناظرية والرقمية، وكتل النظام ومخططات الكتل وأنظمة التحكم مفتوحة الحلقة ومغلقة الحلقة، ويورد الحسابات الداعمة.
- سجل يلخص التجربة العملية وتقارير تستكشف الأنظمة الفرعية التي تُشكل الأنظمة التناظرية والرقمية المعقدة، وقياس تدفق الإشارات من خلالها، واستخدام محولات الإشارات في الأنظمة الإلكترونية المختلطة.
- سجل لتوثيق اكتشاف الأعطال في الأنظمة الإلكترونية التناظرية والرقمية والمختلطة ذات العطل الواحد. يجب أن تتضمن الأدلة مخططات الكتلة وخطط اكتشاف الأعطال التي تحدد التقنيات واختيار الأجهزة ونقاط الاختبار وتقارير الاختبار والنتائج والاستنتاجات. يجب أن تحتوي الأدلة أيضًا على سجلات الملاحظة/إفادات الشهود.

معايير التقييم

يوضح لك هذا الجدول ما يجب عليك تنفيذه بهدف الحصول على درجة النجاح أو التفوق أو الامتياز، وأين يمكنك إيجاد أنشطة لمساعدتك.

النجاح	التفوق	الامتياز
نتاج التعلم أ دراسة مبادئ الأنظمة الإلكترونية التناظرية والرقمية المطبّقة في المجال		
A.P1 شرح خصائص الإشارات التناظرية والرقمية باستخدام الأمثلة. **تمرين تقييمي 23.1** **A.P2** رسم تخطيطي لنظام تناظري معقد ونظام إلكتروني رقمي معقّد. **تمرين تقييمي 23.1** **A.P3** شرح تشغيل أنظمة الحلقة المفتوحة والمغلقة في نظام تناظري معقد ونظام رقمي معقد باستخدام مخططات الكتلة وحساب خرج كل دخل معين. **تمرين تقييمي 23.1**	**A.M1** تحليل الإشارات وتدفقها في النظامين لحساب إخراجات أنظمة الحلقة المفتوحة والمغلقة. **تمرين تقييمي 23.1**	**A.D1** تقييم خصائص النظامين في أنظمة الحلقة المفتوحة والمغلقة، باستخدام لغة صحيحة تقنيًّا، وحساب الإخراجات المتوقعة **تمرين تقييمي 23.1**
نتاج التعلم ب استكشاف خصائص الأنظمة الإلكترونية التناظرية والرقمية والمختلطة، ودور تحويل الإشارات في تطبيقات التحكم		
B.P4 قياس الإشارات بأمان في نظام تناظري ونظام رقمي ونظام إلكتروني مختلط يتضمن تحويل الإشارة. **تمرين تقييمي 23.2** **B.P5** شرح بنية الأنظمة الإلكترونية التناظرية والرقمية والمختلطة التي تتضمن تحويل الإشارات وآلية تشغيلها باستخدام الحسابات النظرية ونتائج الاختبارات. **تمرين تقييمي 23.2**	**B.M2** قياس الإشارات بدقة عند نقاط اختبار محددة، في الأنظمة الثلاثة التي تتضمن تحويل الإشارة. **تمرين تقييمي 23.2** **B.M3** تحليل بنية الأنظمة الثلاثة التي تتضمن تحويل الإشارات وآلية استخدامها باستخدام الحسابات النظرية ونتائج الاختبار. **تمرين تقييمي 23.2**	**B.D2** تقييم بنية وآلية تشغيل الأنظمة الإلكترونية التناظرية والرقمية والمختلطة التي تتضمن تحويل الإشارات في أنظمة التحكم ذات الحلقات المفتوحة والمغلقة، استنادًا إلى نتائج الاختبار التي تحصلت عليها بأمان والحسابات النظرية. **تمرين تقييمي 23.2**
نتاج التعلم ج إجراء عملية اكتشاف الأعطال بأمان على الأنظمة الإلكترونية المعقدة على النحو المطبق في المجال		
C.P6 إعداد خطة لاكتشاف الأعطال في نظام إلكتروني تناظري وآخر رقمي وثالث مختلط يتضمن تحويل الإشارات وممارسات العمل الآمن. **تمرين تقييمي 23.3** **C.P7** اختبار كل من الأنظمة الثلاثة بأمان وتشخيص عطل واحد في النظام التناظري أو الرقمي على الأقل تشخيصًا صحيحًا. **تمرين تقييمي 23.3**	**C.M4** وضع خطة مفصلة لاكتشاف الأعطال في الأنظمة الثلاثة التي تتضمن تحويل الإشارة. **تمرين تقييمي 23.3** **C.M5** اختبار كل نظام من الأنظمة الثلاثة، وتشخيص عطل واحد في النظام المختلط والنظام التناظري أو الرقمي على الأقل تشخيصًا صحيحًا. **تمرين تقييمي 23.3**	**C.D3** تشخيص عطل واحد في كل نظام من الأنظمة الثلاثة تشخيصًا صحيحًا، وذلك بالاستخدام خطط اكتشاف الأعطال والوثائق والمهارات والعمل بأمان. **تمرين تقييمي 23.3**

بدء النشاط

يتطلب تحديد الأعطال في الأنظمة التناظرية والرقمية توظيف كل خبرتك ومعرفتك بالمكونات والدوائر الإلكترونية.

اكتب قائمة بالمكونات والدوائر التي درستها بالفعل. هل يمكنك تذكر كيفية تطبيق المبادئ الكهربائية ذات الصلة لمعرفة كيفية عملها؟

اكتب قائمة بالأدوات الإلكترونية ومعدات الاختبار التي استخدمتها. ما مدى ثقتك في استخدامها بأمان وبطريقة صحيحة؟

في نهاية هذه الوحدة، راجع القوائم التي كتبتها واستكشف ما اكتسبته من معارف ومهارات جديدة.

نتاجات التعلم

ستتعلم في هذه الوحدة:

أ} دراسة مبادئ الأنظمة الإلكترونية التناظرية والرقمية المطبَّقة في المجال

ب} استكشاف خصائص الأنظمة الإلكترونية التناظرية والرقمية والمختلطة، ودور تحويل الإشارات في تطبيقات التحكم

ج} إجراء عملية اكتشاف الأعطال بأمان على الأنظمة الإلكترونية المعقدة على النحو المطبق في المجال.

موضوعات ذات صلة

توفر بعض الوحدات مزيدًا من المعلومات الأساسية حول كيفية عمل الأنظمة التناظرية والرقمية.

الوحدة 19: الأجهزة والدوائر الإلكترونية توفر مزيدًا من التفاصيل حول بنية المكونات الإلكترونية وتشغيلها وكيفية استخدامها في الدوائر.

الوحدة 20: الدوائر الإلكترونية التناظرية تصف كيف يمكن تصميم أنواع مختلفة من الدوائر الإلكترونية التناظرية ومحاكاتها واختبارها.

الوحدة 21: القياس والاختبار الإلكتروني للدوائر تعرض كيفية استخدام الأدوات وأدوات القياس الإلكترونية للتحقق من التشغيل الصحيح للدوائر الإلكترونية.

الوحدة 57: المبادئ الكهربائية والإلكترونية تتناول المهارات والمبادئ الرياضية الأساسية لتحليل الدوائر الإلكترونية.

أ} دراسة مبادئ الأنظمة الإلكترونية التناظرية والرقمية المطبَّقة في المجال

المقدمة

في هذا الجزء ستتعرف خصائص الإشارات التناظرية وكيف يمكن تكييفها لتلبية المواصفات التشغيلية.

وستدرس إشارات المنطق الرقمي وتبحث في أوجه التشابه والاختلاف بين العائلات المنطقية المختلفة. وستقارن بين عملياتها النظرية والعملية.

ستدرس أيضًا الفرق بين دوائر المنطق التوافقية والمتسلسلة وتستكشف كيفية تمثيل الأنظمة المعقدة في شكل مخططات الكتل. وستتعرف كيفية استخدام تسلسلات التصميم الهرمية لإنشاء أنظمة معقدة من كتل بسيطة.

بحث

ناقش في مجموعة صغيرة ما تفهمه من المصطلحات الآتية:

أ) التناظري

ب) الرقمي.

صمِّم جدولًا يحتوي في عمود على أمثلة عن الأنظمة التناظرية وفي عمود آخر على أمثلة عن الأنظمة الرقمية.

شارك أفكارك مع مجموعات أخرى.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 170 24/06/2025 06:06:04 ص

خصائص الإشارات التناظرية والرقمية

الإشارات التناظرية

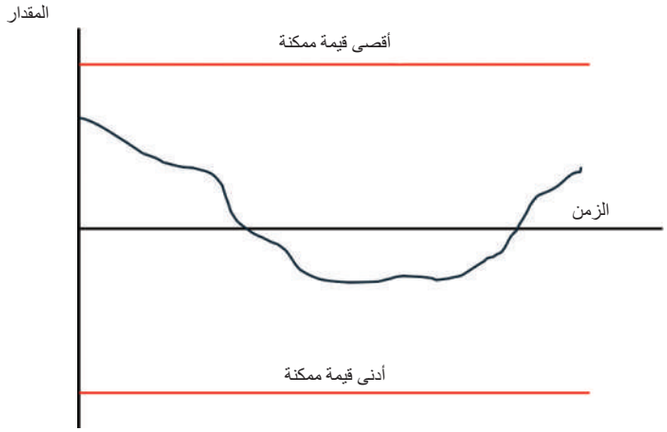
المصطلح الرئيس

الإشارة التناظرية – جهد أو تيار يمكن أن يتغير مقداره باستمرار مع مرور الوقت.

تمثل الإشارة الكهربائية شكلًا من أشكال البيانات، مثل درجة الحرارة والضغط والصور والأصوات.

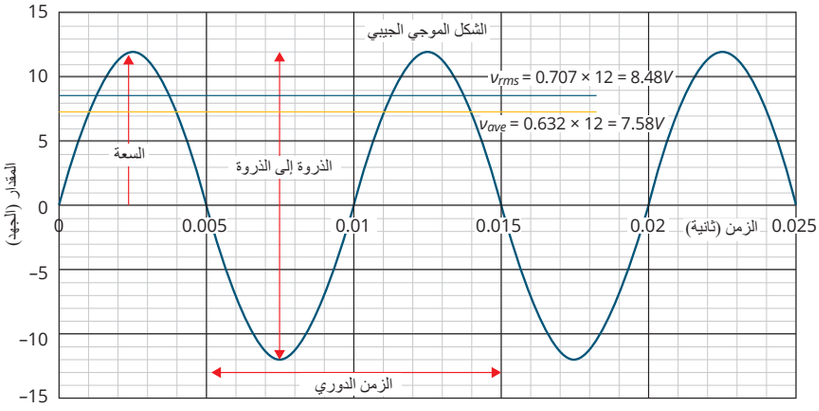
يمكن أن يأخذ مقدار (سعة) **الإشارة التناظرية** أي قيمة ضمن نطاق محدد. فالإشارة الكهربائية التناظرية هي جهد أو تيار يمكن أن يتغير مقداره باستمرار مع مرور الوقت، كما هو موضح في الشكلين 23.1 و23.2. موجات الراديو وموجات التلفزيون مثالان على الإشارات التناظرية.

يوضح الشكل 23.1 إشارة تناظرية عامة. لاحظ أن المقدار يمكن أن يكون أي قيمة بين الحدين الأقصى والأدنى للنظام. لذلك هناك عدد لا نهائي من القيم الممكنة. عادةً ما تُحدَّد حدود النظام بناءً على حدود مزوّد الطاقة. وتستمر الإشارة بسبب وجود مجموعة متصلة من القيم في كل لحظة من الوقت.



الشكل 23.1 إشارة تناظرية.

عادةً ما يستخدم مهندسو الإلكترونيات إشارات تناظرية بتردد ثابت لاختبار الأنظمة الإلكترونية. الشكل الموجي الأكثر شيوعًا هو الموجة الجيبية. يوضح الشكل 23.2 الخصائص المميزة للموجة الجيبية.



الشكل 23.2 خصائص الموجة الجيبية.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 171 24/06/2025 06:06:05 ص

الموجة الجيبية موجة متناظرة. **وسعتها** هي الحد الأقصى للإزاحة من الموضع الأوسط (عادةً 0 فولت). تسمى السعة أيضًا قيمة الذروة.

قيمة الذروة إلى الذروة هي مقدار الإشارة من أعلى نقطة في الذروة إلى أدنى نقطة في قاع الشكل الموجي. وتبلغ قيمة الذروة إلى الذروة ضعف سعة الموجة الجيبية النقية.

الزمن الدوري *(T)* هو الوقت المستغرق بين نقطتين متفقتين في الطور (لهما المقدار نفسه ويتحركان في الاتجاه نفسه).

إذا نظرت إلى الشكل 23.2، فستلاحظ أن:

السعة (قيمة الذروة):

$$\text{جهد}_{\text{الذروة}} = 12 \text{ فولت}$$

قيمة الذروة إلى الذروة:

$$\text{جهد}_{\text{الذروة إلى الذروة}} = 24 \text{ فولت}$$

الزمن الدوري:

$$T = (0.015 - 0.005) = 0.01 \text{ ثانية}$$

يمكنك حساب **التردد** من الزمن الدوري:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.01} = 100 \text{ Hz}$$

إذا وصّلت إشارة جيبية براسم ذبذبات، ستظهر لك موجة مثل الموجة الموضحة في الشكل 23.2. وستتمكن من قراءة السعة وقيم الذروة إلى الذروة مباشرة من الشاشة. لكن إذا وصّلت الإشارة بالفولتميتر، ستقرأ قيمة مختلفة، وذلك لأن الفولتميتر يقيس القيمة "الفعّالة".

إذا حسبنا "متوسط" الموجة الجيبية في دورة كاملة، فسنجد أنه صفر. وذلك لأن المساحة فوق المحور السيني x مساوية للمساحة أسفله، ومن ثم يحذفان معًا. ومع ذلك، نعلم أنه يمكنك توصيل مصباح مثلًا بأي قطبية وسيظل يعمل. تسمى القيمة "الفعالة" التي يقيسها المقياس قيمة جذر متوسط المربع (RMS).

يُحسب **جذر متوسط مربع الجهد (أو التيار)** لشكل الموجة الجيبية النقية كالآتي:

$$V_{rms} = \frac{V_{peak}}{\sqrt{2}}$$

$$V = 0.707\, V_{peak}$$

يمكنك حساب القيمة "المتوسطة" لنصف دورة من الموجة الجيبية عن طريق جمع القيم والقسمة على زمن نصف دورة $(T/2)$. إذا كنت قد درست حساب التفاضل والتكامل، فيمكنك حساب هذا المتوسط على النحو الآتي:

$$V_{ave} = \frac{\int_0^{T/2} \sin 2\pi ft \, dt}{T/2}$$

لا تقلق إذا لم تكن قد درست حساب التفاضل والتكامل. يمكن تبسيط الصيغة إلى الآتي:

$$V_{ave} = 0.632\, V_{peak}$$

المصطلحات الرئيسة

السعة - الحد الأقصى للإزاحة من الموضع الأوسط.

قيمة الذروة إلى الذروة - مقدار الإشارة من أعلى نقطة في الذروة إلى أدنى نقطة في قاع الشكل الموجي. وتبلغ قيمة الذروة إلى الذروة ضعف سعة الموجة الجيبية النقية.

الزمن الدوري *(T)* - هو الوقت المستغرق بين نقطتين متفقتين في الطور.

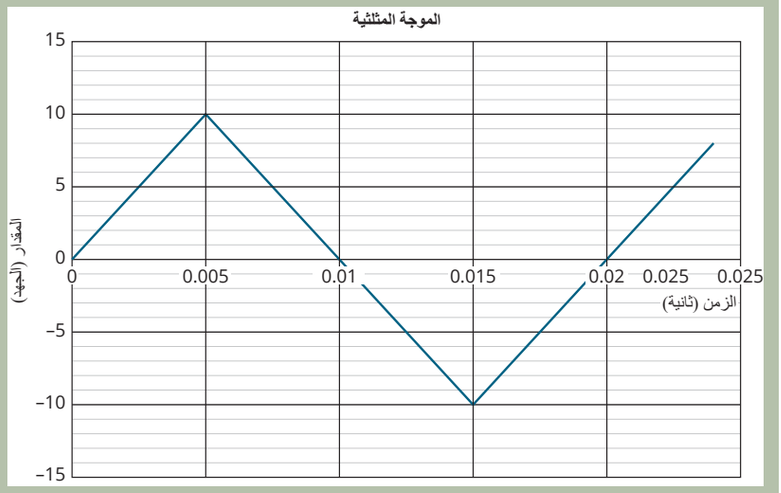
التردد - عدد مرات تكرار شكل موجي دوري في الثانية. ويُقاس التردد بوحدة (هيرتز).

جذر متوسط مربع جهد (أو تيار) - القيمة التربيعية الجذرية المتوسطة للشكل الموجي الدوري.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 172 24/06/2025 06:06:05 ص

وقفة للتفكير

الشكل 23.3 يوضح شكل الموجة المثلثية.



الشكل 23.3 شكل الموجة المثلثية.

أ) هل يمثل الشكل الموجي إشارة تناظرية؟

ب) اشرح أسباب إجابة السؤال أ).

ج) قدِّر سعة الشكل الموجي.

د) قدِّر قيمة الذروة إلى الذروة للشكل الموجي.

هـ) قدِّر الزمن الدوري للشكل الموجي.

و) احسب تردد الشكل الموجي باستخدام الزمن الدوري المقدَّر.

ز) هل يمكنك استخدام المعادلة نفسها المستخدمة للموجة الجيبية لحساب قيمة جذر متوسط المربعات (RMS) للشكل الموجي؟ علِّل إجابتك.

ح) قدِّر متوسط قيمة الدورة الكاملة للموجة المثلثية.

ط) قدِّر متوسط قيمة نصف دورة الموجة المثلثية.

تلميح ما أوجه التشابه بين الموجة المثلثية والموجة الجيبية؟

ما أوجه الاختلاف بين الموجة المثلثية والموجة الجيبية؟

لماذا طُلِب منك تقدير القيم؟

استخدم المقاييس الموجودة في الشكل لتقدير قيم الجهد والزمن في الشكل الموجي.

توسيع الأفق فكر في كيفية تأثير قطبية الجهد (الموجبة والسالبة) في متوسط القيمة خلال دورة واحدة كاملة.

يقدم مقدار**الشكل الموجي الدوري** وتردده معلومات عن الإشارة. على سبيل المثال، تُستخدَم الإشارات المُعدَّلة في السعة والتردد (AM وFM) في أنظمة الراديو. يوضح الشكل 23.4 كيفية إرسال المعلومات باستخدام إشارات AM وFM.

المصطلح الرئيس

الشكل الموجي الدوري - جهد أو تيار يكرر تسلسل القيم بدون أي تغيير، وتستغرق كل دورة الوقت نفسه.

موضوعات ذات صلة

الوحدة 7: استخدام حساب التفاضل والتكامل لحل المسائل الهندسية يتضمن الجزء ب2 كيفية حساب قيمة جذر متوسط المربع في الشكل الموجي المستمر.

الوحدة 20: الدوائر الإلكترونية التناظرية تعرض مزيدًا من المعلومات حول تعديل السعة والتردد في الأنظمة الراديوية.

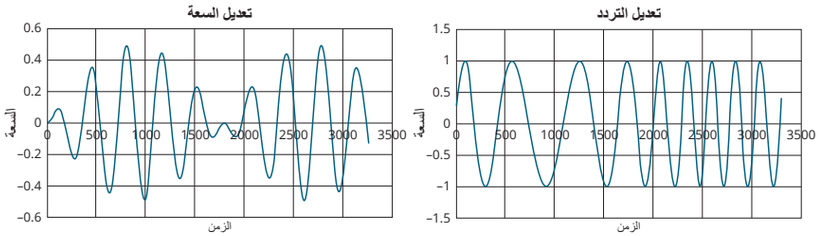
XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 173 24/06/2025 06:06:05 ص

بحث

يطرح الجزء ز) في "وقفة للتفكير" سؤالًا مهمًا. ربما أجبت الإجابة الصحيحة بأنه لا يمكن استخدام المعادلة نفسها لأنهما شكلان مختلفان. ستحتاج إلى البحث عن كيفية استخدام حساب التفاضل والتكامل لحساب المتوسط وقيم جذر متوسط المربعات (RMS) في شكل موجي (انظر رابط **الوحدة 7**).

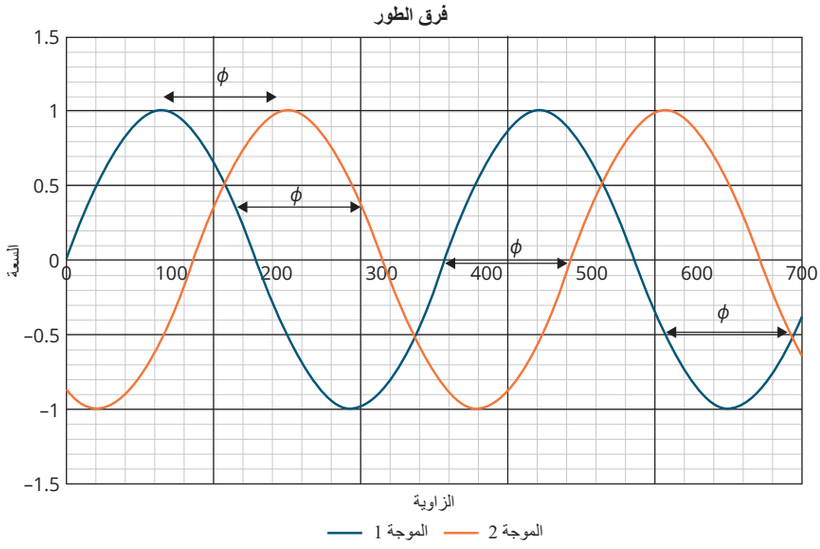
المصطلح الرئيس

فرق الطور - الزاوية (أو الزمن) التي تسبق أو تتأخر بها موجة دورية عن موجة أخرى لها التردد نفسه.



الشكل 23.4 شكلان موجيان معدلان في السعة والتردد (AM وFM) (السعة على المحور الصادي y والزمن على المحور السيني x).

الخاصية الثالثة للأشكال الموجية الدورية التي يمكن استخدامها لتمثيل البيانات هي فرق الطور بين شكلين موجيين متماثلين لهما التردد نفسه. **فرق الطور** هو مقدار تقدم موجة على موجة أخرى أو تأخرها عنها بالراديان (أو الدرجات). يوضح الشكل 23.5 أن فرق الطور، z، بين نقطتين متناليتين متفقتين في الطور هو نفسه بغض النظر عن موضع قياسه. وأن النقاط المتفقة في الطور يكون لها السعة نفسها و"تتحرك" في الاتجاه نفسه.



الشكل 23.5 فرق الطور بين موجتين لهما التردد نفسه (السعة على المحور الصادي y والزاوية على المحور السيني x).

يبلغ فرق الطور بين الموجتين في الرسم البياني 120 درجة. يمكنك تحويل فرق الطور إلى الراديان باستخدام المعادلة الآتية:

$$\phi_{radian} = \phi_{degree} \times \frac{\pi}{180}$$

في هذه الحالة:

$$\phi_{radian} = 120 \times \frac{\pi}{180} = \frac{\pi}{3} \text{ radian}$$

يمكنك تحويل هذا الناتج إلى قيمة عشرية، ولكن من الشائع تركه بصيغة باي لأن π رقم غير نسبي.

إذا اعتبرنا أن الموجة 1 (الزرقاء) هي الموجة المرجعية، فإن الموجة 1 تسبق الموجة 2 (الحمراء) لأن الموجة 1 تحدث قبل الموجة 2. (تذكر أن المحور السيني x يمثل الزاوية (أو الزمن) بعد الصفر). إذا نظرت إلى الأشكال الموجية على شاشة راسم الذبذبات، فستجد خط الأثر يتحرك من اليسار إلى اليمين. ولذلك تظهر النقاط على اليسار في وقت أبكر من النقاط على اليمين.

إذا اعتبرنا أن الموجة 2 (الحمراء) هي الموجة المرجعية، فإن الموجة 1 تتأخر عن الموجة 2.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 174 24/06/2025 06:06:06 ص

الضوضاء

عند إرسال إشارة، تكون محملة بمعلومات مفيدة. وفي أثناء الإرسال، يمكن أن تتعرض الإشارة للتشويه بعدة طرق. والسبب الأكثر شيوعًا لذلك هو **الضوضاء الكهربائية**.

الضوضاء هي التغير العشوائي غير المرغوب فيه الذي يتداخل مع الإشارة. وقد تزيد الضوضاء من صعوبة استعادة المعلومات من الإشارة.

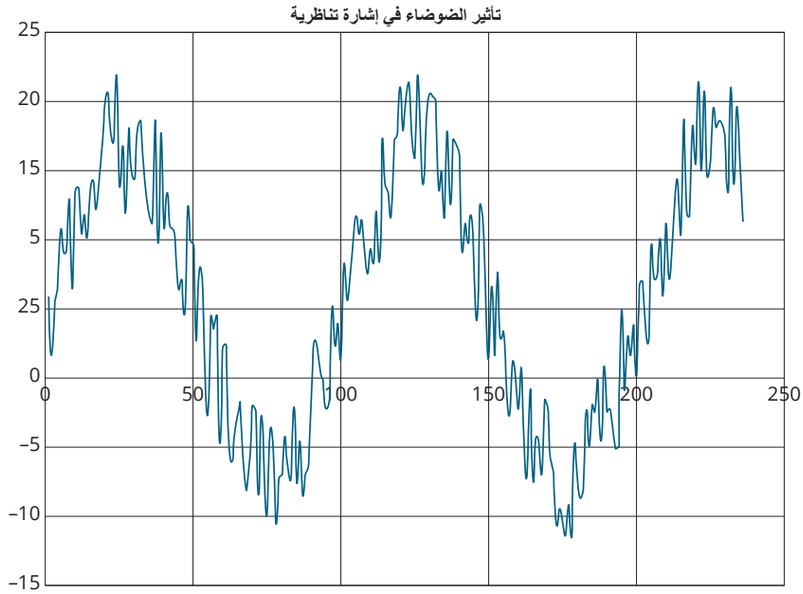
يمكن أن تحدث الضوضاء بسبب مصادر خارجية، مثل:

- الآلات الصناعية
- الظروف الجوية
- النشاط الشمسي.

قد تتولَّد الضوضاء أيضًا داخل النظام. وتصدر الضوضاء الداخلية عن المكونات الموجودة في الدوائر. تشمل أنواع الضوضاء ما يأتي:

- الضوضاء الطلقية، وهي ضوضاء تنجم عن الحركة العشوائية للإلكترونات (والثقوب)
- ضوضاء جونسون، وهي ضوضاء تنجم عن التحريض الحراري للذرات في المكونات
- ومن أنواع الضوضاء الأخرى تأثير المقاومة والارتعاش.

يوضح الشكل 23.6 تأثير الضوضاء في إشارة تناظرية.



الشكل 23.6 تأثير الضوضاء في إشارة تناظرية.

تكييف الإشارة

يمكن أن يتكون النظام الإلكتروني من عدة أنظمة فرعية (انظر ما سيرد لاحقًا في هذا الفصل). لا بد أن يتطابق خرج الإشارة في إحدى المراحل مع متطلبات الدخل للمرحلة التالية في النظام. ويُطلق على عملية تجهيز الإشارة اسم تكييف الإشارة. يجري **تكييف الإشارة** بعدة طرق.

عادةً ما تحتاج الإشارة التناظرية ذات الجهد المنخفض جدًّا إلى التضخيم. يمكن التعبير عن كسب الجهد بنسبة بسيطة

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

أو التعبير عنه بوحدات الديسيبل (dB):

$$A_v = 20 \log \left(\frac{V_{out}}{V_{in}} \right)$$

المصطلحات الرئيسة

الضوضاء الكهربائية - اضطراب غير مرغوب فيه في إشارة كهربائية.

تكييف الإشارة - تعديل الإشارة بحيث تلبي متطلبات المرحلة التالية من المعالجة في النظام.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 175 24/06/2025 06:06:06 ص

مثال عملي

قاس أحد الطلاب كسب الجهد في دائرة مضخم عند تردد يقع ضمن نطاق عملها، وذلك باستخدام معدات اختبار قياسية في المختبر. وتحديدًا، قاس سعة إشارة الخرج فوجدها 1.2 فولت عندما تكون سعة إشارة الجهد دخل 25 مللي فولت. احسب كسب الجهد للمضخم كنسبة وكقيمة بالديسيبل.

الحساب كنسبة:

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$A_v = \frac{1.2}{25 \times 10^{-3}}$$

$$A_v = 48$$

الحساب كقيمة بالديسيبل:

$$A_v = 20 \log \left(\frac{V_{out}}{V_{in}} \right)$$

$$A_v = 20 \log (48)$$

$$A_v = 33.62 \text{ dB}$$

بحث

قاس الطالب كسب الجهد للمضخم عند تردد واحد.

ابحث عمّا قد يحدث إذا قاس الطالب كسب الجهد عبر نطاق واسع من الترددات، على سبيل المثال من 1 هرتز إلى 1 ميجاهرتز. هل سيكون كسب الجهد بنفس القيمة عند جميع الترددات؟

ما المقصود بعرض النطاق الترددي؟

يجب ترشيح الإشارة المتأثرة بالضوضاء لإزالة الضوضاء أو تقليلها.

- يسمح مرشح تمرير الترددات المنخفضة (LP) بمرور الإشارات منخفضة التردد ويحجب الإشارات عالية التردد.
- يسمح مرشح تمرير الترددات العالية (HP) بمرور الإشارات عالية التردد ويحظر الإشارات منخفضة التردد.
- يسمح مرشح تمرير النطاق (BP) بمرور نطاق من الترددات بين نقطة قطع التردد المنخفض ونقطة قطع التردد العالي. ويحجب الترددات خارج النطاق.

يُطلق على المرشح الذي يتكوَّن من عناصر غير فعالة فقط (المقاوم والمكثف والمحث) اسم المرشح غير الفعال. يعمل المرشح غير الفعال على إضعاف الإشارة (يجعلها أصغر).

في المقابل، يحتوي المرشح النشط على عناصر نشطة (مثل الترانزستور والمضخم التشغيلي) لتضخيم الإشارة.

نسبة الإشارة إلى الضوضاء (SNR) هي مقياس مفيد لجودة النظام. وعادةً ما يُعبَّر عنها بوحدة الديسيبل (dB).

$$\text{SNR} = 20 \log \left(\frac{\text{signal level}}{\text{noise level}} \right)$$

لاحظ أنه يمكن قياس مستويات الإشارة والضوضاء بأي وحدات مناسبة شريطة أن تكون الوحدات نفسها لكليهما. يمكن أن تكون هذه الوحدات، على سبيل المثال، جهد جذر متوسط المربعات (RMS) وجهد الذروة ومستويات الديسيبل وما إلى ذلك.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 176 24/06/2025 06:06:07 ص

مثال عملي

قاس فني جذر متوسط مربع جهود شكل موجي معين. فوجد أن جذر متوسط مربع جهد الإشارة يبلغ 1.5 فولت، وأن جذر متوسط مربع جهد الضوضاء يبلغ 50 مللي فولت. احسب نسبة الإشارة إلى الضوضاء (SNR).

$$SNR = 20\log\left(\frac{\text{signal level}}{\text{noise level}}\right)$$

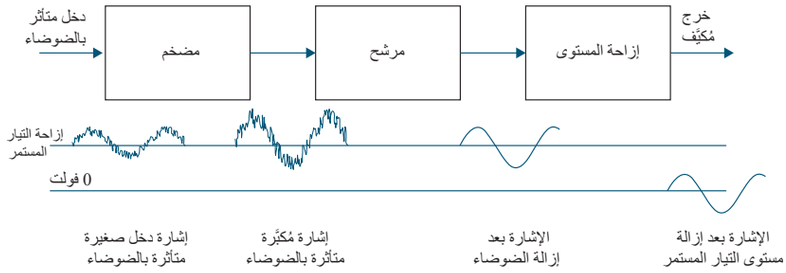
$$SNR = 20\log\left(\frac{1.5}{50\times10^{-3}}\right)$$

$$SNR = 20\log(30)$$

$$SNR = 29.54\ \text{dB}$$

قد يلزم تغيير مستوى جهد الإشارة من أجل التفاعل الصحيح مع المرحلة التالية. على سبيل المثال، يمكن استخدام مكثف بين مراحل المضخم لمنع تأثير شروط تحيز الترانزستور في المرحلة الآنية في ظروف التحيز في المرحلة التالية.

عند دراسة جهد التموج لمزوّد طاقة تيار مستمر، ستجد أن التموج صغير مقارنة بمستوى التيار المستمر. إذا أردتَ دراسة جهد التموج عن كثب على راسم ذبذبات، فعليك إزاحة خط الأثر عن طريق إزالة جهد التيار المستمر من الإشارة. يوضح الشكل 23.7 مثالًا عن كيفية تكييف إشارة من ميكروفون لتغذية مكبر طاقة في نظام صوت.



الشكل 23.7 تكييف إشارة تناظرية.

الإشارات الرقمية

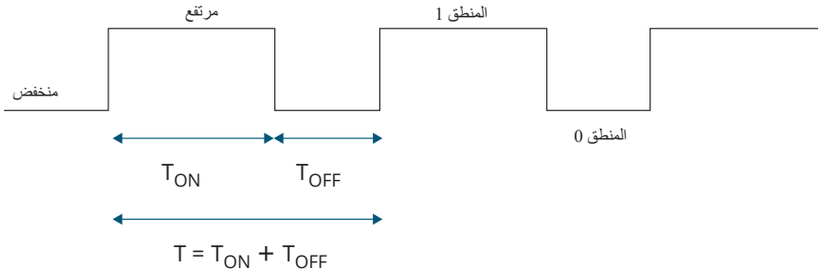
تختلف **الإشارة الرقمية** عن الإشارة التناظرية في أنها تُمثل بقيم منفصلة فقط. وتعني "القيمة المنفصلة" أن الإشارة يمكن أن تأخذ قيمًا معينة فقط. على سبيل المثال، عند حساب عدد السيارات التي تمر بنقطة معينة في مدة محددة، تكون الإجابة عددًا صحيحًا من السيارات. الدرجة التي تحصل عليها في واجب BTEC هي إما النجاح وإما التفوق وإما الامتياز. على النقيض من ذلك، يمكن أن تتخذ البيانات المتصلة أي قيمة، مثل الارتفاع.

شكل الموجة النبضية هو مثال عن الإشارة الرقمية الثنائية. وهو شكل موجي دوري يتنقل بين مستويين. يمكن تصور المستويين على أنهما "مرتفع" (المستوى المنطقي 1) أو "منخفض" (المستوى المنطقي 0). يوضح الشكل 23.8 شكل الموجة النبضية.

المصطلح الرئيس

الإشارة الرقمية - إشارة تمثل البيانات كسلسلة من القيم المنفصلة.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 177 24/06/2025 06:06:07 ص



الشكل 23.8 شكل الموجة النبضية.

الزمن الدوري هو T:

$$T = T_{ON} + T_{OFF}$$

يمكن حساب التردد بالطريقة نفسها التي تُستخدم لحساب تردد الموجة الجيبية:

$$f = \frac{1}{T}$$

دورة التشغيل، D، هي النسبة بين زمن التشغيل (الوقت عند المستوى المرتفع) والزمن الدوري، T.

$$D = \frac{T_{ON}}{T} = \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}}$$

يتخذ شكل الموجة النبضية الذي تبلغ فيه نسبة دورة التشغيل 50 في المئة شكلًا موجيًّا مربعًا.

يمكن حساب متوسط الجهد في موجة نبضية لها جهد أقصى maxv وجهد معدوم 0 V ودورة تشغيل D *بالصيغة الآتية:*

$$v_{ave} = D \times v_{max}$$

مثال عملي

احسب متوسط الجهد لشكل موجي نبضي إذا كانت مستويات الجهد 0 فولت و5 فولت ودورة التشغيل 0.75

$$v_{ave} = D \times v_{max}$$
$$v_{ave} = 0.75 \times 5$$
$$v_{ave} = 3.75\ V$$

احسب دورة التشغيل اللازمة لنفس الشكل الموجي النبضي ليكون متوسط الجهد 2.0 فولت

$$v_{ave} = D \times v_{max}$$

أعد ترتيب المعادلة لجعل D المتغير الرئيس:

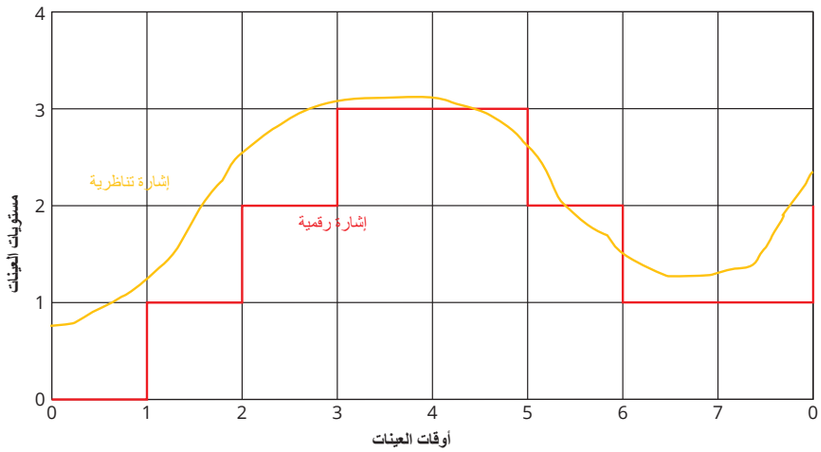
$$D = \frac{v_{ave}}{v_{max}}$$
$$D = \frac{2.0}{5.0} = 0.4$$

يمكنك أيضًا التعبير عن دورة العمل بالنسبة المئوية فتكون حينئذ $D = 40\%$

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 178 24/06/2025 06:06:08 ص

لتمييز الفرق بين القيم المتصلة والقيم المنفصلة، تذكر أن القيم المتصلة تُستخدم في القياس، أما القيم المنفصلة فتُستخدم في العد.

الشكل 23.9 يوضح كيفية تمثيل إشارة تناظرية كإشارة رقمية.



الشكل 23.9 مقارنة بين الإشارة التناظرية والإشارة الرقمية.

تُمثل مستويات العينات **بأرقام ثنائية (البتات)**

تستخدم القيم الثنائية نظام العد الثنائي لتمثيل القيم. ويمكن أن يكون لكل بت القيمة منطقية 0 أو 1.

المصطلح الرئيس

الأرقام الثنائية (البتات) - وحدة بيانات واحدة. يمكن أن يأخذ البت القيمة المنطقية 0 أو 1 فقط.

الجدول 23.1 القيم الثنائية

القيمة العشرية	القيم الثنائية		
	بت 2	بت 1	بت 0
	$2^2 = 4$	$2^1 = 2$	$2^0 = 1$
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0

يوضح الجدول 23.1 أن تمثيل 4 مستويات من العينات يتطلب ثلاث بتات.

وقفة للتفكير

أ) ما أعلى قيمة عشرية يمكن تمثيلها باستخدام 3 بتات؟

ب) ما عدد البتات اللازمة لتمثيل القيم العشرية من 0 إلى 15؟

ج) ما نطاق الأعداد العشرية الذي يمكن تمثيله باستخدام 8 بتات؟

تلميح تابع تسلسل العد باستخدام ثلاثة أرقام ثنائية (بتات). كم عدد المستويات الموجودة؟ وما القيمة العشرية لأعلى مستوى؟

ابحث عن نظام العد الثماني (base 8).

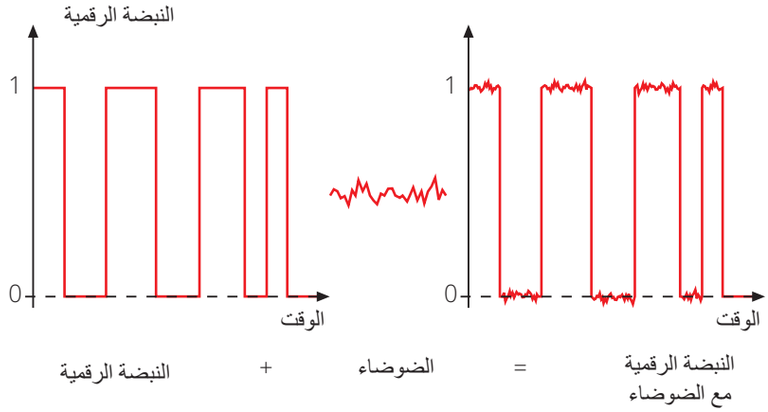
ابحث عن نظام العد الست عشري (base 16). لاحظ كيفية استخدام الحروف لتمثيل الأرقام من 10 إلى 15.

توسيع الأفق ماذا يُطلق عادةً على مجموعة مكونة من 8 بتات؟ ما القيم العشرية التي يمكن تمثيلها باستخدام 8 بتات؟

يمكن لكل رقم ثنائي (بت) أن يأخذ إحدى هاتين القيمتين في وقت واحد،

- تشغيل أو مرتفع أو المنطق 1
- إيقاف أو منخفض أو المنطق 0

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 179 24/06/2025 06:06:08 ص



الشكل 23.10 المستويات المنطقية للرقم الثنائي (بت) وتأثير الضوضاء.

تتأثر الإشارات الرقمية أيضًا بالضوضاء التي يمكن أن تؤثر في صحة قراءة النظام للمستوى المنطقي.

تعتمد الفولتية الفعلية التي تمثل المنطق 1 أو المنطق 0 في نظام المنطق الرقمي على نوع تقنية المنطق المستخدمة. وعائلتا المنطق الأكثر استخدامًا هما:

- **TTL، منطق ترانزستور-ترانزستور:** وفيها تُنشأ دوائر المنطق لتكون دوائر متكاملة (IC) باستخدام الترانزستورات ثنائية القطب (من النوع n والنوع p) كعناصر تبديل أساسية.
- **CMOS، أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة:** وفيها تُنشأ دوائر المنطق لتكون دوائر متكاملة (IC) باستخدام ترانزستورات التأثير الحقلي من أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة (CMOS) كعناصر تبديل أساسية.

البوابات المنطقية القائمة على منطق ترانزستور-ترانزستور (TTL)

صُممت **بوابات TTL المنطقية** لأول مرة في ستينيات القرن الماضي وما تزال تُستخدم في نطاق واسع في الصناعة. وبفضلها تزايد عدد الوظائف، وتقدمت التكنولوجيا، وتحسنت الحزم المتاحة بمرور الوقت. تعتمد عائلة TTL على الدوائر المتكاملة (ICs) من سلسلة 74xx. على سبيل المثال، 7400 عبارة عن دائرة متكاملة (IC) بها 14 دبوسًا وتحتوي على 4 بوابات NAND ثنائية الإدخالات، بينما الدائرة المتكاملة 7406 بها 14 دبوسًا وتحتوي على عاكس سداسي (6 بوابات عاكسة). تعد سلسلة 54xx إصدارًا مكافئًا بمواصفات أعلى.

هناك العديد من عائلات TTL المنطقية المتاحة، تتطابق فيها دوال المنطق لكل رقم، لكن تختلف البنية الداخلية في ما بينها قليلًا، وهو ما يؤثر في سرعة التبديل واستهلاك الطاقة. على سبيل المثال:

- عائلة منطق TTL القياسية، الأصلية، سلسلة 74xx
- العائلة منخفضة الطاقة، سلسلة 74Lxx
- العائلة عالية السرعة، سلسلة 74Hxx
- عائلة شوتكي، سلسلة 74Sxx
- عائلة شوتكي منخفضة الطاقة، سلسلة 74LSxx. سلسلة 74LSxx هي الإصدار الأكثر استخدامًا في تصميم أنظمة الدوائر الرقمية الجديدة.

يستخدم منطق TTL مصدر تيار مستمر بجهد 5 فولت ± 0.5 فولت. في النظام المثالي، يُمثل المنطق 1 بـ +5 فولت والمنطق 0 بـ 0 فولت. ومع ذلك، كما درست، يمكن أن تتأثر الإشارات الرقمية بالضوضاء. من الناحية العملية، يحتوي نظام المنطق TTL بجهد +5 فولت على نطاقات سماح تسمح بوجود تغيرات في مستوى الإشارة في أثناء الإرسال.

المستويات المقبولة تختلف بين الخرج من البوابة المنطقية والدخل إليها. يسمح هذا بحدوث بعض الوهن في الإشارة وتأثرها بالضوضاء عند إرسالها من خرج بوابة منطقية إلى دخل بوابة أخرى.

المصطلحات الرئيسة

منطق ترانزستور-ترانزستور (TTL) - عائلة من البوابات المنطقية تعتمد على الترانزستورات الوصلية ثنائية القطب (BJT).

منطق CMOS - عائلة من البوابات المنطقية تعتمد على ترانزستورات الأثر الحقلي لأشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة (CMOS).

البوابات المنطقية - الدوائر الرقمية التي تسمح بمرور البيانات. تستخدم البوابات المنطقية المنطق البولياني لتحديد ما إذا كانت الإشارة سيجري تمريرها أم لا.

موضوعات ذات صلة

توجد العديد من حزم رسومات الدوائر والمحاكاة المتاحة على الإنترنت. وتشمل الآتي:

Circuit Simulator Applet (تطبيق مصغر لمحاكاة الدوائر الإلكترونية) https://www.falstad.com/(/circuit).

Tinkercad - إنشاء تصميمات رقمية ثلاثية الأبعاد باستخدام برامج التصميم بمساعدة الحاسوب عبر الإنترنت (https://www.tinkercad.com/)،

Circuit Design هو تطبيق لتصميم الدوائر على شبكة الإنترنت. يمكنك حفظ التصميمات. (https://www.circuit-diagram.org/editor).

Circuit Lab هو تطبيق لتصميم الدوائر عبر الإنترنت. تحتاج إلى رخصة لحفظ التصميمات. ويوجد حد لعدد المكونات التي يمكنك استخدامها يوميًّا. (https://www.circuitlab.com/editor/).

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 180 24/06/2025 06:06:08 ص

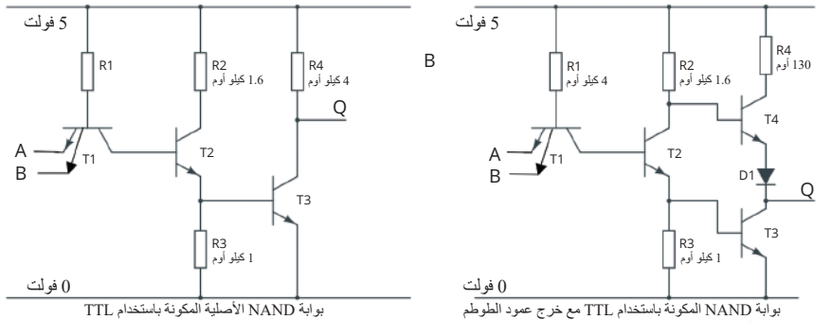
بنية بوابة TTL المنطقية

بوابة TTL القياسية هي بوابة NAND (NOT AND)، وهي بوابة عامة. يمكن تشكيل جميع البوابات الأساسية الأخرى باستخدام مجموعات بوابات NAND فقط.

طُورت بنية TTL من منطق الصمام الثنائي (Diode) إلى منطق الصمام الثنائي-ترانزستور (DTL). ومن السمات الفريدة لبنية TTL هي مرحلة الإدخال التي تحتوي على ترانزستور ببواعث متعددة.

يوضح الشكل 23.11 البنية الأساسية لبوابة NAND ثنائية المدخل باستخدام TTL. تستخدم بوابة NAND في الدائرة المتكاملة (IC) من نوع التكامل متوسط النطاق (MSI) ترانزستور كحمل نشط بدلًا من استخدام مقاوم، وذلك على النحو الموضح أدناه.

يمكن دراسة بوابة NAND في ثلاث مراحل منفصلة.



الشكل 23.11 بنية بوابة NAND باستخدام TTL

مرحلة الإدخال

يشير T1 إلى مرحلة الإدخال. تعمل وصلتا الباعث-القاعدة كدخلين للصمام الثنائي (دايود).

عند توصيل أحد الدخلين (أو كليهما) بجهد 0 فولت (المنطق 0)، ينشط الترانزستور T1 ويتدفق تيار المجمع. ويكون جهد المجمع منخفضًا.

عند توصيل كلا الدخلين بجهد 5 فولت (المنطق 1)، يتوقف الترانزستور T1، ويكون جهد المجمع مرتفعًا (المنطق 1).

إذا تُرك الدخلان "عائمَين"، فلن يتمكن T1 من التوصيل، ويكون جهد المجمع مرتفعًا. ويكون خرج المنطق الافتراضي مرتفعًا (المنطق 1).

المرحلة الداخلية

يعمل T2 مقسِّمًا للمرحلة. يزداد جهد الباعث مع انخفاض جهد المجمع. ويكون جهد الباعث والمجمع في طورين متعاكسين بمقدار 180 درجة.

مرحلة الإخراج

مرحلة الإخراج عبارة عن عاكس ترانزستور بسيط.

عندما يكون أي من الدخلين منخفضًا (0 فولت)، يتوقف T2 وT3. ويكون التيار الداخل إلى مجمع T1 هو التيار الذي يمر من القاعدة إلى باعث T2. وهو تيار صغير جدًا. أما الجهد عند قاعدة T2 فيبلغ 0.4 فولت (تقريبًا). لذلك يدخل T2 وضع الإيقاف. ومن ثَمَّ، يدخل T3 وضع الإيقاف.

عندما تكون جميع الإدخالات مرتفعة، تكون بواعث T1 متحيزة عكسيًّا. أما المجمع فهو متحيز أمامي. يدخل الترانزستوران T2 وT3 إلى وضع التشبع، وينخفض جهد الخرج إلى 0.2 فولت تقريبًا.

يتحكم R4 في تيار المجمع في الترانزستور T3. للتبديل السريع، يجب أن يكون R4 صغيرًا، لكن هذا يتعارض مع الحاجة إلى الحد من تيار المجمع!

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 181 24/06/2025 06:06:08 ص

خرج عمود الطوطم

يمكن التغلب على مشكلة قيمة R4 عن طريق استخدام ترانزستور "كحمل نشط". تُعرَف مرحلة الإخراج T3 و D1 و T4 باسم *عمود الطوطم* (ترانزستور فوق آخر). يحل T4 محل مقاوم الحمل R4. (يبقى مقاوم صغير للحد من التيار). لا تؤدي إضافة مكونات إضافية إلى الدائرة إلى إحداث فرق كبير في تعقيدات الدائرة المتكاملة (IC) من نوع التكامل متوسط النطاق (MSI).

يزيد استخدام الحمل النشط من سرعة تبديل البوابة. يخضع زمن التبديل لحاصل الضرب (R4 × السعة الشاردة). يمكن تقليل قيمة R4 للحد من ثابت الزمن، وذلك لتسريع عملية التبديل، لكن هذا قد يتسبب في زيادة تيار المجمع وزيادة تبديد الطاقة في T3.

تكون الترانزستورات T3 و T4 دائمًا في حالة معاكسة لبعضها بعضًا. عندما يدخل T3 وضع التشغيل، يدخل T4 وضع الإيقاف، والعكس صحيح

عندما يدخل T3 وضع الإيقاف، يدخل T4 وضع التشغيل. لا توجد سوى مقاومة صغيرة للحمل، ما يتيح سرعة التبديل.

عندما يدخل T3 وضع التشغيل، تزداد مقاومة الحمل، ما يحد من تبديد الطاقة.

(ملاحظة: يتكون المكثف من موصلات متفاوتة في الجهد ولكنها متقاربة. يشير وجود بنية الوصلات p-n في الترانزستور إلى أن الوصلات بين القاعدة والباعث والقاعدة والمجمع لها سعة. هذه "السعة الشاردة" غير مرغوب فيها، لكن لا يمكن تجنبها).

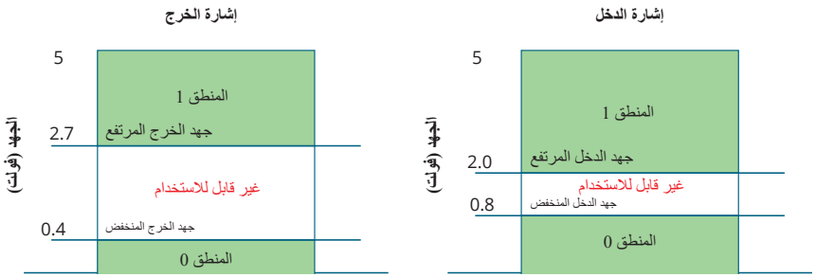
مستويات جهد الخرج المقبول لبوابة TTL المنطقية

- V_{OH} - الحد الأدنى لمستوى جهد *الخرج* لإشارة مرتفعة (2.7 فولت).
- V_{OL} - الحد الأقصى لمستوى جهد *الخرج* لإشارة منخفضة (0.4 فولت).

مستويات جهد الدخل المقبول لبوابة TTL المنطقية

- V_{IH} - الحد الأدنى لمستوى جهد *الدخل* لإشارة مرتفعة (2.0 فولت).
- V_{IL} - الحد الأقصى لمستوى جهد *الدخل* لإشارة منخفضة (0.8 فولت).

الشكل 23.12 يوضح مستويات الجهد المقبولة لخرج TTL وإشارة منطق إدخال TTL.



الشكل 23.12 الفولتية المقبولة لبوابات TTL المنطقية.

الحد الأدنى لخرج البوابة المنطقية لإرسال المنطق 1 هو 2.7 فولت، بينما القيمة الدنيا لإدخال الإشارة إلى بوابة أخرى هي 2.0 فولت، وهذا الفرق البالغ 0.7 فولت يسمح بوهن الإشارة والضوضاء الملتقطة في أثناء الإرسال. ويُعرف هذا *بهامش الضوضاء*. وبالمثل، هناك فرق بين حدود الإخراج والإدخال للمنطق 0.

ماذا يحدث إذا كان لديك جهد خرج يتراوح بين 0.8 فولت و2.0 فولت؟ هذا النطاق من الفولتية غير مسموح به لأنه غير محدد. ويسمى بالنطاق "العائم". وإذا كان أحد دبابيس الخرج في بوابة منطقية "عائمًا" ضمن هذا النطاق، فلا يمكن التنبؤ بالنتيجة.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 182 24/06/2025 06:06:08 ص

بحث

اكتشف كيف طُوِّرت تقنية TTL الأساسية لإنشاء "عائلات" مختلفة، مثل عائلة شوتكي (S) وعائلة شوتكي المتطورة (AS) وعائلة شوتكي منخفضة الطاقة (LS) وعائلة شوتكي المتطورة منخفضة الطاقة (ALS). اكتشف كيف يمكن مقارنة العائلات المختلفة من حيث السرعة والقدرة.

- احتفظ بالمكونات الحساسة للتفريغ الكهروستاتيكي (ESDS) في حاوياتها المضادة للكهرباء الساكنة لحين نقلها إلى محطات عمل محمية ضد الكهرباء الساكنة.
- لا تلمس أسنان وأسلاك توصيل المكونات الحساسة للتفريغ الكهروستاتيكي (أو الدوائر التي تحتوي على أجهزة حساسة للتفريغ الكهروستاتيكي).
- ارتدِ أحزمة المعصم والملابس المناسبة والقفازات اتباعًا لإجراءات التعامل السليم.
- يربط حزام المعصم الشخص بالأرض من خلال مقاومة قيمتها 1 ميجا أوم. كما تمنع أحزمة المعصم تراكم الشحنات الساكنة عن طريق تبديدها من الشخص إلى الأرض.
- يمكن للملابس المصنوعة من مواد مُبدِّدة أن تقلل تأثير التفريغ الكهروستاتيكي (ESD). كما يجب ارتداء المعاطف المخبرية (أو ما يماثلها) وهي مغلقة دائمًا.
- لا تلمس الدوائر والمكونات الحساسة للتفريغ الكهروستاتيكي (ESDS) إلا بعد ارتداء القفازات.
- احرص على استخدام الأداة المناسبة لسحب المكونات الحساسة للتفريغ الكهروستاتيكي وإخراجها من الدائرة؛ وذلك لتجنب لمس الأسنان وأسلاك التوصيل.

نصائح للسلامة

تُعد أجهزة أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة حساسة للتفريغ الكهروستاتيكي. ولا بد من توخي الحذر الشديد عند التعامل مع الأجهزة الحساسة للتفريغ الكهروستاتيكي.

المصطلح الرئيس

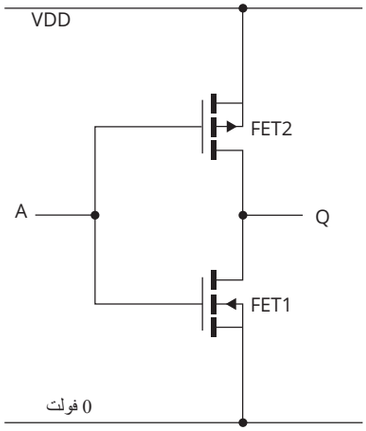
الأجهزة الحساسة للتفريغ الكهروستاتيكي –هي الأجهزة التي يمكن أن تتلف بسبب التفريغ الكهروستاتيكي.

بوابات أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة (CMOS) المنطقية

عائلة الدوائر المتكاملة (ICs) الأساسية من أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة (CMOS) هي سلسلة 4000. على سبيل المثال، 4011 عبارة عن بوابة NAND رباعية ثنائية الدخل، و4009 عبارة عن عاكس سداسي.

بنية بوابة أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة (CMOS) المنطقية

يُستخدم في بوابات أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة (CMOS) المنطقية ترانزستورات التأثير الحقلي من أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة (MOSFETs). وتشبه بنية هذه البوابة بنية بوابات TTL، لكن مع ترانزستور تبديل وترانزستور حمل. عادةً ما يكون ترانزستور التبديل عبارة عن ترانزستور تأثير حقلي من أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة (MOSFET) بقناة n. وغالبية الناقلات في ترانزستورات التأثير الحقلي (FET) بقناة n هي الإلكترونات. ونظرًا إلى أن الإلكترونات متحركة، يمكن لأجهزة القناة n التبديل بسرعة. في المقابل، عادةً ما يكون ترانزستور الحمل عبارة عن ترانزستور تأثير حقلي من أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة (MOSFET) بقناة p. وغالبية الناقلات في القناة p هي الثقوب. ونظرًا إلى أن الثقوب ليست متحركة مثل الإلكترونات، لا يمكنها التبديل بالسرعة نفسها. تشكل ترانزستورات التأثير الحقلي (FET) زوجًا مكملًا. وهذا هو سبب تسمية التقنية باسم أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة (CMOS). يوضح الشكل 23.13 البنية الداخلية لعاكس CMOS (بوابة NOT).



الشكل 23.13 بنية بوابة NOT من أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة.

يُوصَّل الدخل A ببوابة عنصر التبديل وبوابة الحمل النشط.

عندما يكون الدخل A منخفضًا، يدخل حمل القناة p وضع التشغيل ويدخل مفتاح القناة n وضع الإيقاف. ويكون الخرج Q مرتفعًا.

في المقابل، عندما يكون الدخل A مرتفعًا، يدخل حمل القناة p وضع الإيقاف ويدخل مفتاح القناة n وضع التشغيل. ويكون الخرج Q منخفضًا.

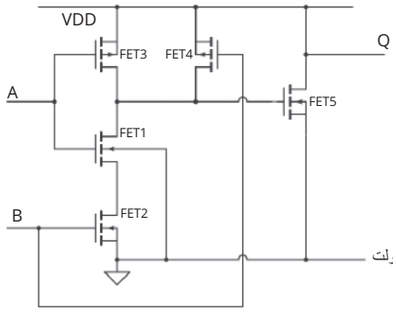
هذا يعني أنه عندما يكون أحد ترانزستورات التأثير الحقلي في وضع التشغيل، يدخل ترانزستور التأثير الحقلي الآخر وضع الإيقاف. يرد تلخيص لهذا الإجراء في الجدول 23.2.

الجدول 23.2 جدول الحقيقة لبوابة NOT المتكونة من أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة (CMOS)

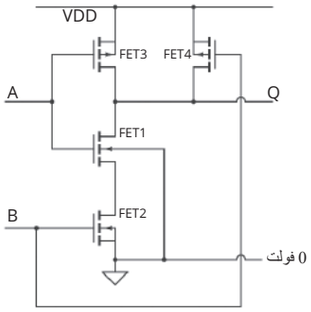
الدخل	المفتاح	الحمل	الخرج
A	FET1	FET2	Q
منخفض	إيقاف	تشغيل	مرتفع
مرتفع	تشغيل	إيقاف	منخفض

يوضح الشكل 23.14 كيف تستخدم بوابة NAND ثنائية الدخل من أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة (CMOS) قسمين مشابهين لبوابة NOT. FET1 وFET3 يشكلان زوج المفتاح والحمل الأول، بينما يشكل FET2 وFET4 زوج المفتاح والحمل الثاني.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 183 24/06/2025 06:06:08 ص



بوابة AND المكونة باستخدام CMOS



بوابة NAND المكونة باستخدام CMOS

الشكل 23.14 بنية بوابات NAND وAND من أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة (CMOS).

لاحظ كيفية اتصال عناصر التبديل على التوالي واتصال الأحمال على التوازي. عند دخول FET3 أو FET4 وضع التشغيل، يكون هناك مسار موصل من جهد الإمداد Vdd. ويكون الخرج Q مرتفعًا. أما عند دخول FET3 وFET4 وضع الإيقاف، لا يكون هناك مسار موصل من جهد الإمداد Vdd. ويكون الخرج Q منخفضًا. يرد تلخيص لهذا الإجراء في الجدول 23.3.

الجدول 23.3 جدول الحقيقة لبوابة NAND من أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة (CMOS)

الإدخالات		المفاتيح		الأحمال		الخرج
A	B	FET1	FET2	FET3	FET4	Q
منخفض	منخفض	إيقاف	إيقاف	تشغيل	تشغيل	مرتفع
منخفض	مرتفع	إيقاف	تشغيل	تشغيل	إيقاف	مرتفع
مرتفع	منخفض	تشغيل	إيقاف	إيقاف	تشغيل	مرتفع
مرتفع	مرتفع	تشغيل	تشغيل	إيقاف	إيقاف	منخفض

التعبير البولياني لهذه البوابة هو

$$Q = \overline{A \cdot B}$$

يوضح الشكل 23.13 أيضًا كيف يمكن تحويل بوابة NAND إلى بوابة AND من خلال تضمين ترانزستور تأثير حقلي من أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة (MOSFET) بقناة n كعاكس (بوابة NOT).

ملحوظة: NOT NAND = AND

$$Q = \overline{\overline{A \cdot B}} = A \cdot B$$

توضح الدوائر كيف يمكن لمهندسي الإلكترونيات تصميم بوابات أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة (CMOS) المنطقية بسهولة بمجرد حصولهم على التصميمات الخاصة لترانزستورات التأثير الحقلي من أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة (MOSFETs) بالقناتين n وp. فالأمر لا يتطلب سوى سحب ترانزستور التأثير الحقلي من أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة (MOSFET) الصحيح وإسقاطه في المكان المناسب. يتيح مستوى التكامل لأجهزة التكامل متوسطة النطاق (MSI) إمكانية تضمين العديد من البوابات في دائرة متكاملة (IC) واحدة.

يمكن لبوابات أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة (CMOS) المنطقية أن تعمل ضمن نطاق جهد إمداد يتراوح بين 3 فولت و15 فولت، ويوضح الشكل 23.15 مستويات المنطق المقبولة لبوابات CMOS عند جهد إمداد +5 فولت مقارنةً ببوابات TTL.

المصطلح الرئيس

التعبير البولياني – عبارة منطقية نتيجتها إما صحيحة (منطق 1) وإما خاطئة (منطق 0).

تطبيق النظرية

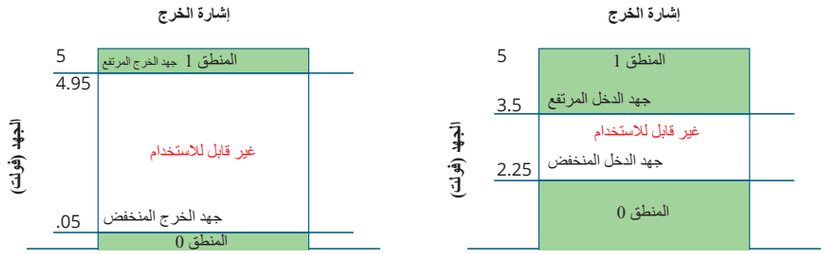
قد تلاحظ أن بعض دوائر أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة المنطقية التي تستخدمها تحمل علامة 4000B. يشير الحرف B إلى أن الدائرة مزودة ببوابة عزل (Buffered). ويُقصد بهذا أن الخرج يحتوي على عاكسات ترانزستور الأثر الحقلي من أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة (MOSFET).

4011 و4011B هما دائرتان متكاملتان تحتويان على 4 بوابات NAND ثنائية الدخل. كلتاهما تحتوي على 4 بوابات NAND ثنائية الدخل في عبوة DIP ذات 14 طرفًا. ويشبه هيكل كل بوابة في 4011 بوابة NAND الموضحة في الشكل 23.11. تحتوي كل بوابة NAND ثنائية الدخل في 4011B على مرحلتَيْ عاكس FET من النوع n عند الخرج. وهذا يعطي NOT NOT NAND.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 184 24/06/2025 06:06:09 ص

قد تقول أن NOT NOT تلغي نفسها وأنت محق في ذلك، لأن NOT NOT NAND هي مجرد NAND. لماذا أُضيف ترانزستوران آخران من نوع الأثر الحقلي من أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة (MOSFET)؟ والجواب هو أن هذه الإضافة تجعل البوابة أكثر حساسية. بوابات أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة بطبيعتها أبطأ في التبديل من بوابات TTL. لبنية ترانزستور الأثر الحقلي من أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة سعةٌ كهربائيةٌ كبيرة، وهذا يزيد الثابت الزمني للتبديل. وبالتالي تؤدي إضافة بوابات عزل أخرى إلى تسريع التبديل.

تصميم ترانزستور الأثر الحقلي من أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة بقناة n متوافرٌ بكثرة ويسهل دمجه في الدائرة المتكاملة دون الحاجة إلى خطوات معقدة. ويُبرّر الأداء المُحسَّن إضافة المكونات.



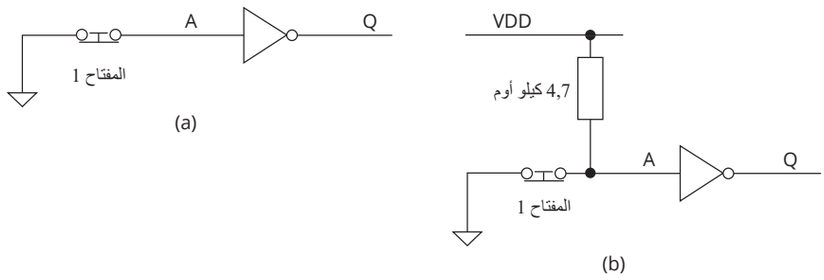
الشكل 23.15 الفولتية المقبولة لبوابات CMOS المنطقية.

قد تعتقد أنك إذا استخدمت مزوّد طاقة شائع بجهد 5 فولت، فيمكنك مزج بوابات TTL وCMOS في النظام. لكن الواقع ليس بهذه البساطة.

الإدخالات العائمة

تتمثل إحدى المشكلات العملية التي قد تواجهها عند استخدام بوابات أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة (CMOS) المنطقية في أنه لا يمكنك ضمان خرج البوابة في حال وجود دخل واحد أو أكثر "عائمًا" (غير متصل). وهذا الخرج ليس مقبولًا.

الشكل 23.16 يوضح الدخل إلى بوابة NOT باستخدام مفتاح فصل انضغاطي.



الشكل 23.16 الدخل العائم واستخدام مقاوم الرفع لتصحيحه.

عادةً ما يتصل الدخل A، في الدائرة (a)، بجهد منخفض (المنطق 0). ويكون الخرج Q مرتفعًا (المنطق 1). وعند الضغط على المفتاح، يُصبح الدخل A عائمًا. ولا يكون من الممكن التنبؤ بما سيحدث للخرج Q.

في المقابل، عادةً ما يتصل الدخل A، في الدائرة (b)، بجهد منخفض (المنطق 0) كما هو الحال في الدائرة (a). ويكون الخرج Q مرتفعًا (المنطق 1). وعند الضغط على المفتاح، يتسبب مقاوم الرفع في توصيل الدخل A بجهد مرتفع (المنطق 1). ويكون الخرج Q منخفضًا (المنطق 0).

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 185 24/06/2025 06:06:09 ص

توصيل خرج CMOS بدخل TTL

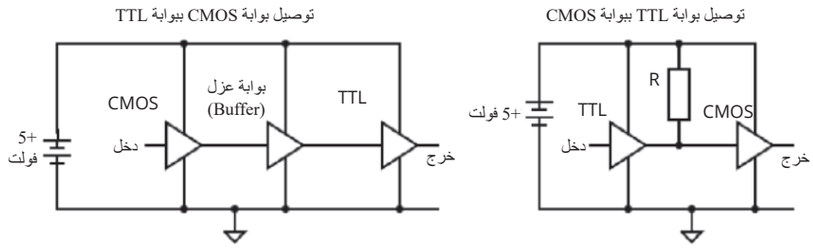
إذا قارنت مستويات الجهد بكلتا التقنيتين باستخدام مصدر مشترك بجهد 5 فولت، فسيكون جهد الخرج للمنطق 1 في CMOS هو 4.95 فولت، وهو ما يتناسب مع قيم الدخل المقبولة لبوابة TTL التي تتراوح بين 2 فولت و5 فولت. وإذا نظرت إلى مستويات الجهد للمنطق 0، فسيكون الحد الأقصى لخرج بوابة CMOS هو 0.05 فولت وهو أقل من القيمة القصوى المقبولة لبوابة TTL. قد يبدو هذا جيدًا، ويبدو أن الاثنين متوافقان.

يبلغ الحد الأقصى لتيار الخرج لبوابة CMOS حوالي 1 مللي أمبير. تحتاج بوابة TTL إلى تيار دخل يبلغ حوالي 40 مللي أمبير للمنطق 1 و1.6 مللي أمبير للمنطق 0. تتطلب كلتا الحالتين المنطقيتين تيارًا أعلى مما يمكن أن توفره بوابة CMOS. الحل المفضل هو توصيل بوابة العزل (buffer) بين بوابات CMOS وTTL.

توصيل خرج TTL بدخل CMOS

دائمًا ما يكون تيار الخرج من بوابة TTL كبيرًا بما يكفي لتوصيل دخل بوابة CMOS. ومع ذلك، عند النظر إلى متطلبات الجهد، يمكنك أن ترى أن جهد الخرج للمنطق 1 من بوابة TTL يمكن أن ينخفض إلى 2.7 فولت، وتحتاج بوابة CMOS إلى دخل 3.5 فولت كحد أدنى لقراءة المنطق 1. جهد TTL منخفض جدًا. الحل البسيط هو استخدام مقاوم رفع متصل بجهد الإمداد. يتسبب مقاوم الرفع في ارتفاع خرج TTL إلى حوالي 5 فولت عندما يكون الخرج مرتفعًا.

يوضح الشكل 23.17 طريقة توصيل CMOS بـ TTL وTTL بـ CMOS.



الشكل 23.17 توصيل البوابات المنطقية TTL وCMOS.

الحد الأقصى للدخل (Fan-in) والحد الأقصى للخرج (fan-out)

الحد الأقصى للخرج (Fan-out) هو الحد الأقصى لعدد الإدخالات (الحمل) التي يمكن توصيلها بخرج البوابة دون التأثير في التشغيل السليم. يمكن حساب الحد الأقصى للخرج عن طريق قسمة مقدار التيار المتاح من خرج بوابة واحدة على مقدار التيار اللازم لكل دخل لبوابة أخرى. يُقدَّر الحد الأقصى لخرج بوابات TTL المنطقية بما يصل إلى 10 إدخالات تقريبًا. بينما يُقدَّر الحد الأقصى لخرج بوابات CMOS المنطقية بما يصل إلى 100 إدخال تقريبًا.

الحد الأقصى للدخل (Fan-in) هو عدد الإدخالات المنفصلة للبوابة المنطقية. على سبيل المثال، 74LS11 عبارة عن دائرة TTL متكاملة تضم ثلاث بوابات AND، كل منها تحتوي على ثلاثة إدخالات. ونظرًا إلى أن كل بوابة AND لها 3 إدخالات، يكون الحد الأقصى للدخل 3.

زمن الصعود وزمن الهبوط

الإشارات الرقمية التي تناولناها حتى الآن تُظهر مثالية من حيث زمن الصعود والهبوط الفوري. في الواقع، تستغرق الإشارة المنطقية وقتًا محدودًا للصعود من المنطق 0 إلى المنطق 1 (حافة الصعود)، وللهبوط من المنطق 1 إلى المنطق 0 (حافة الهبوط). والتعريفات هي:

- **زمن الصعود**: الزمن المستغرق للصعود من عشرة بالمئة إلى تسعين بالمئة من المنطق 1
- **زمن الهبوط**: الزمن المستغرق للهبوط من تسعين بالمئة إلى عشرة بالمئة من المنطق 1.

المصطلحات الرئيسة

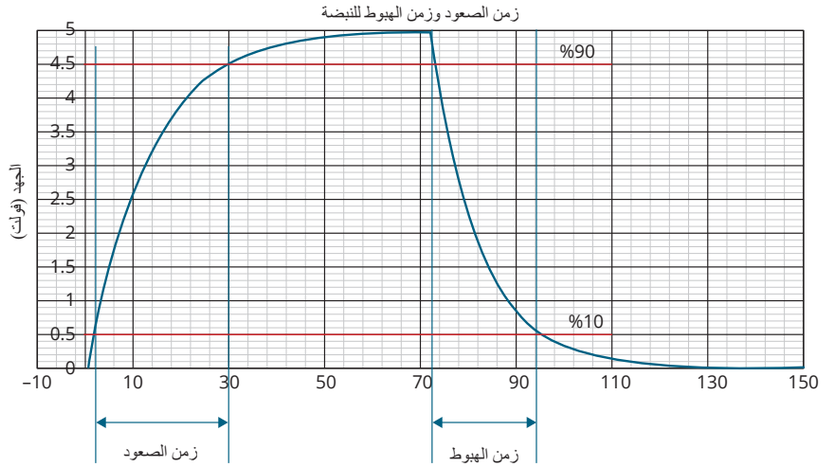
الحد الأقصى للخرج (Fan-out) – هو الحد الأقصى لعدد الإدخالات (الحمل) التي يمكن توصيلها بخرج البوابة دون التأثير في التشغيل السليم.

الحد الأقصى للدخل (Fan-in) –هو عدد الإدخالات المنفصلة للبوابة المنطقية.

زمن الصعود – الزمن المستغرق للصعود من عشرة بالمئة إلى تسعين بالمئة من المنطق 1.

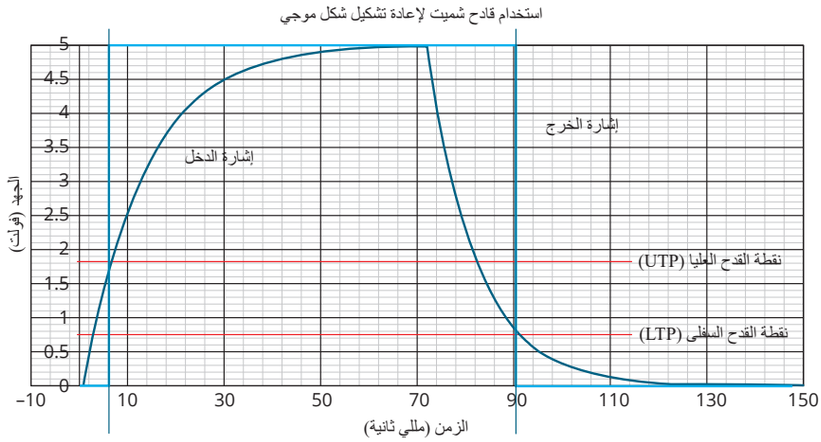
زمن الهبوط – الزمن المستغرق للهبوط من تسعين بالمئة إلى عشرة بالمئة من المنطق 1.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 186 24/06/2025 06:06:09 ص



الشكل 23.18 زمن صعود النبضة وزمن هبوطها.

قادح شميت هو جهاز يعمل على تبديل الخرج إلى مستوى مرتفع عندما يتجاوز الدخل نقطة القدح العليا (UTP). ويظل الخرج مرتفعًا حتى ينخفض الدخل إلى ما دون نقطة القدح السفلى (LTP). يسمى الفرق بين نقطتي القدح بالتباطؤ. يوضح الشكل 23.19 كيف يمكن استخدام قادح شميت "لتقويم" الحواف الصاعدة والهابطة للنبض مثل تلك الموجودة في الشكل 23.18.



الشكل 23.19 استخدام قادح شميت لإعادة تشكيل نبضة.

من المزايا الإضافية لقادح شميت أنه يُعيد النبضة إلى سعة قريبة من جهد المصدر. وهذه أيضًا طريقة بسيطة لإزالة الضوضاء من الإشارات الرقمية.

وقفة للتفكير قدّر أزمنة الصعود والهبوط للنبضة في الشكل 23.18.

تلميح تحقق من تعريفات أزمنة الصعود والهبوط.

قدّر قيمة 10% من سعة النبضة.

قدّر قيمة 90% من سعة النبضة.

توسيع الأفق استخدم قيم السعة 10% و90% لتحديد أزمنة الصعود والهبوط.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 187 24/06/2025 06:06:10 ص

يلخص الجدول 23.4 بعض المعلمات للتغيرات المختلفة لعائلات TTL وCMOS المنطقية.

الجدول 23.4 مقارنة بين معلمات العائلات المنطقية المختلفة

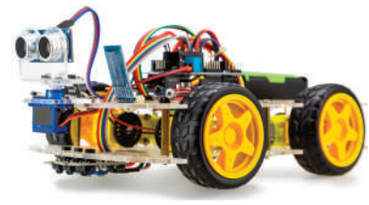
العائلة	TTL			CMOS	
النوع	74LS	74AS	74ALS	74C	74HC
جهد المصدر (فولت)	5	5	5	5	5
الحد الأقصى لجهد الخرج المنخفض (فولت)	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4
الحد الأدنى لجهد الخرج المرتفع (فولت)	2.7	2.7	2.7	4.2	4.2
الحد الأقصى لجهد الدخل المنخفض (فولت)	0.8	0.8	0.8	1.0	1.0
الحد الأدنى لجهد الدخل المرتفع (فولت)	2.0	2.0	2.0	3.5	3.5
التأخير (نانو ثانية)	10	1.5	4	30	10
الحد الأقصى للخرج	100	10	100	100<	100<

الشكل 23.20 مخطط الكتلة لعملية بسيطة.

مخططات الكتلة والتصميم الهرمي

يوضح الشكل 23.20 **مخطط الكتلة** لنظام بسيط. يحتوي النظام على دخل، وينفذ عملية/وظيفة وينتج خرجًا. يمكن أن يمثل مخطط الكتلة أي عملية. وفي ما يأتي بعض الأمثلة.

- يُستخدم المكبر لتحويل جهد دخل صغير إلى جهد خرج كبير. يمكن أيضًا استخدامه لزيادة قوة الإشارة.
- حساس الثرموكابل هو نوع من أجهزة الاستشعار، يحول درجة حرارة الدخل إلى خرج كهربائي. تشمل المستشعرات الأخرى المقاوم الضوئي (LDR) والمقاوم الحراري ومستشعر الأشعة تحت الحمراء السلبي (PIR) ومستشعر التقارب ومقياس التسارع وغير ذلك الكثير.
- المحرك الكهربائي هو نوع من المشغلات، يحول الجهد (أو التيار) إلى سرعة زاوية. كما يحول المشغلُ الإشارةَ الكهربائية إلى شكل من أشكال الحركة.
- يحول المولد بعض أشكال الحركة إلى جهد.



◀ سيارة روبوتية قابلة للبرمجة تستخدم حساسات ومشغلات.

يمكن للسيارة الآلية القابلة للبرمجة استخدام أجهزة استشعار لتوفير تغذية راجعة تمكّنها من تجنب العوائق واتباع مسار الخط الأبيض. تعتمد هذه السيارة على نظام دفع رباعي مدعوم بمحركات كهربائية تعمل مشغلات. يمكن أيضًا التحكم في السرعة والاتجاه من خلال التحكم في كل محرك.

قد تلاحظ أنه في بعض الأحيان يكون الدخل والخرج من نوع الإشارة نفسه. وفي أحيان أخرى قد يكونا من أنواع مختلفة. يمكن وصف كتلة النظام بنسبة الخرج إلى الدخل. تسمى النسبة **دالة التحويل** (أو TF) لكتلة العملية.

$$TF = \frac{\text{output signal}}{\text{input signal}}$$

مثال عملي

1 قاس فني السرعة الزاوية لمحرك كهربائي فوجدها 25.1 راديان/ثانية عند تطبيق جهد قدره 12 فولت. احسب قيمة دالة التحويل ووحداتها.

$$TF = \frac{\text{output signal}}{\text{input signal}}$$

$$TF = \frac{25.1\,\text{rad/s}}{12\,\text{V}}$$

$$TF = 2.1\,\text{rad/s/V}$$

يمكنك أيضًا كتابة دالة التحويل كما يأتي: 2.1 راد ث$^{-1}$ فولت$^{-1}$

المصطلحات الرئيسة

مخطط الكتلة – مُخطَّط تُمثِّل فيه الكُتَل عمليات/وظائف في نظام.

دالة التحويل – نسبة الخرج إلى الدخل في كتلة عملية.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 188 24/06/2025 06:06:11 ص

لاحظ أن وحدات دالة التحويل هي وحدات الخرج مقسومة على وحدات الدخل.

2 قاس الفني سعة خرج مكبر الجهد فوجدها 10 فولت عند إدخال جهد سعته 100 ملي فولت (= 0.1 فولت). احسب قيمة دالة التحويل ووحداتها.

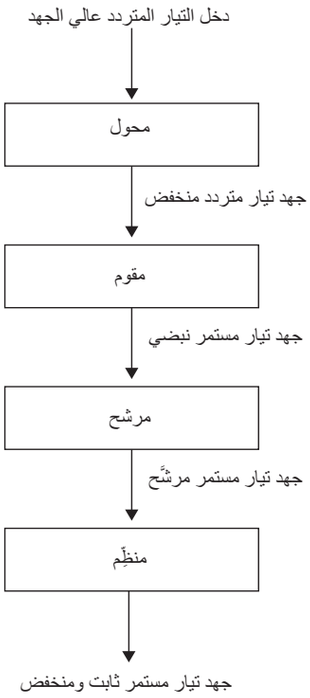
$$TF = \frac{\text{output signal}}{\text{input signal}}$$

$$TF = \frac{10\ V}{0.1\ V}$$

$$TF = 100$$

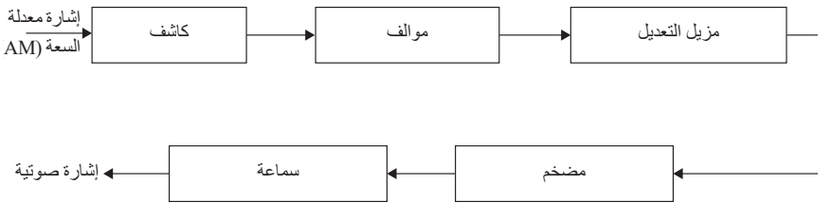
لاحظ أن دالة التحويل في هذه الحالة ليس لها وحدات، فهي تمثل نسبة بسيطة لأن كلا من الإدخالات والإخراجات لهما الوحدات نفسها.

يمكن تقسيم الأنظمة الأكثر تعقيدًا إلى مجموعة من كتل العمليات/الوظائف البسيطة. تمثل الكتل أنظمة فرعية للنظام العام. على سبيل المثال، يمثل الشكل 23.21 مخططًا تفصيليًّا لمصدر جهد التيار المستمر المنظم. تمثل كل كتلة عملية/وظيفة نظامًا فرعيًّا للنظام العام.



الشكل 23.21 مخطط تفصيلي لمزود طاقة تيار مستمر مُنظَّم.

مثال آخر هو جهاز استقبال راديو معدل السعة (AM). يوضح الشكل 23.22 الأنظمة الفرعية.



الشكل 23.22 مخطط كتلة لجهاز استقبال راديو معدل السعة (AM).

يمكن أيضًا تقسيم كل نظام فرعي إلى أنظمة فرعية أصغر. يمكن للمصمم تبسيط عمله من خلال الاعتماد على مكتبة من تصميمات الأنظمة الأساسية التي يمكنه "توصيلها معًا" لتشكيل تصميمات أكثر تعقيدًا. تتراكم مستويات التعقيد في التسلسل الهرمي. المستوى الأعلى من التسلسل الهرمي هو عرض التصميم العام. أدنى مستوى من التسلسل الهرمي هو تفاصيل الوحدات الفرعية التي تتحد معًا لإنشاء النظام. (أنشأت شركة Lego مشروعًا تجاريًّا بالاستناد إلى هذا المفهوم). ستجد المزيد حول **التصميم الهرمي** في الجزء الآتي.

البوابات المنطقية الأساسية

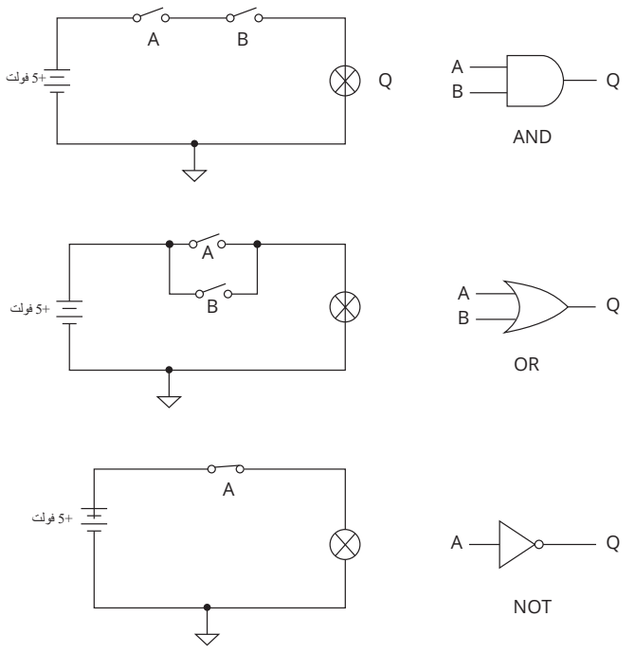
الدوال المنطقية الأساسية هي AND وOR وNOT. البوابات الأخرى المستخدمة بشكل متكرر هي NAND وNOR.

يوضح الشكل 23.23 البوابات المنطقية الأساسية الثلاث، AND وOR وNOT مع دوائر التبديل المكافئة لتوضيح وظيفتها.

المصطلح الرئيس

التصميم الهرمي – تصميم مبني على مستويات. تُمَثِّل رموز الكتل الوظيفية أجزاءً مُختلفة من التصميم. والمستوى الأعلى في التسلسل الهرمي هو نظرة عامة على النظام بأكمله.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 189 24/06/2025 06:06:11 ص



الشكل 23.23 بوابات منطقية أساسية.

المصطلح الرئيس

جدول الحقيقة: جدول يسرد إخراجات دائرة منطقية رقمية محددة لجميع التراكيب الممكنة لإدخالاتها.

بوابة AND

الدائرة المكافئة لبوابة AND ثنائية الدخل عبارة عن مفتاحين مفتوحين عادةً متصلين على التوالي. يرد تلخيص لسلوك الدائرة في الجدول 23.5.

الجدول 23.5 سلوك المفاتيح في دوائر التبديل المكافئة لبوابة AND

الإدخالات		الخرج
A	B	
مفتوح	مفتوح	إيقاف
مفتوح	مغلق	إيقاف
مغلق	مفتوح	إيقاف
مغلق	مغلق	تشغيل

إذا كان المفتاح المفتوح ممثلًا بالمنطق 0، والمفتاح المغلق ممثلًا بالمنطق 1، والمصباح في وضع الإيقاف ممثلًا بالمنطق 0 والمصباح في وضع التشغيل ممثلًا بالمنطق 1، فإن الجدول 23.6 هو **جدول الحقيقة** لبوابة AND ثنائية الإدخلات.

الجدول 23.6 جدول الحقيقة لبوابة AND ثنائية الدخل

الإدخالات		الخرج
A	B	
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

معادلة الجبر البولياني لبوابة AND هي

$$Q = A \cdot B$$

بوابة OR

دائرة التبديل المكافئة لبوابة OR هي مفاتيح متصلة على التوازي. يدخل المصباح وضع التشغيل عند إغلاق المفتاح A أو B أو كلا المفتاحين. الجدول 23.7 هو جدول الحقيقة لبوابة OR ثنائية الدخل.

الجدول 23.7 جدول الحقيقة لبوابة OR ثنائية الدخل

الإدخالات		الخرج
A	B	
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

معادلة الجبر البولياني لبوابة OR هي

$$Q = A + B$$

بوابة NOT

دائرة التبديل المكافئة لبوابة NOT هي مفتاح مغلق عادةً (NC). يدخل المصباح وضع التشغيل في حال عدم الضغط على المفتاح (المفتاح A مغلق). يدخل المصباح وضع الإيقاف عند الضغط على المفتاح (المفتاح A مفتوح). الجدول 23.8 هو جدول الحقيقة لبوابة NOT

الجدول 23.8 جدول الحقيقة لبوابة NOT

	الدخل	الخرج
	A	Q
لا تضغط على المفتاح	0	1
اضغط على المفتاح	1	0

معادلة الجبر البولياني لبوابة NOT هي

$$Q = \bar{A}$$

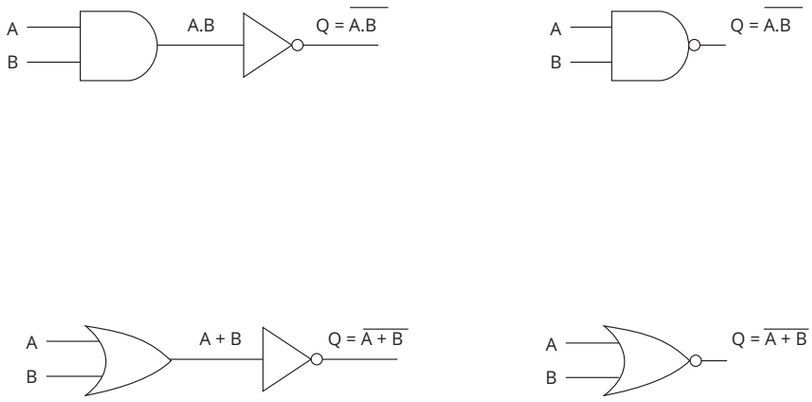
بوابتا NAND وNOR

بوابات NAND وNOR هي بوابات مشتقة من البوابات الأساسية.

- NAND هي NOT AND.
- NOR هي NOT OR.

يوضح الشكل 23.24 كيفية إنشاء بوابات NAND وNOR باستخدام البوابات المنطقية الأساسية الثلاث. يتضمن المخطط أيضًا الرمز التخطيطي والتعبير البولياني لكل بوابة.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 190 24/06/2025 06:06:12 ص



الشكل 23.24 بوابات NAND وNOR المنطقية.

يوضح الجدول 23.9 جدول الحقيقة لبوابة NAND ثنائية الدخل، بينما يوضح الجدول 23.10 جدول الحقيقة لبوابة NOR ثنائية الدخل

المنطق التوافقي

يُعرف **المنطق التوافقي** بأنه عملية إنشاء بوابات NAND وNOR باستخدام مجموعة بوابات لتشكيل دائرة أكثر تعقيدًا. تعطي الدائرة المنطق التوافقي دائمًا الخرج نفسه لمجموعة الإدخالات نفسها.

مثال عملي

تُعطي بوابة OR ثنائية الدخل خرجًا منطقيًّا 1 عند تفعيل الدخل A أو الدخل B. وتعطي خرجًا منطقيًّا 1 عند تفعيل كلا الدخلين معًا. هل يُمكنك تصميم دائرة منطقية تُعطي خرجًا منطقيًّا 1 عند الضغط على A أو B، ولكن ليس عند الضغط عليهما معًا؟ تُعرف هذه البوابة المنطقية باسم بوابة Exclusive OR (XOR).

الجدول 23.11 جدول الحقيقة لبوابة XOR

الإدخالات		الخرج
A	B	Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

يبين الجدول 23.11 الإخراجات المطلوبة في شكل جدول الحقيقة. عند فحص الخرج، ستلاحظ وجود حالتين للإدخالات تؤديان إلى حالة الخرج المرتفعة.

يكون الخرج بقيمة منطقية "1" عندما يكون: A = 0 AND B = 1، أو A = 1 AND B = 0

يوضح الشكل 23.24 كيفية بناء هذه الدالة باستخدام البوابات المنطقية القياسية.

المصطلح الرئيس

المنطق التوافقي – دائرة تجمع بوابات منطقية. تُعطي الدائرة الخرج نفسه دائمًا لمجموعة الإدخالات نفسها، وذلك لعدم وجود تغذية راجعة من الخرج إلى الدخل.

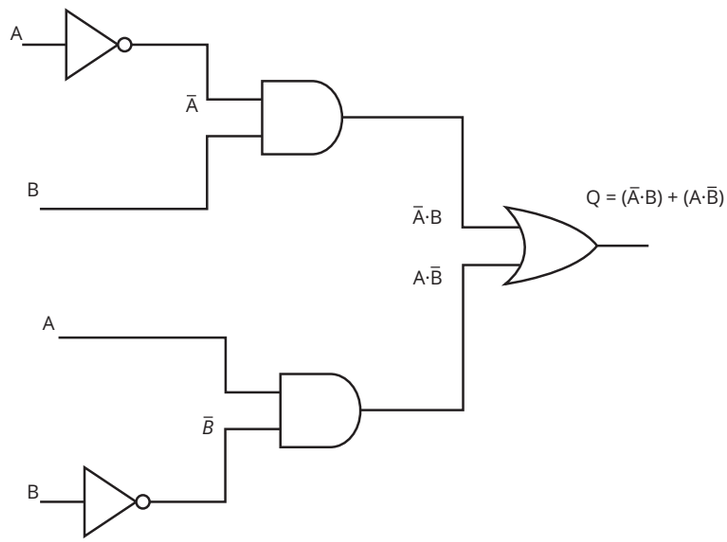
الجدول 23.9 جدول الحقيقة لبوابة NAND

الإدخالات		الخرج $Q = \overline{A \cdot B}$
A	B	
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

الجدول 23.10 جدول الحقيقة لبوابة NOR

الإدخالات		الخرج $Q = \overline{A + B}$
A	B	
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 191 24/06/2025 06:06:12 ص



الشكل 23.25 دائرة منطقية توافقية.

هذه الدائرة المنطقية التوافقية هي EXCLUSIVE-OR (XOR)

دالة الجبر البولياني هي:

$$Q = \bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B}$$

$$Q = A \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot B$$

يمكن أيضًا التعبير عن بوابة Exclusive-OR كما يأتي:

$$Q = A \oplus B$$

وقفة للتفكير

تحتوي الآلات الموجودة في الورشة الميكانيكية على دوائر منطقية لضمان عدم إمكانية تشغيلها ما لم تُستوفى الشروط المناسبة.

وهذه الشروط تقضي بأن محرك الدوران، M، لن يكون في وضع التشغيل إلا إذا:

1 كان مفتاح الآلة، S، قيد التشغيل.

2 كان واقي الآلة، G، في مكانه.

3 كان زر التوقف في حالات الطوارئ، E، غير مضغوط.

تلميح

S = 0 يعني أن المفتاح قيد الإيقاف. S = 1 يعني أن المفتاح قيد التشغيل

G = 0 يعني أن الواقي ليس في مكانه. G = 1 يعني أن الواقي في مكانه.

E = 0 يعني أن زر التوقف في حالات الطوارئ غير مضغوط. E = 1 يعني أن زر التوقف في حالات الطوارئ مضغوط.

أكمل جدول الحقيقة لتوضيح متى يكون المحرك M في وضع التشغيل.

توسيع الأفق

ابحث كيفية تبسيط التعبير البولياني للمحرك M.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 192 24/06/2025 06:06:12 ص

الجدول 23.12 جدول حقيقة للتحكم في منطق المخرطة

الإدخالات			الخرج
S	G	E	M
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

اكتب تعبيرًا منطقيًّا للتوافق المنطقي الذي يؤدي إلى دخول المحرك وضع التشغيل.

ارسم دائرة منطقية باستخدام البوابات القياسية للدائرة.

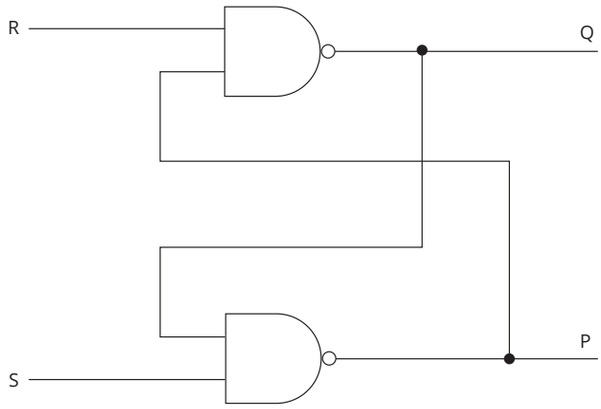
المنطق التسلسلي

الدائرة المنطقية التسلسلية هي الدائرة التي تؤثر فيها إخراجات النظام في قيم إخراجات النظام التالية، بعد إشارة "الساعة". وتُستخدم فيها **القلابات** كعناصر تخزين.

قلاب الضبط وإعادة الضبط (Set-reset)

راجع الدائرة المنطقية في الشكل 23.26، وتحتوي الدائرة على دخلين وخرجين. يغذي خرج كل بوابة NAND دخل بوابة NAND المقابلة.

تذكر جدول الحقيقة لبوابة NAND. إذا كان أي دخل هو المنطق 0، فسيكون الخرج هو المنطق 1. فإن افترضنا أن كلا الدخلين R وS يبدآن بالقيمة المنطقية 0، سيجعل هذا الخرجين Q وP يحملان القيمة المنطقية 1.



الشكل 23.26 قلاب R-S أساسي.

خطوة بخطوة

لاحظ ماذا يحدث عند تغير قيم الدخل.

تتغير قيمة R إلى المنطق 1

R = 1 NAND P = 1 ينتج عنها Q = 0.

S = 0 NAND Q = 0 ينتج عنها P = 1.

R = 1 NAND P = 1 ينتج عنها Q = 0.

تستقر الإخراجات عند Q = 0 و P = 1.

لاحظ أن الخرج لم يصل إلى قيمة ثابتة على الفور. ويوجد تأخير بين تغير الإدخالات واستقرار الإخراجات.

تبقى R عند قيمة المنطق 1 وتتغير S إلى قيمة المنطق 1.

R = 1 NAND P = 1 ينتج عنها Q = 0.

S = 1 NAND Q = 0 ينتج عنها P = 1.

R = 0 NAND P = 0 ينتج عنها Q = 1.

المصطلحات الرئيسة

الدائرة المنطقية التسلسلية – هي الدائرة التي تؤثر فيها الحالة الراهنة لإخراجات النظام في قيم الإخراجات التالية لإشارة "الساعة" باستخدام التغذية الراجعة. وتعد القلابات العناصر الأساسية للدائرة المنطقية التسلسلية.

القلاب – دائرة ثنائية الاستقرار؛ أي لها حالتان ثابتتان. ويمكنها تخزين بت واحد من البيانات.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 193 24/06/2025 06:06:12 ص

بقيت الإخراجات كما هي: Q = 0 و P=1.

جرى تثبيت قيم Q و P عند قيمتهما السابقة.

لنفترض الآن أن R تتغير عائدةً إلى قيمة المنطق 0.

R = 0 NAND P = 1 ينتج عنها Q = 1.

S = 1 NAND Q = 1 ينتج عنها P = 0.

R = 1 NAND P = 0 ينتج عنها Q = 1.

تستقر الإخراجات عند Q = 1 و P = 0.

هذه الدائرة هي أساس قلاب الضبط وإعادة الضبط، ولكنها تُواجه مشكلة إذا تغيّرت قيمة كل من S وR من المنطق 1 إلى المنطق 0 في الوقت نفسه. وتعتمد النتيجة على البوابة المنطقية التي تُغيّر حالتها أسرع، وهو أمر من المستحيل معرفته. ويتمثّل الحل في عدم السماح لكل من R وS بأن تكون قيمتهما "0" منطقيًّا في الوقت نفسه. يوضح الجدول 23.13 جدول دوال هذه الدائرة. فهو جدول دوال وليس جدول حقيقة؛ لأن مجموعة الإدخالات نفسها لا تُعطي دائمًا الإخراجات نفسها.

الجدول 23.13 جدول دالة قلاب R-S الأساسي.

الإدخالات		الإخراجات		ملاحظات
S	R	Q	P	
0	0	x	x	*قيمة غير مسموح بها*
0	1	1	0	*تُسمى ضبط* (Q =1)
1	0	0	1	*تُسمى إعادة الضبط* (Q = 0)
1	1	Q_n	$\overline{Q_n}$	*تُسمى تثبيت*

(Q_n تعني القيمة الأخيرة لـ Q).

يمكن تعديل الدائرة عن طريق وضع عاكس (بوابة NOT) على كل دخل. ويؤدي هذا إلى تحويل حالة "غير مسموح" إلى R = 1 و S = 1، ويصبح جدول الدالة كما هو موضح في الجدول 23.14.

الجدول 23.14 جدول دالة قلاب الضبط وإعادة الضبط

الإدخالات		الإخراجات		ملاحظات
S	R	Q	P	
0	0	Q_n		*تُسمى تثبيت*
0	1	0	1	*تُسمى إعادة الضبط* (Q = 0)
1	0	1	0	*تُسمى ضبط* (Q =1)
1	1	x	X	*قيمة غير مسموح بها*

يبدو هذا أكثر منطقية! لاحظ أن الضبط (SET) وإعادة الضبط (RESET) يُشيرَان إلى قيمة Q.

يُصبح الخرج الذي سُمي سابقًا بـ P هو (NOT Q) $\overline{Q_n}$ بشرط عدم السماح بحدوث الحالة غير المسموح بها أبدًا.

يُشكّل هذا التكوين الأساسي للقلاب أساس جميع القلابات الأخرى.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 194 24/06/2025 06:06:12 ص

القلاب من النوع D

تتمثل إحدى طرق منع حدوث الحالة غير المسموح بها في جعل دخل **إعادة الضبط** دائمًا عكس الضبط باستخدام عاكس. يؤدي هذا إلى إلغاء الصفين العلوي والسفلي لجدول دوال قلاب الضبط وإعادة الضبط. يمكن تحقيق وظيفة **التثبيت** باستخدام إشارة تمكين، تسمى عادةً الساعة.

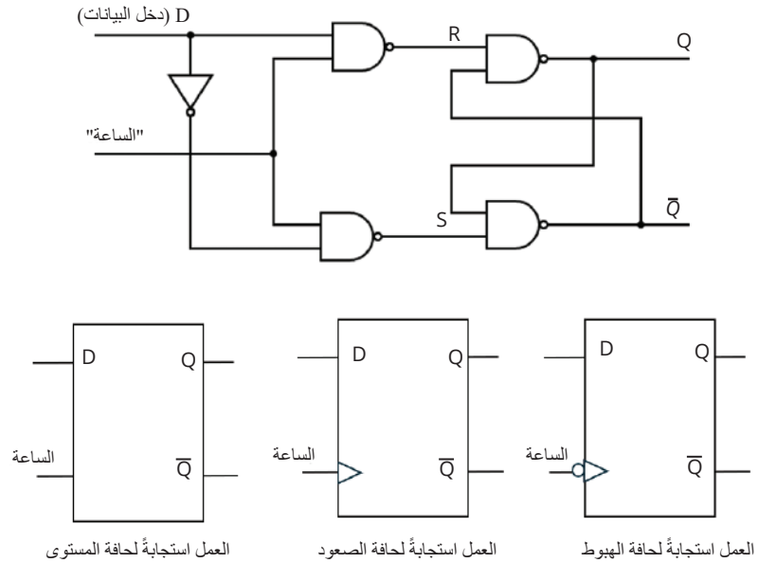
يوضح الشكل 23.28 رسمًا تخطيطيًّا للقلاب من النوع D.

تعمل الساعة في هذه الدائرة استجابةً لمستوى الإشارة. لكن استخدام القلابات التي تعمل استجابةً للمستوى أمر غير شائع في الدوائر العملية. بينما من المعتاد أن تقتصر التغييرات على حافة إشارة الساعة. قد تكون القلابات إما ذات حافة موجبة (صاعدة) وإما حافة سالبة (هابطة). يظهر الفرق على الرمز التخطيطي.

عندما تكون الساعة = 0، يكون كلا الدخلين إلى R وS عند المنطق 1. إذا درستَ جدول الدوال الخاص بالقلاب من النوع R-S، فعندما تكون R = 1 وS = 1 تكون الإخراجات ثابتة.

عندما تكون الساعة = 1، تُمرَّر القيمة عند D إلى الخرج Q

يوضح الشكل 23.27 أيضًا الرموز التخطيطية للقلابات من النوع D التي تعمل استجابةً للمستوى أو ارتفاع حافة الساعة أو هبوطها.



الشكل 23.27 رسم تخطيطي للقلاب من النوع D، ورموز الدائرة للقلابات من النوع D التي تعمل استجابةً للمستوى وارتفاع الحافة وهبوطها

الجدول 23.15 يوضح جدول الدوال الخاص بالقلاب من النوع D. لا يظهر خرج NOT Q للتوضيح.

الجدول 23.15 جدول الدوال الخاص بالقلاب من النوع D

الدخل	قبل الساعة	بعد الساعة	ملاحظات
D	Q_n	Q_{n+1}	
0	0	0	إعادة الضبط (Q = 0)
	1	0	
1	0	1	الضبط (Q = 1)
يُثبَّت الخرج Q بالقيمة السابقة عندما تكون الساعة = 0			

الشكل 23.28 يوضح مخططًا زمنيًّا للقلاب من النوع D الذي يعمل استجابةً لحافة الصعود. يمكن أن تحدث التغييرات فقط عندما ترتفع إشارة الساعة من المنطق 0 إلى المنطق 1.

المصطلحات الرئيسة

إعادة الضبط – تُفرض قيمة المنطق 0 على خرج الدائرة المنطقية.

التثبيت – ثبات خرج الدائرة المنطقية دون تغيير بعد نبضة الساعة.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 195 24/06/2025 06:06:13 ص

خطوة بخطوة

يتغير الدخل D إلى المنطق 1 قبل النقطة 1. ولا يحدث أي تغيير في الخرج Q لأن الساعة في المنطق 0.

عند النقطة 1، ترتفع إشارة الساعة إلى المنطق 1. ويكون الدخل D عند المنطق 1. ويُضبط الخرج Q على المنطق 1.

يتغير الدخل عند D إلى المنطق 0 قبل النقطة 2. ولا يحدث أي تغيير في الخرج Q لأن الساعة في المنطق 0.

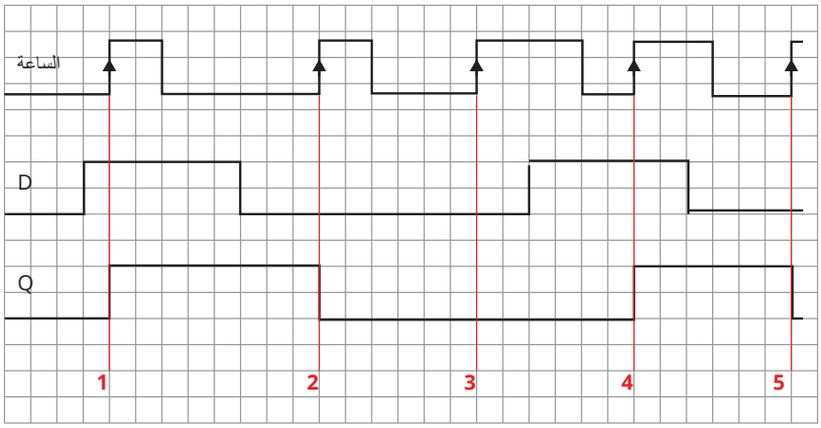
عند النقطة 2، ترتفع إشارة الساعة إلى المنطق 1. ويكون الدخل D عند المنطق 0. ويُعاد ضبط الخرج Q على المنطق 0.

يظل الدخل D عند المنطق 0.

عند النقطة 3، يظل D عند المنطق 0. يظل الخرج Q مُعاد ضبطه عند المنطق 0.

بعد النقطة 3 مباشرة، يصعد الدخل D إلى المنطق 1. لا يُضبط الخرج Q على المنطق 1 حتى النقطة 4، وهي الحافة الصاعدة التالية للساعة.

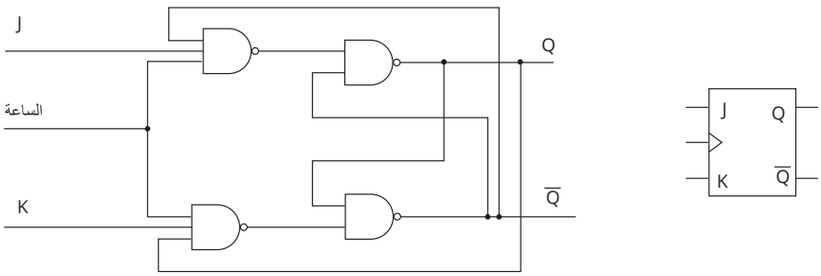
عند النقطة 5، يُعاد ضبط الخرج إلى المنطق 0 على الحافة الصاعدة لإشارة الساعة.



الشكل 23.28 مخطط زمني للقلاب من النوع D الذي يعمل استجابةً لحافة الصعود.

القلاب J-K

لقد لوحظ أن القلابات من النوع D تزيل الحالة غير المرغوبة، لكنها تفقد اثنين من مجموعات الإدخال المحتملة في هذه العملية. تستعيد القلابات من النوع J-K المجموعات المفقودة وتستفيد من الحالة التي كانت غير مرغوبة سابقًا.



الشكل 23.29 القلاب من النوع J-K الذي يعمل استجابةً لحافة الصعود.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 196 24/06/2025 06:06:13 ص

يرد تلخيص للسلوك في جدول الدوال الموضح في الجدول 23.16.

الجدول 23.16 جدول الوظائف للقلاب J-K

الإدخالات		قبل حافة الساعة	بعد حافة الساعة	ملاحظات
J	K	Q_n	Q_{n+1}	
0	0	0	0	ثابت (لا يتغير)
		1	1	
0	1	0	0	إعادة الضبط (Q = 0)
		1	0	
1	0	0	1	الضبط (Q = 1)
		1	1	
1	1	0	1	التبديل (أي التغيير)
		1	0	

لا يعتمد خرج القلاب J-K على الإدخالات في J وK فقط، لكن أيضًا على حالة الإخراجات في الوقت نفسه. تعتمد الإخراجات على تسلسل الإدخالات المطبقة. تُعرف الدوائر المنطقية التي تعتمد على تسلسل الإدخالات بالدوائر المنطقية التسلسلية. ستجد المزيد حول طبقة الدوائر المنطقية التسلسلية في هذه الوحدة.

يُطلق على القلاب J-K أحيانًا اسم القلاب العام؛ نظرًا إلى أنه يمكن الاستفادة منه في إنشاء جميع القلابات الأخرى.

المصطلح الرئيس

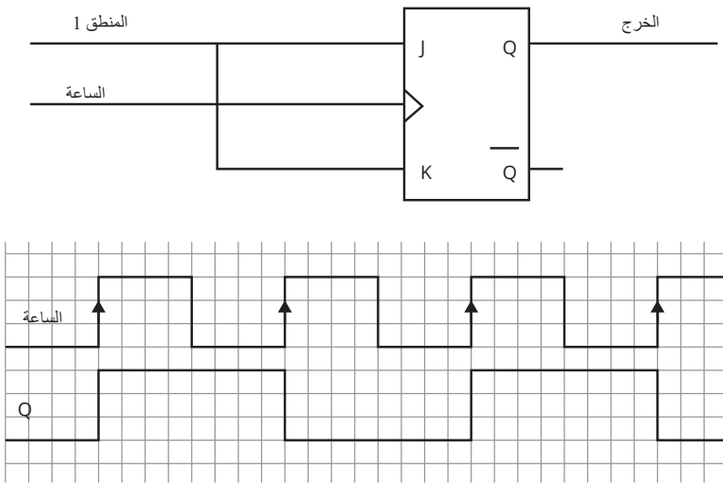
التبديل (Toggle) – تغيير حالة خرج دائرة منطقية (من 0 إلى 1، ومن 1 إلى 0) عند نبضة ساعة.

دراسة حالة

احتاج مهندس إلكترونيات إلى تقسيم تردد نبضة ساعة بعامل 2. قرر المهندس استخدام قلاب من النوع J-K يعمل استجابةً لحافة الصعود،

فعندما تكون كل من J وK تساوي 1، فإن الخرج **يتبدّل** عند الحافة النشطة لنبضة الساعة. وفي هذه الحالة، يحدث الانتقال عند حافة الصعود للساعة، كما هو موضح في الشكل 23.31. رسم المهندس مخططًا زمنيًّا لتوضيح كيفية عمل الدائرة.

تُعرف هذه الطريقة لتوصيل قلاب من النوع J-K بنوع T (الحرف الأول لكلمة تبديل بالإنجليزي). حيث يتبدّل الخرج عند كل حافة نشطة للساعة. ويمكن استخدامها لتقسيم التردد بعامل 2.



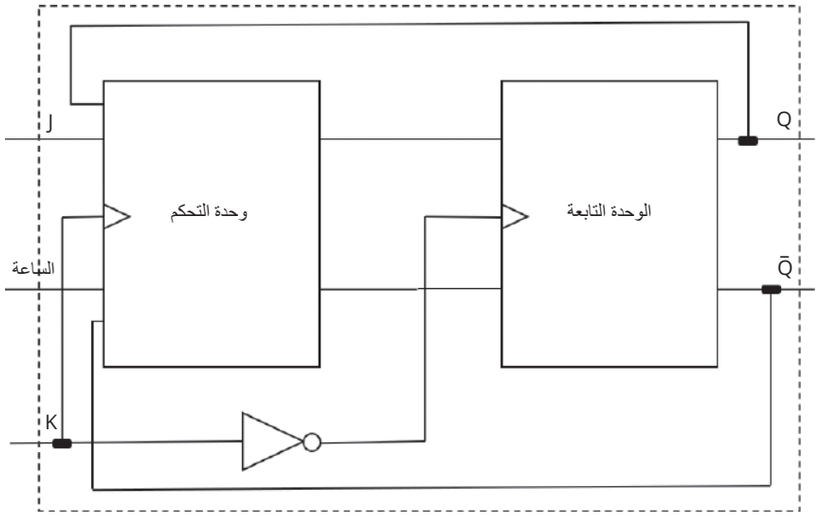
الشكل 23.30 قلاب من النوع Tيعمل استجابةً لحافة الصعود.

عادةً ما يحتوي القلاب J-K العملي على بنية "وحدة تحكم-وحدة تابعة" داخلية. تهدف الدوائر الإضافية إلى التغلب على مشكلات التوقيت التي تسببها بعض مسارات التغذية الراجعة التي تكون أطول من غيرها. وتُعرف هذه بحالات التسابق.

عند تمكين النصف الأول من الدائرة (وحدة التحكم) بواسطة الساعة، يُعطَّل النصف الثاني (الوحدة التابعة). يضمن العاكس (بوابة NOT) عدم نشاط كلا القسمين في الوقت نفسه. هذا يعني أن الخرج لا يمكن تغييره عندما تكون وحدة التحكم نشطة.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 197 24/06/2025 06:06:13 ص

عند تمكين الوحدة التابعة، تُعطَّل وحدة التحكم. وفي هذه الحالة يمكن تغيير الخرج، لكن لا يمكن للتغييرات في الخرج أن تُغذّى مرة أخرى من خلال وحدة التحكم. يضمن هذا عدم حدوث تغييرات متعددة نتيجة انتقال واحد لإشارة الساعة.



الشكل 23.31 تصميم القلاب من النوع J-K.

يوضح البحث في البوابات المنطقية والقلابات أن خرج البوابة لا يمكن أن يتغير على الفور مع تغير الدخل. سيكون هناك تأخير، يُعرف باسم تأخير الانتشار. يعتمد مدى التأخير على مدى تعقيد النظام.

التصميم الهرمي

دوائر المنطق الحسابي

عند التفكير في تطبيقات المنطق الرقمي، يتبادر مجال الحوسبة إلى الذهن سريعًا. يستعرض مربع خطوة بخطوة عملية تصميم دائرة تضيف رقمين ثنائيين (بتان).

خطوة بخطوة

عند جمع رقمين ثنائيين (بتان)، ستحصل على النتائج الآتية:

$0 = 0 + 0$

$1 = 1 + 0$

$1 = 0 + 1$

$10 = 1 + 1$

يتطلب جمع رقمين منطقيين بقيمة "1" خرجًا إضافيًا "للمنقول" إلى العمود التالي.

وهذا مُلخّص في جدول الحقيقة في الجدول 23.17. حدّد دالة منطقية بوليانية لكل خرج. (قارن الدوال مع البوابات المنطقية المذكورة سابقًا في هذا الفصل).

المجموع = $A \oplus B$ = A XOR B

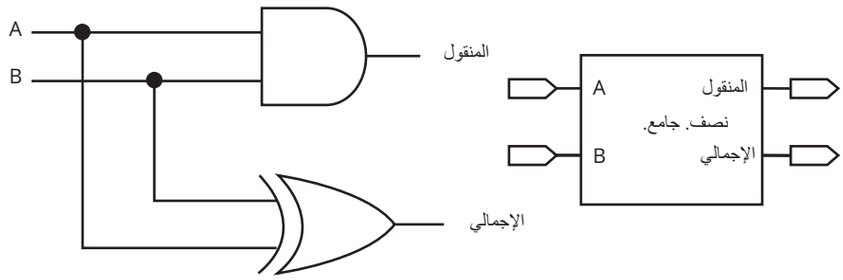
المنقول = $A \cdot B$ = A AND B

الجدول 23.17 جدول الحقيقة لنصف جامع.

الإدخالات		الإخراجات	
A	B	المنقول	المجموع
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 198 24/06/2025 06:06:13 ص

ارسم دائرة منطقية لتوليد الدوال المطلوبة باستخدام البوابات المنطقية القياسية.



الشكل 23.32 دائرة نصف الجامع باستخدام البوابات القياسية.

فكّر في جمع العددين A = 6 و B = 4 بالنظام الثنائي.

اكتب الأعداد واجمع الأزواج بدءًا من الجانب الأيمن (البت الأقل أهمية (LSB)).

يوضح المثال أن دائرة الجامع تحتاج فعليًا إلى ثلاثة إدخالات لتكون قادرة على دمج البتين اللذين جرى جمعهما مع دخل منقول المرحلة السابقة.

يمكنك إكمال جدول حقيقة لتوليد دالتي المجموع (Sum) والمنقول الخارج (Carry_out) لجمع الرقمين الثنائيين A وB مع المنقول الداخل (Carry_in).

الجدول 23.18 جمع عددين عشريين في النظام الثنائي

(A=6)			0	1	1	0
(B=4)			0	0	1	0
(المجموع=10)	المنقول		0	0	1	0
	المجموع		1	0	1	0

الجدول 23.19 جدول الحقيقة لجامع كامل

الإدخالات			الإخراجات	
A	B	المنقول الداخل	المنقول الخارج	المجموع
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	1

يُمكنك اشتقاق التعبير البولياني للإخراجات وتصميم الدوائر المنطقية باستخدام البوابات القياسية.

بحث

ابحث عن كيفية استخدام خريطة كارنوف لإنشاء تعبيرات بولينية مصغرة لمجموع الإخراجات والمنقول الخارج (Carry_Out).

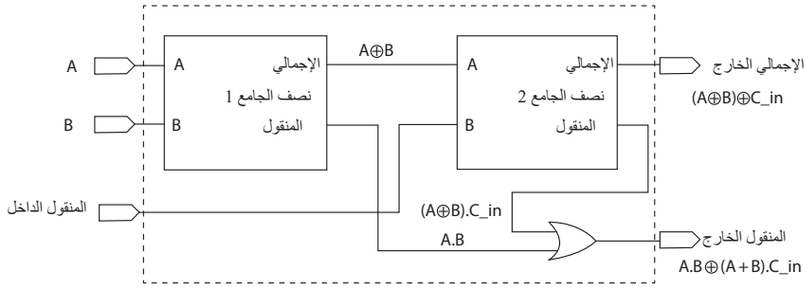
يمكن كتابة إخراجات الجامع الكامل على النحو الآتي

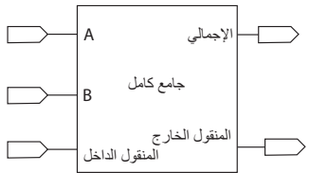
$$SUM = (A \oplus B) \oplus C_in$$

$$CARRY_out = A \cdot B + C_in(A \oplus B)$$

عند دراسة المصطلحات المستخدمة في التعبيرات البولينية، ستلاحظ أنها تتضمن إخراجات نصف جامع مع بوابة OR منطقية قياسية إضافية. يوضح الشكل 23.34 كيف يمكن استخدام اثنين من دوائر نصف الجامع مع بوابة OR لإنشاء جامع كامل.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 199 24/06/2025 06:06:13 ص





الشكل 23.33 دائرة جامع كامل مكونة من دائرتي نصف جامع وبوابة OR.

تطبيق النظرية

طُلب من فني تصميم دائرة منطقية لجمع نصفي بايت من البيانات.

يتكون كل نصف بايت من 4 بتات من البيانات. على سبيل المثال:

يحتاج كل عمود إلى جامع كامل لجمع البتين مع بت المنقول الداخل (Carry_in).

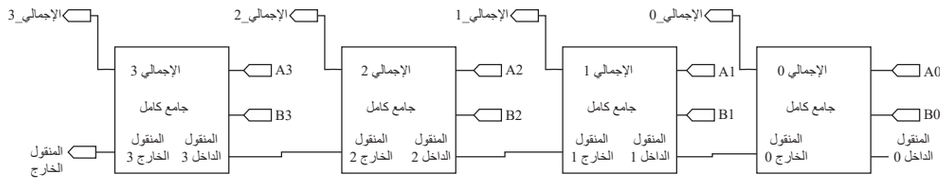
يكون بت الحمل الداخل (Carry_in) للمرحلة الآنية هو بت المنقول الخارج (Carry_out) من المرحلة السابقة.

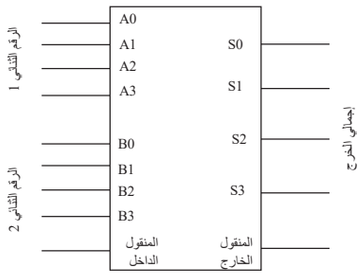
يُعد بت المنقول الخارج (Carry_out) النهائي ضروريًّا للحصول على النتيجة الصحيحة. ويسمح أيضًا بدمج دائرتين جامعتين مكونتين من 4 بتات لإنتاج دائرة جامع مكونة من 8 بتات.

الجدول 23.20 جمع عددين ثنائيين مكونين من 4 بتات

العدد العشري		بت3	بت2	بت1	بت 0
13		1	1	0	1
5		0	1	0	1
18	(1)	0	0	1	0

استخدم الفني برنامج تصميم إلكتروني بمساعدة الحاسوب (CAD) لتصميم الرسم التخطيطي لدائرة الجامع المكونة من 4 بتات. يقع البت الأقل أهمية على اليسار، ويقع البت الأكثر أهمية على اليمين، لمطابقة طريقة كتابة الأعداد.





الشكل 23.34 دائرة جامع مكونة من 4 بتات باستخدام أربع دوائر جامع كامل.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 200 24/06/2025 06:06:13 ص

يوضح تطوير دوائر "الجامع" استخدام أساليب التصميم الهرمي.

- في هذا المثال، أعلى مستوى في التسلسل الهرمي هو الجامع المكون من 4 بتات.
- المستوى التالي إلى الأسفل هو كتلة الجامع الكامل. لإنشاء جامع مكون من 4 بتات، نحتاج إلى 4 كتل من الجامع الكامل.
- المستوى التالي إلى الأسفل هو كتلة نصف الجامع. لإنشاء جامع كامل، نحتاج إلى إلى كتلتين من نصف الجامع وبوابة OR
- أدنى مستوى في هذا التسلسل الهرمي هو الرسم التخطيطي باستخدام البوابات المنطقية. لإنشاء نصف جامع، نحتاج إلى بوابة AND إضافية وبوابة XOR.

إذا كنت تُصمم دوائر مُتكاملة (ICs)، فقد تُفكّر في مستوى أدنى من المكونات الخاملة والنشطة لإنشاء كل بوابة منطقية. فاستخدام التصميم الهرمي يعني أنك تُصمم كل كتلة مرة واحدة فقط ولا حاجة لإعادة تصميمها في المستوى التالي، لأن برنامج التصميم يخزّن تصميم كل كتلة في ملف، ثم يستخدمه لقائيًا في المستوى التالي من التسلسل الهرمي.

من المشكلات العملية التي قد تواجهها عند توصيل دوائر الجامع المكونة من 4 بتات لإنشاء جوامع كبيرة (8 بتات، 12 بت، 16 بت وما إلى ذلك) هي زيادة مدى تأخير الانتشار الناتج عن ذلك. عندما تفكر في عملية الإضافة، فإنها تبدأ من البت الأقل أهمية (LSB) و"تنتقل إلى" البت الأكثر أهمية (MSB). كلما زادت البتات التي يمكن إضافتها معًا، زاد الوقت الذي تستغرقه العملية.

بحث

أجرِ بحثًا باستخدام كتالوجات أو مواقع موردي المكونات الإلكترونية للعثور على دائرة متكاملة (IC) من نوع TTL وأخرى من نوع أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة (CMOS) لجامع مكون من 4 بتات.

المسجلات

المسجل عبارة عن مجموعة من القلابات المستخدمة لتخزين البيانات الثنائية. وأبسط قلاب يمكن استخدامه هو القلاب من النوع D. يمكنك أيضًا استخدام القلابات من النوع J-K. تذكر أن القلابات من النوع J-K قلابات عامة. ويمكن تهيئتها لتعمل مثل أي نوع آخر من القلابات.

يُعرف المسجل الذي يمكن فيه نقل بتات البيانات إلى اليسار أو اليمين باسم مسجل الإزاحة. في المثال العملي، استخدم المصمم طريقة التصميم الهرمي لتصميم مسجل إزاحة مكون من 4 بتات.

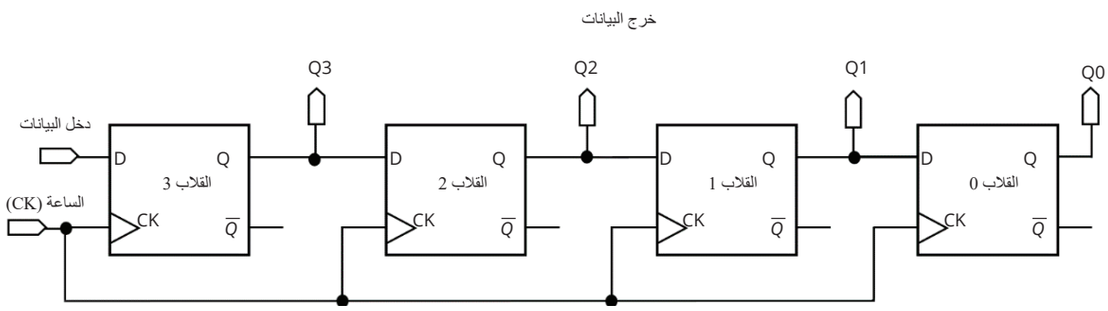
خطوة بخطوة

قرر مُدرّس الهندسة الإلكترونية توضيح كيفية استخدام التصميم الهرمي لتصميم مسجل إزاحة مكون من 4 بتات. فاستخدم المُدرّس الدائرة الموضحة في الشكل 23.26 لإنشاء كتلة التسلسل الهرمي الأولى لقلاب من النوع D باستخدام البوابات المنطقية الأساسية.

كانت الخطوة التالية هي تحديد أن هناك حاجة إلى 4 قلابات لتخزين عدد مكون من أربعة بتات.

أدخلت البيانات بمعدل بت واحد في كل مرة عند دخل D الأكثر أهمية.

وجرى تمرير البيانات من خلال نبضة ساعة إلى خرج Q لذلك القلاب من النوع D عند حافة الساعة النشطة التالية. ويُصبح هذا الخرج دخل D للقلاب التالي. وجرى توصيل كل خرج Q بدخل D للقلاب التالي.



الشكل 23.35 مسجل إزاحة مكون من 4 بتات

يُعد مُسجل الإزاحة هذا مُسجلًا تسلسلي الدخل ومتوازي الإخراجات (SIPO).

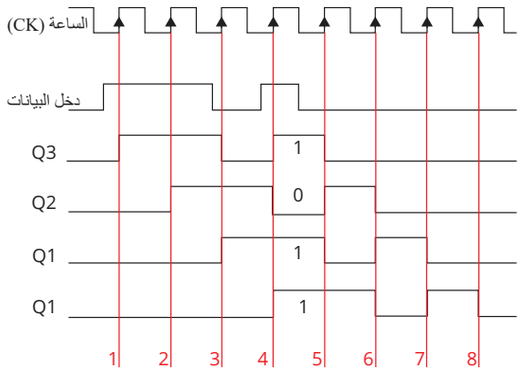
XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 201 24/06/2025 06:06:14 ص

تدخل البيانات بشكل تسلسلي عند D3 وتنتقل بمقدار موضع واحد إلى اليمين مع كل نبضة ساعة نشطة. وتُدخل البيانات من البت الأقل أهمية (LSB) إلى البت الأكثر أهمية (MSB). ويستغرق إدخال عدد مكون من 4 بتات أربع نبضات ساعة. وتتوافر البيانات بشكل متوازٍ على إخراجات Q.

يعمل مُسجل الإزاحة أيضًا بوصفه مسجلًا تسلسلي الدخل وتسلسلي الخرج (SISO) عند استخدام الخرج Q0.

يستغرق الأمر 4 نبضات ساعة لإزاحة بتات البيانات الأربعة إلى المسجل. ويستغرق الأمر 4 نبضات ساعة أخرى لإزاحة البيانات للخارج بشكل تسلسلي.

نبضة الساعة	دخل البت	Q3	Q2	Q1	Q0
0	**1**	0	0	0	0
1	**1**	1	0	0	0
2	**0**	1	1	0	0
3	**1**	0	1	1	0
4	0	**1**	**0**	**1**	**1**
5	0	0	1	0	1
6	0	0	0	1	0
7	0	0	0	0	1
8	x	0	0	0	0



الشكل 23.36 مخطط زمني لمسجل إزاحة مكون من 4 بتات.

يوضح الشكل 23.35 تشغيل مسجل الإزاحة المكون من 4 بتات لتحميل نصف البايت الثنائي 1011. ويجري إدخال البت الأقل أهمية (LSB) للبيانات أولًا.

بعد 4 نبضات ساعة، يكون محتوى المسجل هو Q0 = 1، Q1 = 1، Q2 = 0، Q3 = 1. ويجري إدخال نصف البايت في المسجل.

بعد 8 نبضات ساعة، يكون محتوى المسجل هو Q0 = 0، Q1 = 0، Q2 = 0، Q3 = 0. ويجري إخراج نصف البايت من المسجل.

هناك نوعان آخران من مسجلات الإزاحة:

- الدخل المتوازي والخرج التسلسلي (PISO). تُدخل البيانات بالتوازي إلى كل القلابات. وتُزاح في 4 نبضات ساعة عند Q0.
- الدخل المتوازي والخرج المتوازي (PIPO). لا يعد هذا، من الناحية الفنية، مسجل إزاحة، حيث تُدخل البيانات بالتوازي إلى كل القلابات. وتُخرج البيانات بشكل متوازٍ من مخارج كل القلابات.

تسمح مسجلات SIPO وPISO بالتحويل بين البيانات التسلسلية والمتوازية، وهو أمر مهم في اتصالات البيانات.

وقفة للتفكير في المثال الوارد في مربع خطوة بخطوة، ينقل المسجل البيانات من اليسار إلى اليمين.

ماذا يحدث لقيمة الرقم إذا أزحته عمودًا واحدًا إلى اليمين؟

ماذا يحدث لقيمة الرقم إذا أزحته عمودًا واحدًا إلى اليسار؟

تلميح ادرس القيم العشرية للأرقام الثنائية 001، 010، 100

توسيع الأفق هل يمكنك التفكير في طريقة لإزاحة البيانات من اليمين إلى اليسار؟

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 202 24/06/2025 06:06:14 ص

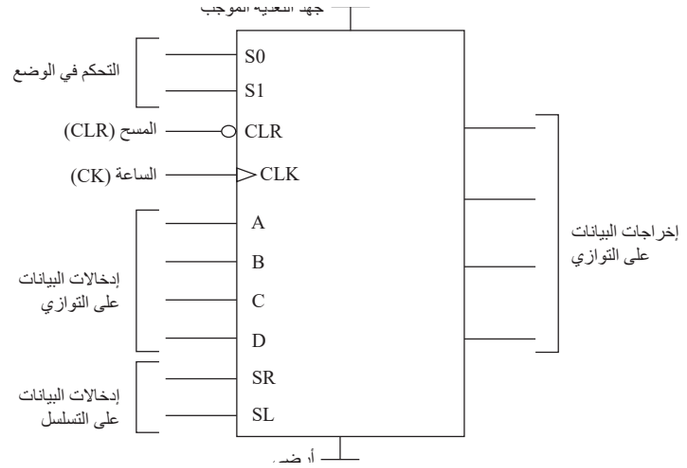
دراسة حالة

SN74194 هو عبارة عن مسجل إزاحة ثنائي الاتجاه مكون من 4 بتات من نوع TTL.

تحتاج الدائرة المُتكاملة إلى توصيلات بمزود الطاقة (+5 فولت، 0 فولت) وأسنان التحكم لتكوين التطبيق. ومن المهم الرجوع إلى أوراق بيانات الشركة المُصنِّعة للحصول على معلومات كاملة بشأن كيفية عمل الدائرة المُتكاملة.

تشرح ورقة البيانات SDLS075 من تكساس إنسترومنتس (الصادرة في مارس 1974 - والمُحدَّثة في مارس 1988) الخاصة بالمسجل SN74194 كيفية تكوين الأوضاع المختلفة.

يؤدي ضبط دخل NOT CLR على مستوى منخفض إلى إعادة ضبط جميع إخراجات Q على مستوى منخفض.



الشكل 23.37 مخطط كتلة مسجل الإزاحة ثنائي الاتجاه SN74194مكون من 4 بتات

تُحدد أسنان التحكم في الوضع S0 و S1 كيفية عمل الدائرة.

عندما يكون كل من S0 و S1 على مستوى منخفض، تُمنع الساعة من العمل.

لتحميل المسجل بالتوازي، يجب تطبيق البتات الأربعة على الإدخالات A و B و C و D وجعل كل من S0 و S1 على مستوى عالٍ. ويجري تحميل البيانات في الإخراجات على حافة الصعود للساعة. وتُمنع الإزاحة في أثناء التحميل المتوازي.

عندما يكون S0 على مستوى عالٍ و S1 على مستوى منخفض، تُزاح البيانات باتجاه اليمين من دخل SR على حافة الصعود للساعة.

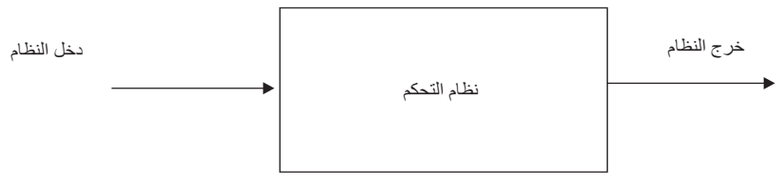
عندما يكون S0 على مستوى منخفض و S1 على مستوى مرتفع، تُزاح البيانات باتجاه اليسار من دخل SL على حافة الصعود للساعة.

أنظمة التحكم مفتوحة الحلقة ومغلقة الحلقة

في الهندسة الكهربائية والإلكترونية، **نظام التحكم** هو نظام إلكتروني يتحكم في سلوك نظام آخر. يوضح الشكل 23.38 مخطط كتلة لنظام التحكم. ويتكون من ثلاثة أجزاء:

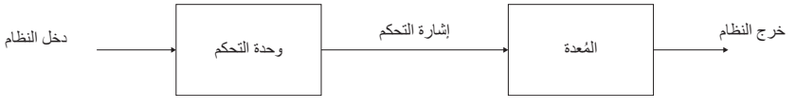
- الدخل
- نظام التحكم
- الخرج.

يحول نظام التحكم إشارة الدخل إلى الخرج المطلوب. على سبيل المثال، يضبط نظام التحكم في مستوى الصوت على الهاتف المحمول مستوى الصوت الذي تسمعه



الشكل 23.38 مخطط كتلة لنظام تحكم بسيط.

يمكن أن يتكون نظام التحكم من عدد من الأنظمة الفرعية كما في الشكل 23.39.



الشكل 23.39 مخطط كتلة لوحدة التحكم والمُعدة.

بحث

ابحث في كيفية استخدام القلابات من النوع J-K في دوائر العداد الثنائي.

اكتشف كيفية تصميم عداد تموج مكون من 4 بتات باستخدام 4 قلابات من النوع J-K.

ما نوع القلاب الذي جرى توصيل قلابات J-K على هيئته؟

هل يمكنك اكتشاف تأثير استخدام القلابات التي تعمل استجابةً لحافة الصعود والقلابات التي تعمل استجابةً لحافة الهبوط في دائرة العداد؟

المصطلح الرئيس

نظام التحكم – نظام إلكتروني يتحكم في سلوك نظام آخر.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 203 24/06/2025 06:06:14 ص

استخدام مثقاب كهربائي يعمل بالبطارية

في هذا السيناريو، يُشير مصطلح "المُعدة" إلى المعدات الكهربائية والميكانيكية الخاضعة للتحكم.

خذ المثقاب الكهربائي الذي يعمل بالبطارية مثالًا، ستجد وحدة التحكم هي الدائرة الإلكترونية التي **تضبط** جهد الدخل للمحرك الكهربائي. والمحرك هنا هو المُعدة.

عند الضغط على الزناد، يدور المحرك. يحول المحرك إشارة التحكم من وحدة التحكم الإلكترونية إلى حركة دورانية. ويخضع التحكم في سرعة المحرك إلى مدى قوة الضغط على الزناد.

مثال عملي

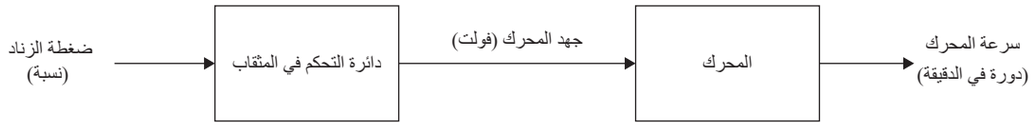
تبلغ السرعة القصوى للمثقاب الكهربائي 3600 دورة في الدقيقة عند الضغط الكامل على الزناد.

يبلغ جهد المُحرّك 18 فولت تيار مُستمر عندما يكون الزناد مضغوطًا بالكامل.

يعمل الزناد بتناسب خطي. فيبلغ جهد المُحرّك 9 فولت تيار مُستمر عند الضغط على الزناد إلى النصف.

وتبلغ السرعة 1800 دورة في الدقيقة عند الضغط على الزناد إلى النصف.

رسم الفني مُخطط كتلة لتمثيل المثقاب (الشكل 23.40).



الشكل 23.40 مُخطط كتلة لمثقاب كهربائي يعمل بالبطارية.

توجد علاقة رياضية بين دخل كل كتلة وخرجها، وتُسمى هذه العلاقة دالة التحويل. وتُعرّف دالة التحويل بأنها النسبة بين الخرج والدخل. إذا قيس الدخل والخرج بالوحدات نفسها، فإن دالة التحويل تكون نسبة بسيطة. وإذا كانت الوحدات مُختلفة، فإن دالة التحويل يكون لها وحدات من

$$\frac{\text{وحدات الخرج}}{\text{وحدات الدخل}}$$

في دائرة التحكم في المثقاب،

$$T_C = \frac{\text{motor voltage (جهد المجرك)}}{\text{trigger press (ضغطة الزناد)}} = \text{V/trigger press (فولت/ضغطة زناد)}$$

عوّض بالقيم المعطاة،

$$T_C = \frac{18}{1}\ \text{V/trigger press}$$

$$T_C = 18\ \text{V/trigger press}$$

نسبة ضغطة الزناد مجرد قيمة عددية، دون وحدات قياس. ووحدات دالة التحويل يمكن التعبير عنها في الواقع بوحدة الفولت فقط، إلا أن التعبير عنها بالفولت/ضغطة الزناد يُقدّم معلومات أكثر تفصيلًا.

في المحرك،

$$T_M = \frac{\text{motor speed (سرعة المحرك)}}{\text{motor voltage (جهد المجرك)}}\ \text{rpm/V (دورة في الدقيقة/فولت)}$$

عوّض بالقيم المعطاة

$$T_M = \frac{3600}{18}\ \text{rpm/V}$$

$$T_M = 200\ \text{rpm/V}$$

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 204 24/06/2025 06:06:16 ص

دالة التحويل للمثقاب هي،

$$T_D = \frac{\text{motor speed}}{\text{trigger press}} \text{ rpm/trigger press}$$

$$T_D = \frac{3600}{1} \text{ rpm/trigger press}$$

$$T_D = 3600 \text{ rpm/ trigger press}$$

فكِّر مليًّا

عند النظر إلى نتائج المثال العملي، يمكنك أن ترى أن دالة التحويل للنظام كله هي ناتج دوال التحويل لكل نظام فرعي.

في المثال العملي:

$$T_D = T_C \times T_M$$

$$3600 = 18 \times 200$$

$$\frac{\text{rpm}}{\text{trigger press}} = \frac{\text{V}}{\text{trigger press}} \times \frac{\text{rpm}}{\text{V}}$$

دالة التحويل للنظام بدون تغذية راجعة تُسمى **دالة التحويل** ذات الحلقة المفتوحة (OLTF). دالة التحويل ذات الحلقة المفتوحة هي حاصل ضرب دوال التحويل للأنظمة الفرعية. يُشار إلى OLTF عادةً بالرمز A.

$$OLTF = A = C \times D \times \ldots.$$

حيث تمثل C، D وما إلى ذلك دوال التحويل لكل نظام فرعي.

احسب ما يلي بالنسبة للمثقاب:

- ما هي سرعة المحرك إذا ضغطت على الزناد حتى ثلاثة أرباع (4/3) الحد الأقصى؟
- إلى أي مدى تحتاج إلى الضغط على الزناد للحصول على سرعة محرك تبلغ 1200 دورة في الدقيقة؟

ما مدى دقة هذه الحسابات في الواقع العملي؟

المصطلحات الرئيسة

الضبط – تُفرض قيمة المنطق 1 على خرج الدائرة المنطقية.

مفتوح الحلقة – نظام تحكم دون تغذية راجعة.

مغلق الحلقة – نظام تحكم مع تغذية راجعة.

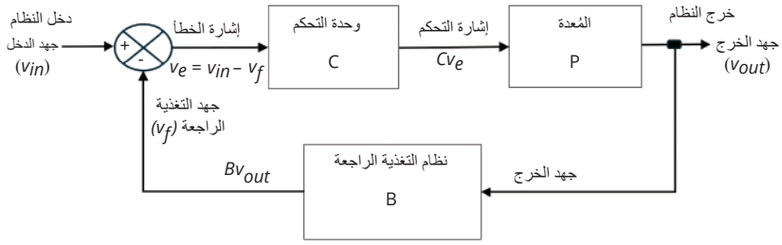
فكِّر في ما سيحدث عند ثقب مواد بدرجات صلابة مختلفة. ستكون سرعة الحفر أسرع عند الحفر في مادة ناعمة مقارنة بالحفر في مادة صلبة، وذلك عند الضغط على الزناد بالقوة نفسها. لا يمكن للمثقاب الاستجابة لما يحدث عند الخرج للحفاظ على قيمة ثابتة.

الجدول 23.21 مزايا وعيوب أنظمة التحكم مفتوحة الحلقة

مزايا أنظمة التحكم مفتوحة الحلقة	عيوب أنظمة التحكم مفتوحة الحلقة
سهلة التصميم	يمكن أن تكون غير دقيقة
سهلة البناء	تفتقر للتنظيم الذاتي عند التأثر بعوامل خارجية
رخيصة نسبيًّا	

يختلف سلوك المثقاب اليدوي عن مركز التصنيع باستخدام التحكم الرقمي بالحاسوب (CNC) مثلًا. ففي آلات التحكم الرقمي باستخدام الحاسوب، تحافظ وحدة التحكم على سرعة عمود الدوران عند قيمة محددة بدقة شديدة. الفرق هو أن آلات التحكم الرقمي باستخدام الحاسوب تعتمد على التغذية الراجعة عند الخرج لتعديل إشارة الدخل. إذا كانت سرعة عمود الدوران عالية جدًا، فستقلل التغذية الراجعة إشارة الدخل. أما إذا كانت سرعة عمود الدوران منخفضة جدًا، فستزيد التغذية الراجعة من سرعة عمود الدوران. نظام التحكم الذي يعتمد على التغذية الراجعة يسمى نظام الحلقة المغلقة. يوضح الشكل 23.40 مخطط كتلة لنظام تحكم **مغلق الحلقة** مع التغذية الراجعة السالبة.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 205 24/06/2025 06:06:17 ص



الشكل 23.41 مخطط كتلة لنظام تحكم مغلق الحلقة

المصطلحات الرئيسة

نقطة الضبط - دخل النظام الذي يحدد قيمة الخرج.

إشارة الخطأ - الفرق بين نقطة الضبط وإشارات التغذية الراجعة. ويطلق عليها أحيانًا إشارة التشغيل.

التغذية الراجعة السالبة - التغذية الراجعة التي تكون فيها إشارة التغذية الراجعة 180معاكسة لإشارة الدخل في الطور بمقدار 180 درجة.

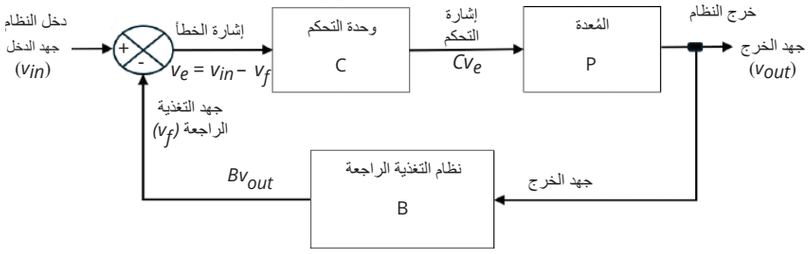
تُضبط إشارة الدخل لإعطاء إشارة الخرج المطلوبة. ويطلق عليها أحيانًا **نقطة الضبط**.

يُعاد تغذية جزء من جهد الخرج إلى الدخل. وتكون إشارة التغذية الراجعة معاكسة لإشارة الدخل في الطور بمقدار 180 درجة.

الدخل إلى وحدة التحكم هو الفرق بين إشارة الدخل وإشارة التغذية الراجعة. ويطلق عليه أحيانًا **إشارة الخطأ**. في هذه الحالة، يعني "الخطأ" الفرق بين الإشارة المطلوبة والإشارة الفعلية.

- إذا كان الخرج مرتفعًا جدًا، فستكون إشارة "الخطأ" صغيرة، ما يقلل الخرج.
- إذا كان الخرج منخفضًا جدًا، فستكون إشارة "الخطأ" كبيرة، ما يزيد من الخرج.

نظام التحكم مغلق الحلقة مع **التغذية الراجعة السالبة** هو نظام ذاتي التنظيم. يوضح الشكل 23.44 نظام التحكم مغلق الحلقة مع تحديد قيم الإشارة في النقاط الرئيسة.



الشكل 23.42 مخطط كتلة لنظام التحكم مغلق الحلقة مع إشارات الجهد.

يمكن تحليل نظام التحكم مغلق الحلقة على النحو الآتي.

بحسب التعريف:

$$CLTF = \frac{v_{out}}{v_{in}} \qquad [1]$$

دالة التحويل للنظام مفتوح الحلقة:

$$OLTF = A = C \cdot P \qquad [2]$$

بالنظر إلى مخطط الكتلة، تكون إشارة "الخطأ":

$$v_e = v_{in} - v_f \qquad [3]$$

وبما أن إشارة التغذية الراجعة هي

$$v_f = Bv_{out} \qquad [4]$$

إذًا عند التعويض عن [3] في [4]، فستكون النتيجة:

$$v_e = v_{in} - Bv_{out} \qquad [5]$$

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 206 24/06/2025 06:06:17 ص

إشارة التحكم هي

$$Cv_e = C\left(v_{in} - Bv_{out}\right) \quad [6]$$

إذًا جهد الخرج هو

$$v_{out} = PCv_e \quad [7]$$

بالتعويض عن [6] في [7] تكون النتيجة:

$$v_{out} = PC\left(v_{in} - Bv_{out}\right) \quad [8]$$

تذكر أن

$$PC = A = OLTF \quad [9]$$

بالتعويض عن [9] في [8]:

$$v_{out} = A\left(v_{in} - Bv_{out}\right) \quad [10]$$

أعد ترتيب هذه المعادلة للحصول على دالة التحويل للنظام مغلق الحلقة (CLTF)

$$v_{out} = Av_{in} - A\,Bv_{out} \quad [11]$$

$$v_{out} + A\,Bv_{out} = Av_{in} \quad [12]$$

حلِّل الجانب الأيسر من المعادلة.

$$v_{out}\left(1 + A\,B\right) = Av_{in} \quad [13]$$

أعد الترتيب للحصول على دالة التحويل للنظام مغلق الحلقة.

$$CLTF = \frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{A}{1 + AB} \quad [14]$$

مثال عملي

نظام تحكم مغلق الحلقة له دالة تحويل مفتوحة الحلقة $A = 1000$ وعامل تغذية راجعة سالبة $B = 0.1$.

احسب دالة التحويل لنظام الحلقة المغلقة (CLTF).

$$CLTF = \frac{A}{1 + AB}$$

$$CLTF = \frac{1000}{1 + (1000 \times 0.1)}$$

$$CLTF = 9.9$$

فكِّر مليًّا

انظر في نتيجة المثال العملي.

إذا حسبتَ القيمة $1/B$، فستكون النتيجة 10.

الإجابة في الحساب هي 9.9، وهي قريبة جدًا من 10.

يُمكنك إجراء تقريب لدالة تحويل الحلقة المغلقة في الحالة التي يكون فيها $A >> B$، حيث $CLTF \approx \frac{1}{B}$

احسب:

- القيمة الدقيقة لدالة تحويل الحلقة المغلقة لنظام تحكم ذو حلقة مُغلقة مع دالة تحويل الحلقة المفتوحة $A = 5000$ وعامل تغذية راجعة $B = 0.05$
- قيمة تقريبية لدالة تحويل الحلقة المغلقة باستخدام طريقة التقريب.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 207 24/06/2025 06:06:19 ص

المهارات

- التحليل
- التفسير
- التعلم المستمر
- الاهتمام الفكري والفضول

يعد نظام التحكم مغلق الحلقة مثاليًّا للاستخدام في النظام الآلي. على سبيل المثال، في نظام تثبيت السرعة في المركبات، يمكنك ضبط السرعة المطلوبة وسيحافظ نظام التثبيت على هذه السرعة تلقائيًّا. يستجيب النظام للاضطرابات، مثل التغيرات في سطح الطريق والانحدارات والرياح وما إلى ذلك، للحفاظ على سرعة ثابتة.

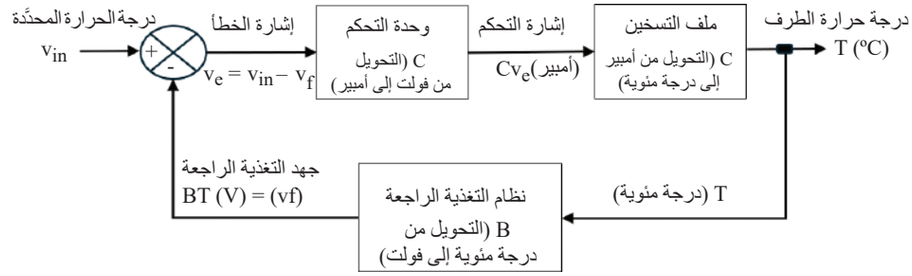
الجدول 23.22 مزايا وعيوب أنظمة التحكم مغلقة الحلقة

مزايا أنظمة التحكم مغلقة الحلقة	عيوب أنظمة التحكم مغلقة الحلقة
ذاتية التنظيم، وبالتالي أقل تأثرًا بالعوامل الخارجية.	تصميم أكثر تعقيدًا
تشغيل مستقر	أكثر تكلفة
دقيقة	

تطبيق النظرية

يُصمِّم أحد المهندسين نظام تحكم جديد مغلق الحلقة لمحطة لحام. يُفترض أن تحتوي المحطة على مقاومة متغيرة لضبط درجة الحرارة المطلوبة في طرف مكواة اللحام. وسيتحكم النظام تلقائيًّا في درجة حرارة طرف مكواة اللحام ليجعلها تتطابق مع القيمة المحدَّدة.

رسم المهندس مُخططًا كُتليًّا (الشكل 23.42) للنظام المُقترح، وأضاف عليه مُلاحظات لتساعده على تحديد كيفية بناء النظام.



الشكل 23.43 مخطط الكتلة لمحطة اللحام المقترحة.

قرَّر المهندس استخدام مقاومة متغيرة ليضبط جهد الدخل للحصول على درجة حرارة الخرج المطلوبة.

تعتمد درجة الحرارة الناتجة عن ملف التسخين على مقدار التيار المار فيه. تحتاج وحدة التحكم إلى تحويل إشارة "الخطأ" من جهد إلى تيار يمر في ملف التسخين. توجد عدة طُرق لفعل بذلك، وإحدى هذه الطرق استخدام دائرة مكبر تشغيلي.

خرج النظام هو درجة حرارة طرف مكواة اللحام (بالدرجة المئوية). ولا بد أن يحوِّل نظام التغذية الراجعة إلى درجة الحرارة إلى جهد. يُمكن استخدام الثرمستور في دائرة مُجزئ الجهد لتوفير إشارة التغذية الراجعة.

وبعد تحديد مُتطلبات النظام، يُمكن للمهندس التركيز على تفاصيل كل نظام فرعي. في الواقع العملي، يُمكن تكليف أعضاء مُختلفين من الفريق بتصميم الأنظمة الفرعية.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 208 24/06/2025 06:06:19 ص

تمرين تقييمي 23.1 A.P1, A.P2, A.P3, A.M1, A.D1

ابحث في الأنظمة التناظرية والرقمية المُعقدة ذات الحلقات المفتوحة والمغلقة. يجب أن تكتشف كيف يُمكن تمثيلها بشكل مُخطط كتلة وخصائص الأشكال الموجية عند النقاط الرئيسة.

1 يجب أن تبحث في:
- خصائص الإشارات التناظرية والرقمية
- الحاجة إلى تكييف الإشارة في كل نوع من أنواع الدوائر
- الاختلافات بين الأنظمة ذات الحلقة المفتوحة والمغلقة.

2 ابحث في الدوائر المقدمة إليك واكتب تقريرًا يتضمن معلومات عن الآتي:
- خصائص الإشارات التناظرية والرقمية في الدوائر التي تبحث فيها.
  - بالنسبة للأنظمة التناظرية، عليك أن تقدّم تعريفًا للإشارات التناظرية، وأن تشرح خصائص الإشارة لا سيما الأشكال الموجية الدورية والتردد والمدة الزمنية والقيم "المتوسطة".
  - بالنسبة للأنظمة الرقمية، عليك أن تدرج تعريفًا للإشارات الرقمية والتقنيات الرقمية، مدعومًا بتوضيحات حول القيم المثالية والعملية للإشارات الرقمية.
  - وعليك مقارنة كيفية تطابق الإشارات المقاسة مع الإشارات النظرية في كلا الحالتين. على سبيل المثال، مدى تأثير الضوضاء على الإشارات، وكيفية مقارنة مستويات الإشارات المقاسة مع المستويات الاسمية.
- الحاجة إلى تكييف الإشارات في الدوائر الرقمية قيد البحث، مع مراعاة الآتي:
  - الترشيح
  - التكبير
  - إزاحة المستوى
  - الكسب
  - الإزاحة
- الحاجة إلى تكييف الإشارة في الدوائر الرقمية قيد البحث، مع مراعاة الآتي:
  - قادح شميت
  - من منطق ترانزستور-ترانزستو (TTL) إلى أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة (CMOS)
  - من أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة (CMOS) إلى منطق ترانزستور-ترانزستو (TTL)
  - الحد الأقصى للدخل
  - الحد الأقصى للخرج.

3 أجرِ بحثًا عن الأنظمة التناظرية والرقمية ذات الحلقة المفتوحة والمغلقة. ويجب عليك:
- تحديد الأنظمة ذات الحلقات المفتوحة والمغلقة وإظهار كيف يمكن تمثيلها في شكل مخطط الكتلة.
- استنباط دوال التحويل في الحلقة المفتوحة والحلقة المغلقة من المبادئ الأولى.
- استخدام النتائج لتحديد الخرج المتوقع لكل نظام بناءً على إشارات الدخل المعطاة.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 209 24/06/2025 06:06:19 ص

4 استخدام المخططات الرسومية ومخططات الكتلة للأنظمة التناظرية والرقمية المعقدة المحددة لتحديد طبيعة الإشارات المتوقعة عند نقاط الاختبار الرئيسة المحددة.

5 إعداد تقرير مكتوب يستكشف خصائص الإشارات التناظرية والرقمية، وكتل النظام، ومخططات الكتل، وأنظمة التحكم ذات الحلقة المفتوحة والمغلقة إلى جانب الحسابات الداعمة.

التخطيط

- ما المعدات، بما في ذلك معدات السلامة، التي سأحتاج إليها لإنجاز المهمة؟
- سأضع خطة زمنية تتضمن كل مهمة عليّ إكمالها للتأكد من أنني لن أتجاوز الوقت المُحدد.

التنفيذ

سأضطلع:

- بتنفيذ كل مهمة وتسجيل نتائج كل بحث.
- بشرح كيفية تنفيذ المهام بوضوح، وما سجلته، وكيفية عمل كل نظام استخدمته.
- بجمع أدلة كافية على الاختبارات التي أجريتها.
- بعرض النتائج بوضوح لكي يفهمها الآخرون، باستخدام المصطلحات الهندسية المناسبة.

المراجعة

سأشرح كيفية:

- التعامل مع المهام المختلفة
- تحليل النتائج التي حصلت عليها
- تحديد أي مهام وجدتها صعبة وكيفية البحث عن طرق لمساعدتي على التغلب على الصعوبات.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 210 24/06/2025 06:06:19 ص

ب استكشاف خصائص الأنظمة الإلكترونية التناظرية والرقمية والمختلطة، ودور تحويل الإشارات في تطبيقات التحكم

بحث

كم جهازًا من أجهزة القياس والاختبار الآتية تثق بأنك تستخدمها بشكل صحيح؟

- راسم ذبذبات
- مولد الإشارة
- ملتيميتر رقمي
- مقياس التردد
- الأدوات الافتراضية (المعتمدة على الحاسوب)
- إدخال البيانات
- مزود طاقة بتيار مستمر
- مزود طاقة بتيار متناوب

امنح كلًا منها درجة من 5 بناءً على مدى ثقتك في استخدامها.

موضوعات ذات صلة

الوحدة 19: الأجهزة والدوائر الإلكترونية تتضمن أقسامًا عن ممارسات العمل الآمن واستخدام المعدات.

الوحدة 20: الدوائر الإلكترونية التناظرية تتضمن مزيدًا من التفاصيل عن الاستخدام الآمن والدقيق لمعدات الاختبار وتقنيات الاختبار.

الوحدة 21: القياس والاختبار الإلكتروني للدوائر تتضمن تفاصيل عن تطبيق تقنيات القياس والاختبار بأمان لتحديد الأعطال في الدوائر.

المهارات

- التواصل
- المشاركة
- العمل الجماعي
- التعاون
- التعاطف
- التفاوض
- المسؤولية

اختبار الأنظمة الإلكترونية بأمان

العمل بأمان

نصائح للسلامة

قد يكون العمل مع الدوائر الإلكترونية خطرًا إذا لم تتخذ الاحتياطات المعقولة. لذا، إليك في ما يأتي بعض إرشادات السلامة للحفاظ على سلامتك في أثناء العمل.

- أجر فحصًا بصريًا دقيقًا لجميع المعدات والأدوات والدوائر قبل استخدامها. أبلغ معلمك/مشرفك عن أي ضرر.
- تحقق من جميع الأسلاك بحثًا عن التلف قبل الاستخدام. لا تُعد الأسلاك التالفة إلى مكان التخزين. أبلغ معلمك/مشرفك بشأنها على الفور.
- لا تتعامل إلا مع مصادر طاقة ذات جهد منخفض، ما لم تكن مراقبًا عن كثب من قبل شخص خبير.
- حافظ على نظافة منطقة عملك وجفافها وترتيبها.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 211 24/06/2025 06:06:19 ص

- احرص على استخدام أدوات القياس ومعدات الاختبار بشكل صحيح. استخدم أسلاك الاختبار المناسبة. تأكد من استخدام الأطراف الصحيحة للقياس الذي تُجريه.
- توخَّ الحذر الشديد عند اللحام/إزالة اللحام. يمكن لمكواة اللحام الساخنة أن تسبب حروقًا بسهولة. أبق دائمًا مكواة اللحام في مكانها إذا لم تكن تُستخدم في اللحام.
- اعمل دائمًا في مكان جيد التهوية. يُمكن أن يُطلق اللحام أبخرة ضارة.
- ارتدِ نظارات واقية وقناعًا لحماية التنفس عند لحام/إزالة لحام الدوائر.
- توخَّ الحذر عند استخدام الأدوات اليدوية لتجنب الإصابة. أبلغ مشرفك/معلمك على الفور عن أي أدوات تالفة.
- أعِد جميع الأدوات والمعدات إلى مكان تخزينها الصحيح عند الانتهاء من المهمة.
- اتبع جميع الإرشادات في تقييمات المخاطر المناسبة.
- اعرف الأشخاص المسؤولين عن الصحة والسلامة في مكان العمل، واتبع تعليماتهم دائمًا.

اتخذ الاحتياطات اللازمة لتجنب تلف الأجهزة الحساسة للتفريغ الكهروستاتيكي.

- حافظ على نظافة منطقة العمل وترتيبها فلا يكون فيها مواد مثل الأكياس البلاستيكية التي قد تولد شحنة ساكنة.
- احرص قدر الإمكان على التعامل مع لوحات الدوائر عن طريق حوافها.
- احرص دومًا على حفظ المكونات الحساسة في عبواتها حتى يحين وقت الحاجة إلى استخدامها.
- اعمل ما أمكن في منطقة مخصصة ذات أسطح وأرضية تفرّغ الشحنات الساكنة، واستخدام ما أمكن طرق التأريض المناسبة، مثل حزام المعصم.

استخدام معدات الاختبار وأدوات القياس

من المهم أن تعرف ما الفولتية والتيارات والأشكال الموجية والمستويات المنطقية المتوقعة في النقاط الرئيسة في الدائرة التي تختبرها إذا فعلت ذلك، فستتمكن من مقارنتها بالقيم التي تقيسها.

الأدوات الرئيسة التي تحتاج إلى أن تكون قادرًا على استخدامها لاختبار الدوائر التناظرية هي:

- مصدر مكتبي يوفر جهد تيار مستمر مستقر
- ملتيميتر رقمي
- راسم ذبذبات
- مولد إشارات

احرص على معرفة كيفية توصيل الملتيميتر بشكل صحيح لقياس الفولتية والتيارات.

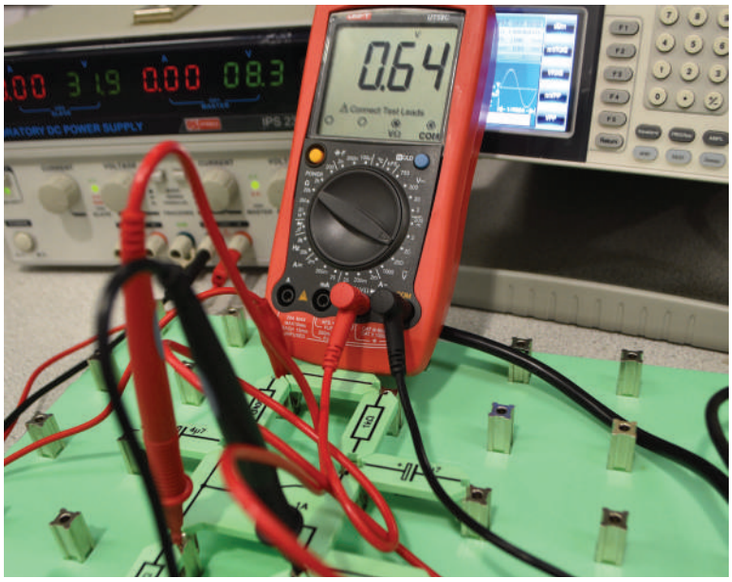
- قِس فرق الجهد (فولت) عبر المكونات. يُوصَّل الفولتميتر بالتوازي مع المكونات. احرص على استخدام الأطراف الصحيحة لأسلاك الاختبار. حدد نطاق الجهد المناسب.
- قِس التيار (أمبير) على التسلسل مع المكونات. يُوصَّل مقياس التيار الكهربائي بالتوازي مع المكونات. احرص على استخدام الأطراف الصحيحة لأسلاك الاختبار. حدد نطاق التيار المناسب.

يمكنك أيضًا استخدام ملتيميتر رقمي لقياس قيم المقاوم.

يمكنك اختبار الصمامات الثنائية (دايود) والترانزستورات على العديد من أجهزة الملتيميتر. تذكر أن فحص الصمام الثنائي (دايود) يجب أن يُظهر التوصيل في اتجاه واحد فقط. يجري فحص الترانزستور على صمامين ثنائيين (دايود) بوصلة p-n متصلين معًا بشكل معكوس، حيث تكون القاعدة هي الطرف المشترك بينهما.

لا يمكن إجراء فحوصات المقاومة والصمام الثنائي (دايود) والترانزستور إلا بعد *فصل* الطاقة عن الدائرة.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 212 24/06/2025 06:06:19 ص

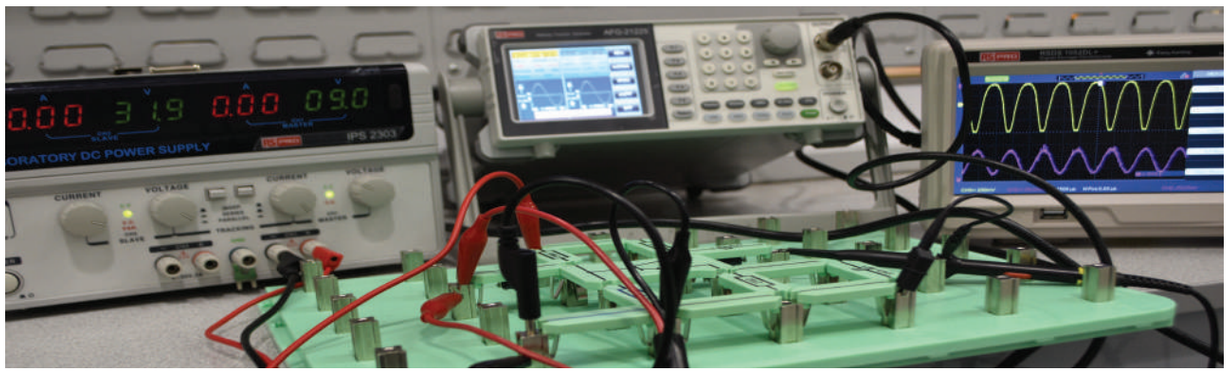


◄ استخدام الملتيميتر الرقمي.

مولد الإشارات هو مصدر للإشارات ذات الترددات المختلفة. وعادةً ما تكون الإشارات المتاحة هي الموجات الجيبية والمثلثية والتربيعية.

يمكن تغيير تردد الإشارة وسعتها، كما يمكن ضبط دورة تشغيل الشكل الموجي. يتراوح نطاق معظم مولدات الإشارات التي تستخدمها بين 0.03 هرتز و3 ميجا هرتز تقريبًا. (يتراوح النطاق الصوتي للأذن البشرية بين 20 هرتز و20 كيلو هرتز تقريبًا).

قد يحتوي مولد الإشارات على إخراجات منفصلة لمعوقات الإخراجات المنخفضة والمرتفعة للسماح بالمطابقة مع الأحمال المختلفة. على سبيل المثال، يمكنك استخدام معاوقة منخفضة للاتصال مباشرة بمكبر الصوت ومعاوقة مرتفعة للاتصال بدخل دائرة مضخم تشغيلي. عادةً ما تكون مقابس الخرج من نوع Bayonet Neill–Concelman (BNC). تُستخدم موصلات BNC في كابلات الموصلات المحورية لتصميم أسلاك اختبار مناسبة لاختبار أنظمة الاتصالات الراديوية والتلفزيونية.



◄ استخدام أدوات الاختبار الإلكترونية.

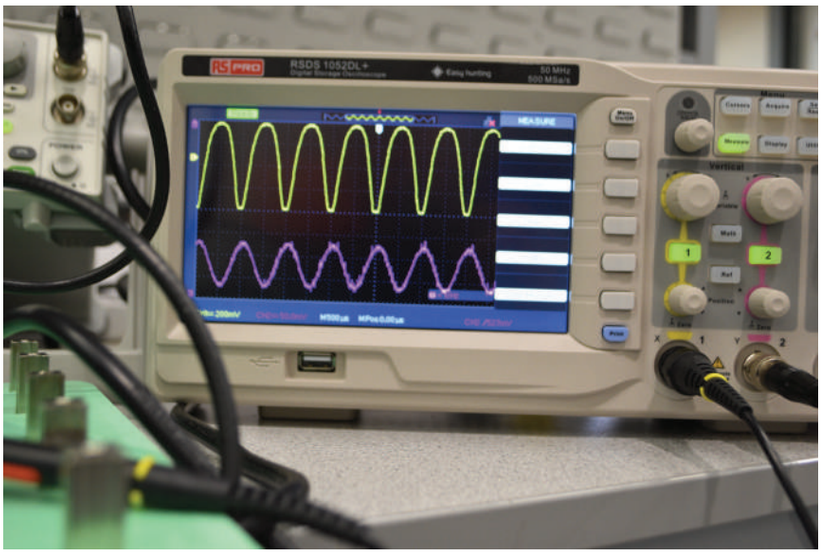
يعمل راسم الذبذبات على رسم الجهد على المحور الصادي y مقابل الزمن على المحور السيني x. يمكن تغيير حساسية المحور الصادي y عن طريق ضبط الكسب (فولت/سم).

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 213 24/06/2025 06:06:22 ص

تسمح لك راسمات الذبذبات ثنائية خط الأثر بمقارنة إشارتين في وقتٍ واحد. وهذا مفيد للغاية عند قياس الكسب الكهربائي للمضخم على سبيل المثال، حيث يمكنك رؤية إشارات الدخل والخرج على الشاشة في الوقت نفسه. كما يمكنك التحكم في كسب كل خط دقيق على حدة. ومن المهم أن تتأكد من أن عناصر التحكم في الكسب في وضع المعايرة إذا أردتَ إجراء قياسات دقيقة.

تعمل قاعدة الزمن (ث/سم) على تغيير السرعة التي ينتقل بها خط الأثر عبر الشاشة. وعادةً ما تضبط قاعدة الزمن لعرض ما يزيد قليلًا عن دورتين كاملتين للإشارة أو الإشارات التي تقيسها. قد يتعين عليك ضبط التحكم في الثبات للتأكد من أن الخطين الدقيقين يبدآن من النقطة نفسها حتى ترى خط أثر ثابتًا.

عادةً ما تكون أطراف راسم الذبذبات من نوع BNC. من المهم استخدام مجسات راسم الذبذبات الصحيحة عند إجراء القياسات. يمكن معايرة المجسات لعرض شكل موجة الإشارة بدقة.



◀ راسم ذبذبات يعرض شكلين موجيين.

يمكنك استخدام عداد/مقياس تردد للحصول على قياس أكثر دقة لتردد الشكل الموجي الدوري. قد يبدو مقياس التردد المكتبي مشابهًا جدًا لمولد الإشارة. يُستخدم في مقياس التردد عادةً نوع موصلات BNC نفسه، كما هو الحال في راسم الذبذبات أو مولد الإشارات. ويمكن لمقياس التردد عادةً قياس التردد والزمن الدوري وعرض النبضة ودورة التشغيل ونسبة التردد وعدّ الأحداث. وتتمثل الأدوات الأكثر تعقيدًا التي قد تستخدمها من حين إلى آخر في مخطط بود ومحلل الطيف.

اختبار الدوائر الرقمية

يمكنك استخدام الملتيميتر وراسم الذبذبات لاختبار الدوائر الرقمية. وقد تحتاج إلى استخدام بعض الأدوات المتخصصة الإضافية.

يعطي **المجس المنطقي** مؤشرًا مرئيًا لما إذا كانت الإشارة عند المستوى المنطقي 0 أو المستوى المنطقي 1، وقد يكون المجس المنطقي قابلًا للتبديل ليُستخدم مع العائلات المنطقية TTL وCMOS.

يُدخل **النابض المنطقي** نبضة واحدة أو نبضات متتابعة عند نقطة اختبار في الدائرة. ويمكن استخدام مجس منطقي مع النابض المنطقي بغرض التحقق من تغير المستوى المنطقي على النحو المتوقع. الأعطال الشائعة في الدوائر الرقمية هي:

الأعطال الثابتة، وتحدث عندما لا يتغير المستوى المنطقي عند نقطة في دائرة منطقية، على سبيل المثال دخل أو خرج دائرة متكاملة (IC). ويكون ثابتًا في المنطق 1 أو 0.

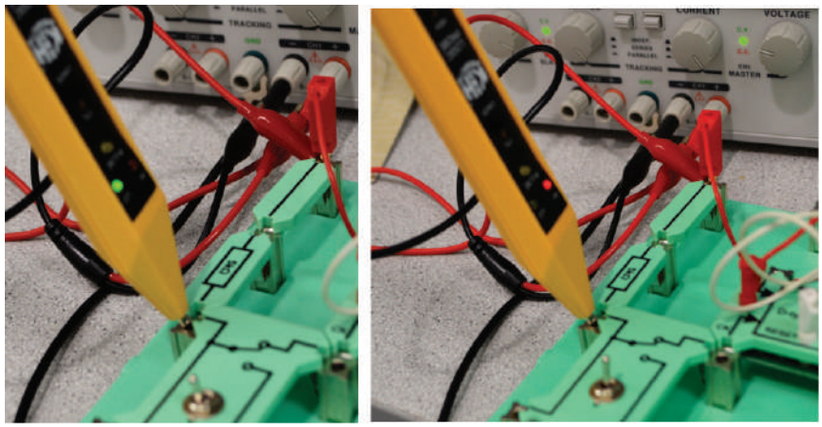
المصطلحات الرئيسة

المجس المنطقي - جهاز يعطي مؤشرًا مرئيًا حول ما إذا كانت الإشارة عند المستوى المنطقي 0 أو المستوى المنطقي 1،

النابض المنطقي - جهاز يدخل نبضة واحدة أو نبضات متتابعة عند نقطة اختبار في الدائرة.

العطل الثابت - ثبات مستوى الإشارة المنطقية عند نقطة معينة في الدائرة المنطقية دائمًا. ويكون ثابتًا في المنطق 1 أو 0.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 214 24/06/2025 06:06:24 ص



استخدام المجس المنطقي لاختبار دائرة منطقية.

دائرة كهربائية قصيرة، تحدث عندما يعطي شكلان موجيان منطقيان (أو أكثر) قيمًا متطابقة، حيث تتغير حالاتهما المنطقية بشكل متماثل.

الدائرة المفتوحة، تحدث عند كسر مسار الإشارة. وقد يؤدي هذا إلى تعويم دخل البوابة.

تحتوي العديد من الدوائر الرقمية على إدخالات وإخراجات منطقية متعددة. على سبيل المثال، تحتوي دائرة الجامع المكونة من 4 بتات على 9 أسنان إدخال (بما في ذلك المنقول الداخل (Carry_in)) و5 أسنان إخراج (بما في ذلك المنقول الخارج (Carry_out)). سيكون من الصعب جدًا تتبع جميع الإدخالات والإخراجات في الوقت نفسه. إضافة إلى ذلك، يمكنك استخدام مشبك منطقي للاتصال بدائرة متكاملة (IC) بغرض مراقبة جميع الأسنان في الوقت نفسه.

هناك أيضًا **المحلل المنطقي** وهو عبارة عن أداة اختبار أكثر تعقيدًا تلتقط العديد من الإشارات في وقت واحد وتعرضها على الشاشة. ويمكنك ضبط المحلل ليتفاعل مع حدث معين وجمع العينات وعرضها. يمكن للمحلل التحقق من أمور مثل الإشارات التي لا تغير أبدًا المستوى المنطقي (الأعطال الثابتة) أو الإشارات التي تتغير دائمًا معًا (دائرة قصيرة محتملة). يمكنك أيضًا التحقق من مشكلات التوقيت التي قد تتسبب في حدوث بعض الأخطاء. علاوة على ذلك، يمكنك استخدام **مولد الكلمات** لإنشاء أنماط بتات.

المصطلحات الرئيسة

المحلل المنطقي - أداة اختبار معقدة تلتقط العديد من الإشارات في وقت واحد وتعرضها على الشاشة.

مولد الكلمات - معدة اختبار رقمية يمكنها إنشاء أنماط رقمية لاختبار الدائرة الرقمية.

وقفة للتفكير

تعرف أدوات القياس التي ستستخدمها. اتبع هذه الخطوات للتحضير للعمل الذي ستنفذه في هذه الوحدة:

تلميح

- افحص نوع الملتيميتر الذي ستستخدمه. تدرب على قياس الفولتيات المستمرة والتيارات منخفضة الجهد في الدوائر البسيطة. قارن قياساتك بالقيم المتوقعة.
- استخدم ملتيميتر لقياس قيم المقاوم ولاحظ ما يحدث عند قياس قيم المكونات في الدوائر. (تأكد من عدم توصيل الطاقة!)
- استخدم ملتيميتر لاختبار أنواع مختلفة من الدايودات.
- استخدم ملتيميتر لاختبار ترانزستورات وصلية من نوعي n-p-n وp-n-p.
- تدرب على استخدام مولد الإشارات وراسم الذبذبات.
  - اضبط مولد الإشارات لإعطاء خرج جيبي بتردد 1 كيلو هرتز.
  - وصّل الإشارة براسم ذبذبات واضبط السعة على 2 فولت.
  - اضبط كسب جهد راسم الذبذبات بحيث يكون خط الأثر الكامل مرئيًا ويكون مرتفعًا قدر الإمكان.
  - اضبط قاعدة الزمن لراسم الذبذبات لإعطاء دورتين كاملتين تقريبًا على الشاشة. سجّل قياساتك. يُعد تصوير أدوات القياس أحد الطرق الجيدة في التسجيل، حيث يمكنك رؤية الإعدادات.
  - شاهد ما يحدث عند جعل مولد الإشارات يولّد موجة مثلثية، ثمّ موجة مربعة.

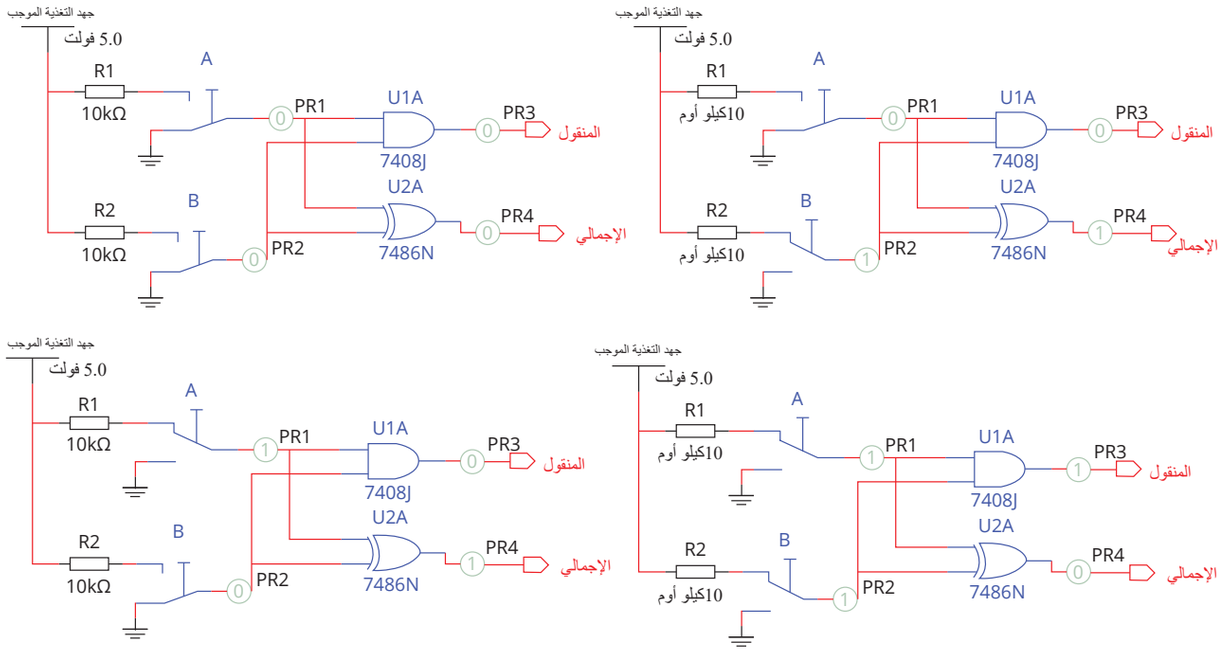
XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 215 24/06/2025 06:06:24 ص

توسيع الأفق

- تدرب على استخدام المجس المنطقي والنابض المنطقي.
  - وصِّل أسلاك الطاقة الخاصة بالمجس المنطقي بأطراف مزوّد الطاقة لدائرة منطقية بسيطة (يكفي وجود دائرة متكاملة واحدة مثل TTL 7400 أو CMOS 4011 على لوحة تجارب مزودة بمصدر جهد 5 فولت).
  - تأكد من أن المجس المنطقي هو النوع المنطقي الصحيح (TTL أو CMOS).
  - استخدم الارتباطات السلكية لضبط إدخالات البوابة إلى المنطق 0.
  - تحقق من مستويات الدخل والخرج المنطقي باستخدام المجس المنطقي.
  - اضبط مستويات الدخل لكل مجموعة من الإدخالات (00، 01، 10، 11) على التوالي، وتحقق من المستويات المنطقية باستخدام المجس المنطقي.
  - اضبط أحد إدخالات البوابة على المنطق 0 أو المنطق 1 ثم استخدم النابض المنطقي لدفع الإدخالات الأخرى. راقب المستويات المنطقية باستخدام المجس المنطقي.
  - لاحظ ما إذا كانت قياساتك متوافقة مع القيم التي تتوقعها من التحليل والمحاكاة.
- افحص أي أدوات ومعدات أخرى متاحة لك، وتأكد من أنك تعرف كيفية استخدامها بأمان ودقة.

مصادر المعلومات

هناك العديد من المصادر التي يمكنك من خلالها العثور على معلومات حول قيم الجهد والتيار المتوقعة والأشكال الموجية والمستويات المنطقية وما إلى ذلك. قد تتمكن من الوصول إلى بيانات الجهة المصنِّعة، مثل تلك المشار إليها في دراسة الحالة الخاصة بـ SN74194. يمكن طباعة القيم على مخططات الدوائر أو في أدلة المستخدم. يمكنك استخدام برنامج تصميم دوائر إلكترونية لمحاكاة عمل الدائرة. يوضح الشكل 23.44 نتائج محاكاة دائرة نصف الجامع. لاحظ أن المستويات المنطقية التي تعرضها المجسات تتفق مع القيم الواردة في الجدول 23.19.



الشكل 23.44 نتائج المحاكاة لدائرة نصف الجامع.

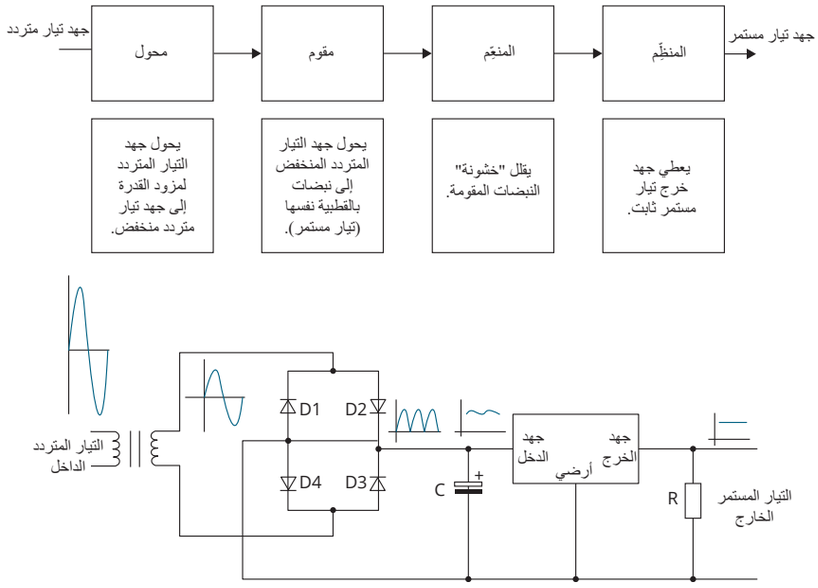
XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 216 24/06/2025 06:06:24 ص

الأنظمة التناظرية

مزوّد الطاقة بجهد تيار مستمر منظم

يوضح الشكل 23.20 مخطط الكتلة لمزوّد الطاقة بجهد تيار مستمر منظم.

يلخص الشكل 23.45 وظائف كل نظام فرعي.



الشكل 23.45 مخطط الكتلة ووظائف مزوّد الطاقة بجهد تيار مستمر منظم.

نظام كشف الإشارة والتضخيم

يوضح الشكل 23.46 مخطط كتلة لمستقبل معدل السعة مع الأشكال الموجية النموذجية الموضحة في النقاط الرئيسة. يلتقط الهوائي إشارة **ترددات الراديو (RF)** ويدخلها في وحدة ترددات الراديو. ويُضبط مضخم تردد الراديو على تردد الموجة الحاملة للإشارة. من المحتمل أن تكون الإشارة ضعيفة للغاية. يحتوي المضخم على معاوقة عالية للدخل، وبالتالي فإن تأثيره ضئيل فقط في الإشارة.

تُمزج إشارة تردد الراديو المضخَمة مع تردد من مذبذب محلي لتوليد **تردد متوسط (IF)** أقل. والتردد المتوسط هو "تردد نبضي" بين الموجة الحاملة وترددات المذبذب المحلي. والسبب في هذه المرحلة هو أن العناصر النشطة، مثل الترانزستورات، لا تتمتع بكسب جهد مرتفع عند الترددات العالية. تُسترد الإشارة الصوتية الأصلية من إشارة التردد المتوسط في مزيل التعديل. يستخدم **مزيل التعديل** صمامًا ثنائيًا (دايود) لإزالة الغلاف السفلي للإشارة، ومرشح تمرير منخفض لإزالة التردد المتوسط، تاركًا إشارة **التردد الصوتي (AF)** الأصلية. وتُضخَم إشارة التردد الصوتي قبل إدخالها مرحلة مكبر الطاقة.

نظام التحكم في سرعة المحرك مغلق الحلقة

يوضح الشكل 23.47 مخطط كتلة لوحدة التحكم في سرعة المحرك. تُحدد سرعة المحرك من خلال الجهد الذي تحدده المقاومة المتغيرة. حيث يُقارن هذا الجهد بإشارة التغذية الراجعة. تتناسب إشارة التغذية الراجعة مع السرعة الفعلية للمحرك.

يمكنك استخدام مضخم تشغيلي مهيَّأ كمقارن لتوليد إشارة الخطأ.

بحث

تحقق من كيفية اختبار ترانزستور الخطوط الدقيقة للتوصيل الحقلي وترانزستور الخطوط الدقيقة (JFET) الحقلية لأكسيد المعادن وأشباه الموصلات باستخدام ملتيميتر (MOSFET).

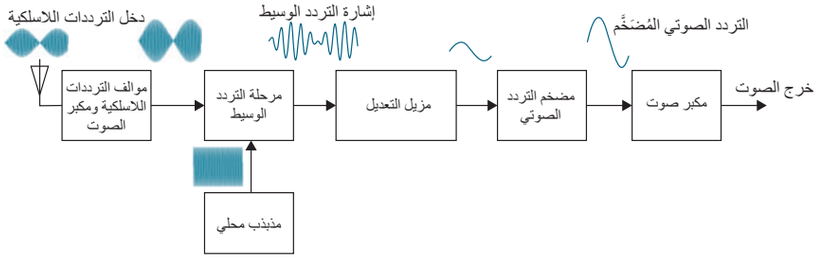
المصطلحات الرئيسة

تردد الراديو (RF) - المعدل الذي تتذبذب به موجات الراديو.

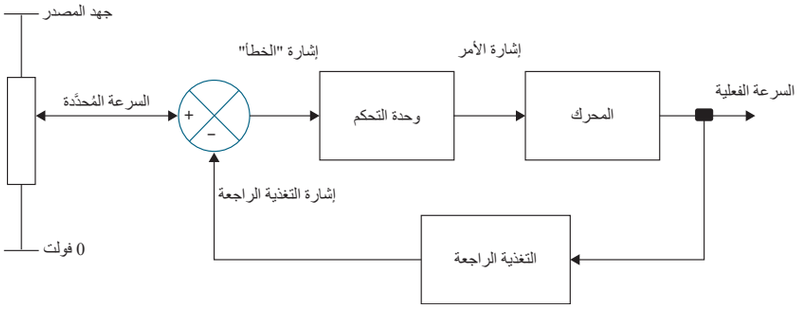
التردد المتوسط (IT) - التردد الذي تنتقل إليه الموجة الحاملة.

مزيل التعديل - دائرة تستعيد إشارة التردد الصوتي الأصلية من إشارة التردد الوسيط.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 217 24/06/2025 06:06:24 ص



الشكل 23.46 جهاز استقبال السعة المعدلة مع الأشكال الموجية النموذجية.



الشكل 23.47 مخطط كتلة لوحدة التحكم في سرعة المحرك.

يمكن إنشاء إشارة التغذية الراجعة بعدة طرق، فمثلًا يمكنك استخدام **مولد تاكو** أو قرص مشقوق ومستشعر الأشعة تحت الحمراء.

تولِّد وحدة التحكم إشارة الأمر لتشغيل المحرك بالسرعة المناسبة. يمكنك استخدام دائرة المؤقت 555 المتكاملة لتوليد شكل موجي مُعدَّل عرض النبضة (PWM) لتغيير السرعة.

يوضح الشكل 23.47 محاكاة لدائرة المؤقت 555 مستخدَمة لتوليد شكل موجي مضمن عرض النبضة. تُضبط دورة التشغيل بواسطة المقاومة المتغيرة R2 التي تبلغ قيمتها 10 كيلو أوم. تظهر المحاكاة أن دورة التشغيل تبلغ 3/1 تقريبًا. يقيس جهاز الملتيميتر XMM2 متوسط خرج الجهد. بينما يقيس جهاز الملتيميتر XMM1 التيار المتدفق في مقاوم الحمل 1 كيلو أوم.

ستحتاج إلى تضمين مرحلة المكبر في إشارة الأمر للحصول على طاقة كافية لتشغيل المحرك. على سبيل المثال، يمكنك استخدام ترانزستور ثنائي القطب تابعًا للباعث أو ترانزستور دارلينجتون المزدوج أو ترانزستور تأثير حقلي من أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة (MOSFET) عالي القدرة لتحقيق التشغيل.

نظام التحكم في الموضع

يستخدم نظام التحكم في الموضع نظام تغذية راجعة مغلق الحلقة بطريقة مشابهة جدًا لوحدة التحكم في السرعة. الاختلاف الرئيس هو نوع المستشعر المستخدم لتوليد إشارة التغذية الراجعة. في هذه الحالة، يجب استشعار الموضع. قد يكون هذا الموضع دوارًا أو خطيًّا.

تستخدم العديد من مشفرات الموضع **محرك سيرفو** لأن محرك سيرفو يحتوي على مستشعر موضع مدمج.

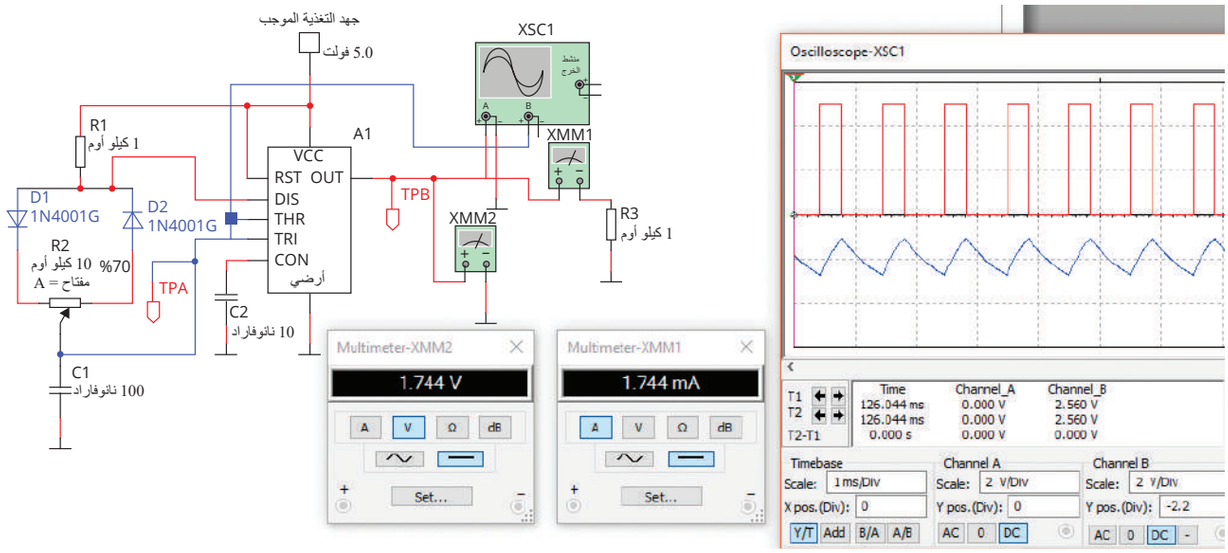
هناك العديد من الأمثلة على الحالات التي يمكنك فيها استخدام التحكم في الموضع، فيمكنك استخدامه مثلًا لتحديد موضع ذراع روبوتية أو لنقل أداة إلى موضع دقيق على آلة أو لتعيين موضع توجيه في مركبة يمكن التحكم فيها عن بُعد (RCV).

المصطلحات الرئيسة

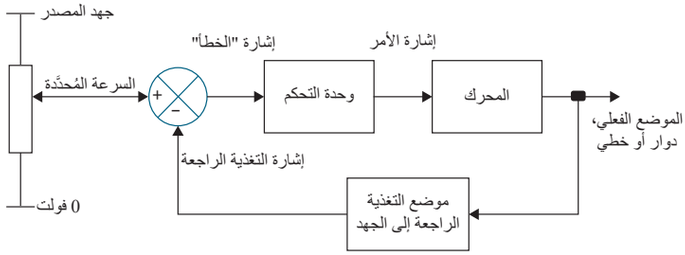
مولد تاكو - مستشعر يتصل بالجسم المراد قياس سرعته، مثل المروحة أو عمود المحرك. حيث يولد جهدًا خطيًّا ودقيقًا يتناسب مع سرعة دوران الجسم الدوار.

محرك سيرفو - محرك مزود بمستشعر موضع دوران مدمج.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 218 24/06/2025 06:06:24 ص



الشكل 23.48 جهد مُعدَّل عرض النبضة باستخدام دائرة المؤقت 555 المتكاملة.



الشكل 23.49 مخطط كتلة لوحدة التحكم في الموضع مع مثال الذراع الروبوتية.

الأنظمة الرقمية

نظام المنطق التوافقي

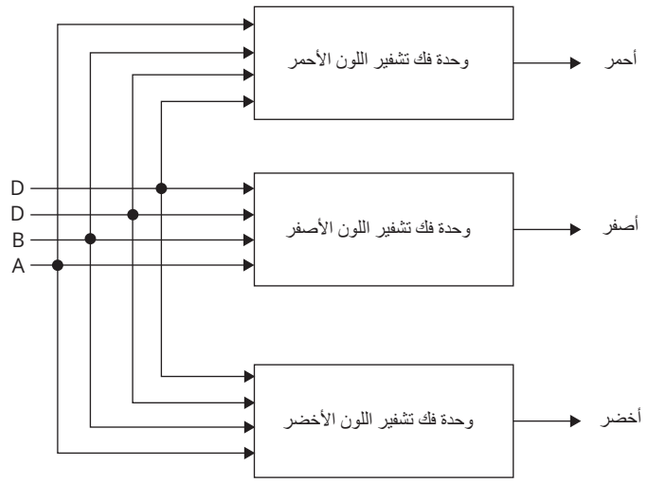
طُلب من مهندس إلكترونيات تصميم دائرة منطقية لفك تشفير الإدخالات لنظام إشارات المرور لتوفير إخراجات لكل ضوء. يوضح الجدول 23.23 الإخراجات المطلوبة لمجموعات الإدخال A B C D. حيث A هو البت الأقل أهمية (LSB) وD هو البت الأكثر أهمية (MSB).

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 219 24/06/2025 06:06:25 ص

الجدول 23.23 جدول الحقيقة لنظام إشارات المرور.

الإدخالات				الإخراجات		
D	C	B	A	أحمر	أصفر	أخضر
0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	1	1	0	0
0	0	1	0	1	0	0
0	0	1	1	1	0	0
0	1	0	0	1	0	0
0	1	0	1	1	0	0
0	1	1	0	1	1	0
0	1	1	1	1	1	0
1	0	0	0	0	0	1
1	0	0	1	0	0	1
1	0	1	0	0	0	1
1	0	1	1	0	0	1
1	1	0	0	0	0	1
1	1	0	1	0	0	1
1	1	1	0	0	1	0
1	1	1	1	0	1	0

يحتاج كل خرج إلى دائرة منفصلة، كما هو موضح في الشكل 23.56.



الشكل 23.50 مخطط كتلة وحدة فك تشفير إشارة المرور.

ادرس جدول الحقيقة لتصميم دائرة منطقية مناسبة لكل خرج.

الخرج الأحمر

الخرج الأحمر هو المنطق 1 لجميع الأوقات التي يكون فيها الدخل D = المنطق 0.

الخرج الأحمر هو المنطق 0 لجميع الأوقات التي يكون فيها الدخل D = المنطق 1.

يمكنك كتابة

.Red = NOT D

التعبير البولياني هو

.$Red = \overline{D}$

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 220 24/06/2025 06:06:25 ص

يمكنك استنتاج هذه النتيجة باستخدام **خريطة كارنوف.** خريطة كارنوف هي طريقة لكتابة جدول الحقيقة بطريقة مختلفة. يكون لكل "مربع" في الخريطة اختلاف في متغير واحد فقط عن المربعات المحيطة به من اليسار واليمين والأعلى والأسفل، ولا يشمل ذلك المربعات المحيطة به بشكل قطري.

توجد ثمانية مربعات ملونة بالأحمر. تشكل هذه المربعات مستطيلًا كبيرًا يحد الجدول من أعلى وأسفل.

عندما دراسة الجدول، يمكنك معرفة العوامل التي تؤثر في الخرج.

- D = 0 لجميع المربعات باللون الأحمر.
- في بعض المربعات الحمراء A = 1. في مربعات حمراء أخرى A = 0. A يشير إلى حالة "غير مهم".
- في بعض المربعات الحمراء B = 1. في مربعات حمراء أخرى B = 0. B يشير إلى حالة "غير مهم".
- في بعض المربعات الحمراء C = 1. في مربعات حمراء أخرى C = 0. C يشير إلى حالة "غير مهم".

لذلك، النتيجة كما كانت من قبل،

Red = NOT D.

التعبير البولياني هو

$\text{Red} = \overline{D}$.

الجدول 23.24 خريطة كارنوف للضوء الأحمر

خريطة كارنوف للضوء الأحمر				
AB / CD	00	01	11	10
00	1	1	1	1
01	0	0	0	0
11	0	0	0	0
10	1	1	1	1

الخرج الأصفر

توجد أربعة مربعات باللون الأصفر. تشكل المربعات الأربعة مربعًا.

- في جميع المربعات باللون الأصفر B = 1 و C = 1
- في بعض المربعات باللون الأصفر A = 1. في مربعات أخرى باللون الأصفر A = 0. A يشير إلى حالة "غير مهم".
- في بعض المربعات باللون الأصفر D = 1. في مربعات أخرى باللون الأصفر D = 0. D يشير إلى حالة "غير مهم".

Amber = B AND C

التعبير البولياني هو

$\text{Amber} = B \cdot C$

الجدول 23.25 خريطة كارنوف للضوء الأصفر

خريطة كارنوف للضوء الأصفر				
AB / CD	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	0	0	0
11	0	1	1	0
10	0	1	1	0

الخرج الأخضر

توجد ستة مربعات ملونة بالأخضر. تشكل هذه المربعات مستطيلًا طويلًا من أربعة مربعات، ومربعًا من أربعة مربعات. لاحظ أنه يُسمح للمجموعتين بالتداخل. (المجموعات الأكبر تشكل حدود منطقية أصغر)

عند دراسة المجموعة الطويلة، يمكنك معرفة الإدخالات التي تؤثر في الخرج الأخضر.

- C = 0 و D = 1 للصف المكون من أربعة مربعات.
- يمكن أن يكون A و B إما المنطق 0 وإما المنطق 1. A و B يشيران إلى حالة "غير مهم".

يعطي الصف الطويل

NOT C AND D.

التعبير البولياني هو

$\overline{C} \cdot D$

ادرس بعد ذلك المجموعة المربعة.

- A = 0 و D = 1 في كل المربعات الأربعة.
- يمكن أن يكون B و C إما المنطق 0 وإما المنطق 1. B و C يشيران إلى حالة "غير مهم".

يعطي الصندوق المربع

NOT A AND D

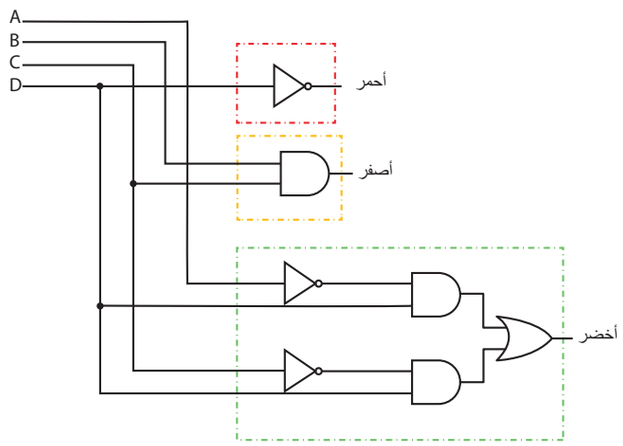
الجدول 23.26 خريطة كارنوف للضوء الأخضر

خريطة كارنوف للضوء الأخضر				
AB / CD	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	1	1	1	1
11	0	0	1	1
10	0	0	0	0

المصطلح الرئيس

خريطة كارنوف - طريقة لكتابة جدول الحقيقة بحيث يكون لكل "مربع" في الخريطة اختلاف في متغير واحد فقط عن المربعات المحيطة به من اليسار واليمين والأعلى والأسفل. وتستخدم لتقليل التعبير المنطقي.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 221 24/06/2025 06:06:25 ص



الشكل 23.51 رسم تخطيطي منطقي لوحدة فك ترميز إشارات المرور باستخدام البوابات المنطقية القياسية.

التعبير البولياني هو

$\overline{A} \cdot D$.

تتحد النتيجتان لإعطاء

Green = (NOT C AND D) OR (NOT A AND D)

التعبير البولياني هو

$Green = (\overline{C} \cdot D) + (\overline{A} \cdot D)$.

لاحظ أن الدالتين مدمجتان معًا باستخدام OR. الخرج هو المنطق 1 للصف أو المجموعات المربعة.

يوضح الشكل 23.57 الدائرة المنطقية لوحدة فك التشفير، ويحدد الأنظمة الفرعية الفردية من مخطط الكتلة.

نظام المنطق التسلسلي

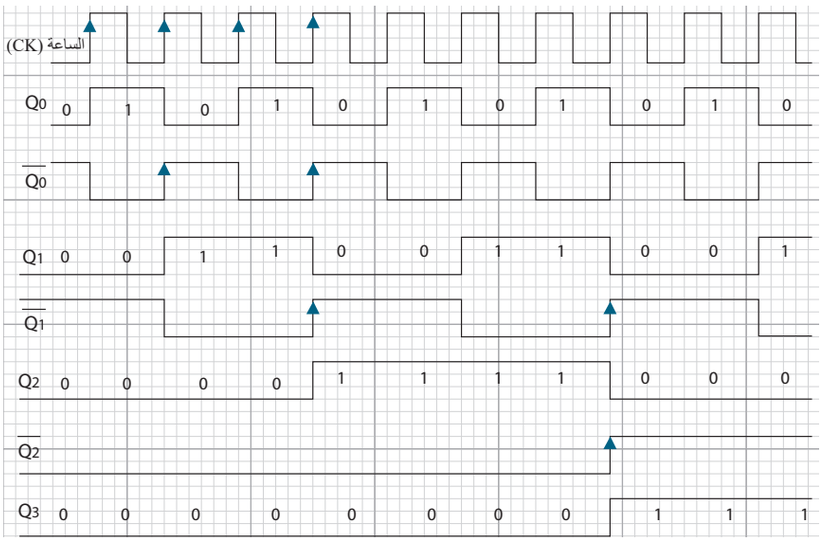
يوضح الجدول 23.27 تسلسل العد الثنائي.

يوضح الشكل 23.52 مخططًا زمنيًا للعد باستخدام القلابات التي تعمل استجابةً لحافة الصعود.

- يغير Q0 الحالة (يبدلها) في كل مرة ينتقل فيها نبض الساعة من المنطق 0 إلى المنطق 1.
- يغير Q1 الحالة (يبدلها) في كل مرة ينتقل فيها Q0 من المنطق 1 إلى المنطق 0.
- يغير Q2 الحالة (يبدلها) في كل مرة ينتقل فيها Q1 من المنطق 1 إلى المنطق 0.
- يغير Q3 الحالة (يبدلها) في كل مرة ينتقل فيها Q2 من المنطق 1 إلى المنطق 0.

الجدول 23.27 تسلسل العد الثنائي المكون من 4 بتات

Q_0	Q_1	Q_2	Q_3
0	0	0	0
1	0	0	0
0	1	0	0
1	1	0	0
0	0	1	0
1	0	1	0
0	1	1	0
1	1	1	0
0	0	0	1
1	0	0	1
0	1	0	1
1	1	0	1
0	0	1	1
1	0	1	1
0	1	1	1
1	1	1	1



الشكل 23.52 مخطط زمني لعداد تصاعدي مكون من 4 بتات باستخدام القلابات من النوع J-K.

يُبدِّل كل خرج بناءً على انتقال الخرج الذي يسبقه. يشير هذا إلى استخدام قلاب من النوع T. يمكنك تصميم قلاب من النوع T باستخدام القلاب من النوع J-K عن طريق توصيل الإدخالات J وK معًا (انظر الشكل 23.29).

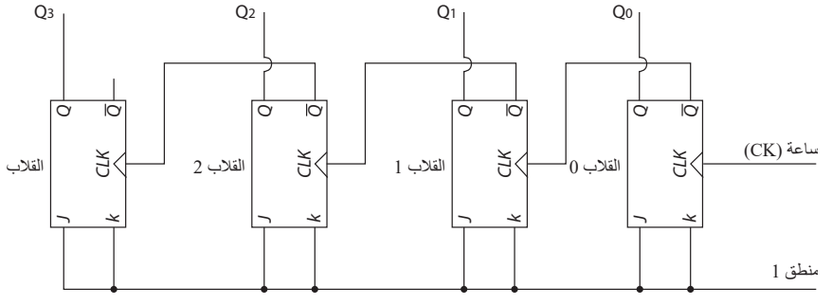
يعتمد الجدول 23.27 على استخدام القلابات **التي تعمل استجابةً لحافة الصعود**. ومع ذلك، عند دراسة وقت حدوث الانتقالات، ستجد أنها تحدث عند حافة الهبوط للخرج السابق. الحل هو ضبط توقيت كل قلاب من خرج $\overline{Q}$ السابق.

يوضح الشكل 23.53 كيف يمكن توصيل 4 قلابات من النوع J-K لإنشاء عداد تصاعدي ثنائي مكون من 4 بتات. رُسمت القلابات بحيث يكون البت الأقل أهمية (LSB) (Q0) على اليمين والبت الأكثر أهمية (MSB) (Q3) على اليسار.

المصطلح الرئيس

الاستجابة لحافة الصعود - حدوث عمليات الانتقال عند انتقال الساعة من المنطق 0 إلى المنطق 1.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 222 24/06/2025 06:06:25 ص



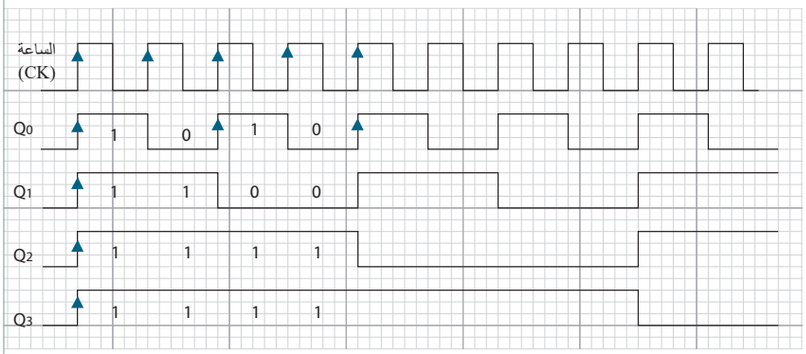
الشكل 23.53 عداد تصاعدي مكون من 4 بتات باستخدام القلابات من النوع J-K.

فكِّر مليًّا

ماذا يحدث إذا وصلت خرج Q الخاص بالقلاب السابق بالساعة التالية؟

يوضح الشكل 23.53 مخططًا زمنيًّا.

ماذا يحدث؟



الشكل 23.54 توصيل خرج Q بالساعة التالية.

انظر إلى التسلسل،

1111 = 8+4+2+1 = 15

1111 = 8+4+2+0 = 14

1101 = 8+4+0+1 = 13

1100 = 8+4+0+0 = 12

وهكذا.

العداد يعد *تنازليًّا*.

كيف يمكنك تصميم عداد تصاعدي باستخدام القلابات التي تعمل استجابةً لحافة الهبوط؟

كيف يمكنك تصميم عداد تنازلي باستخدام القلابات التي تعمل استجابةً لحافة الهبوط؟

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 223 24/06/2025 06:06:26 ص

تطبيق النظرية

تحتوي القلابات من النوع J-K المتوفرة تجاريًّا على أسنان تحكم إضافية. فمثلًا الدائرة المتكاملة SN74109 من تكساس إنسترومنتس عبارة عن قلاب مزدوج من نوع J-$\overline{K}$ له 16 سنًّا منها أسنان إعادة الضبط المسبق والمسح.

يُقصد بكلمة المزدوج وجود قلابين متطابقين من نوع J-$\overline{K}$على الشريحة.

تحدد ورقة بيانات الشركة المصنعة SDLS037 (الصادرة في ديسمبر 1983 - والمُحدَّثة في مارس 1988) ما يأتي:

إعادة الضبط المسبق = المنطق 1، **المسح** = المنطق 0 يجعل خرج Q على المنطق 0 (المسح/إعادة الضبط).

- إعادة الضبط المسبق = المنطق 0، المسح = المنطق 1 يجعل خرج Q على المنطق 1 (الضبط).

دخل K هو في الواقع$\overline{K}$، وتحدث حالة التبديل عندما يكون$\overline{K}$=0، J =1.

يمكنك ملاحظة أهمية استخدام ورقة بيانات الشركة المصنعة لتتمكن من استخدام المكون استخدامًا صحيحًا.

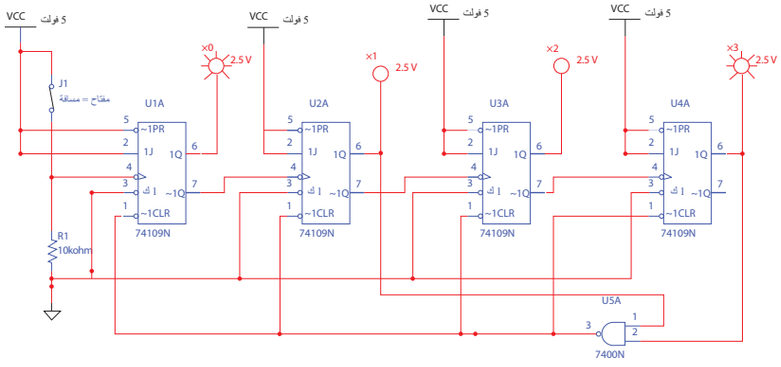
يوضح الشكل 23.54 عدادًا تصاعديًّا مكونًا من 4 بتات باستخدام أربع دوائر متكاملة من نوع 74109.

نقاط يجب ملاحظتها:

- جميع أسنان إعادة الضبط المسبق متصلة بجهد مرتفع (المنطق 1).
- جميع مداخل J متصلة بجهد مرتفع (المنطق 1).
- جميع $\overline{K}$ مداخل متصلة بجهد منخفض (المنطق 0).

يُغذِّي الإخراجين Q3 و Q1 بوابة (7400) NAND يرتبط خرج بوابة NAND بسن مسح لكل قلاّب. عندما يصل العدد الثنائي إلى 1010 (العدد العشري 8 + 0 + 2 + 0 = 10) يكون خرج بوابة NAND هو المنطق 0. يمسح المنطق 0 جميع إخراجات Q إلى المنطق 0. تعد الدائرة من 0 إلى 9 (عشري)، ثم تعيد ضبط نفسها، ثم تعد مرة أخرى. الخرج يكون بالنظام العشري المشفر ثنائيًّا (BCD).

يوفر المفتاح الكهربائي (المُبَدّل) أحادي القطب أحادي التلامس نبضات ساعة يدوية. R1 عبارة عن مقاوم خفضي لمنع "تعويم" دخل الساعة.



الشكل 23.55 عداد تصاعدي بالنظام العشري المشفر ثنائيًّا (BCD) مكون من 4 بتات.

نظام المنطق المختلط

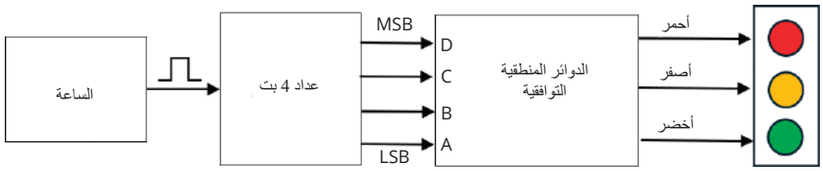
قرر مهندس إلكترونيات إنشاء نظام إشارات مرور نموذجي للعرض التوضيحي، فرسم مخطط كتلة للنظام، والذي يظهر في الشكل 23.56.

المصطلحات الرئيسة

إعادة الضبط المسبق - إشارة تحكم تضبط خرجًا منطقيًّا على المنطق 1.

المسح - إشارة تحكم تعيد ضبط الخرج المنطقي على المنطق 0.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 224 24/06/2025 06:06:26 ص



الشكل 23.56 مخطط كتلة لنظام إشارات مرور.

يستخدم النظام عناصر المنطق التوافقي والتسلسلي. قرر المهندس استخدام عداد مكون من 4 بتات ودوائر فك تشفير إشارات المرور المصممة مسبقًا (الشكلان 23.52 و23.50).

قرر المهندس تشكيل دائرة ساعة باستخدام دائرة المؤقت 555 المتكاملة كهزاز متعدد غير مستقر. ونظرًا إلى أن الدائرة كانت مجرد نموذج توضيحي، قرر المهندس ضبط الزمن الدوري للساعة على ثانيتين تقريبًا مع دورة تشغيل بنسبة 50%. واستخدم ورقة بيانات SNAS548D من تكساس إنسترومنتس (فبراير 2000، تاريخ المراجعة يناير 2015) للعثور على معادلات لتحديد قيم المكونات المناسبة، ودائرة نموذجية لهزاز متعدد مستقر.

أفادت ورقة البيانات بالمعادلات الآتية

$$t_1 = 0.693(R_1 + R_2)C$$

$$t_2 = 0.693\,R_2C$$

$$T = 0.693\,(R_1 + 2R_2)\,C$$

$$D = \frac{R_2}{R_1 + 2R_2} \times 100\%$$

رأى المهندس أنه لتحقيق دورة تشغيل بنسبة 50%، يجب أن تكون قيمة R_2 أكبر بكثير من قيمة R_1. لذلك قرر تجربة

$$R_1 = 1\,\text{k}\Omega$$

$$R_2 = 200\,\text{k}\Omega$$

$$C = 10\ \mu\text{F}.$$

يجب أن تعطي المكونات

$$T = 0.693 \times (1 \times 10^3 + 2 \times 200 \times 10^3) \times 10 \times 10^{-6}\ \text{s}$$

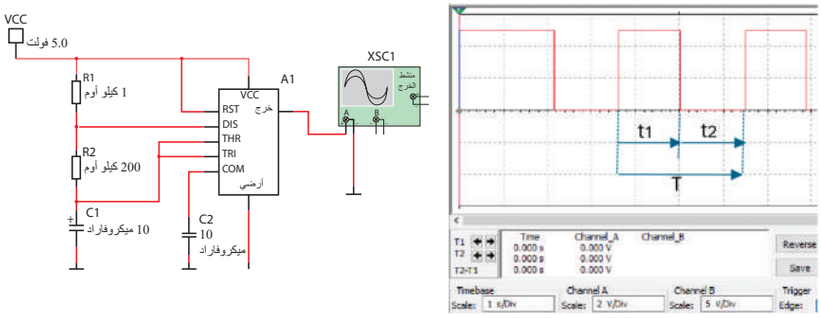
$$T = 2.8\ \text{s}$$

$$D = \frac{200 \times 10^3}{1 \times 10^3 + 2 \times 200 \times 10^3} \times 100\%$$

$$D = 49.9\%$$

رسم المهندس الرسم التخطيطي في برنامج التصميم وأجرى محاكاة لدائرة الساعة للتأكد من أنها ستعمل كما هو مخطط لها. يظهر خرج المحاكاة في الشكل 23.56.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 225 24/06/2025 06:06:27 ص



الشكل 23.57 دائرة ساعة باستخدام دائرة المؤقت 555 المتكاملة.

قدَّر المهندس قيم t_1 وt_2 وT من المحاكاة لمقارنتها بقيم التصميم.

$$t_1 = 1.4 \text{ divisions} \times 1 \text{ s/division}$$

$$t_1 = 1.4 \text{ s}$$

$$t_2 = 1.4 \text{ divisions} \times 1 \text{ s/division}$$

$$t_2 = 1.4 \text{ s}$$

$$T = 2.8 \text{ divisions} \times 1 \text{ s/division}$$

$$T = 2.8 \text{ s}$$

$$D = \frac{1.4}{2.8} \times 100\%$$

$$D = 50\%$$

فكِّر مليًّا

استفاد مهندس الإلكترونيات من الخبرة المكتسبة في أنواع الدوائر الرقمية المختلفة لوضع حلول للمشكلات الهندسية. يحتاج المهندس إلى بناء المعرفة بالتطبيقات المختلفة. من المهم التعلم من كل تجربة. ومن الجيد أن تدوّن في سجل ما تتعلمه في أثناء تعلمه.

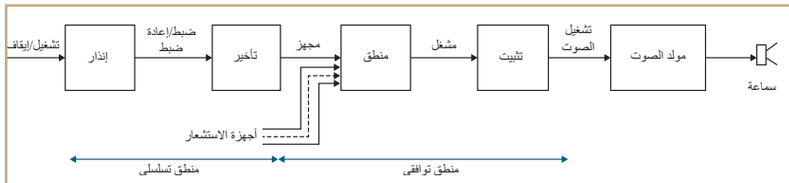
هل يمكنك:

- شرح تشغيل البوابات المنطقية القياسية، AND وOR وNOT وNAND وNOR وXOR باستخدام جداول الحقيقة؟
- تحديد دالة منطقية من معادلة الجبر البولياني؟
- تحديد الفرق بين الدوائر المتكاملة المنطقية TTL وCMOS؟
- شرح الفرق بين المنطق التوافقي والتسلسلي؟
- شرح المقصود بالعمل استجابة لحافتي الصعود والهبوط؟
- استخدام معدات الاختبار والقياس للحصول على القياسات وتسجيلها بدقة وفعالية؟

تطبيق النظرية

قرر الطالب أحمد تصميم نظام إنذار للسيارة ليكون مشروع إحدى الوحدات في دراسته الجامعية. بدأ أحمد برسم مخطط كتلة، الشكل 23.57، لمناقشة أفكاره مع معلمه.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 226 24/06/2025 06:06:28 ص



الشكل 23.58 رسم تخطيطي لنظام إنذار السيارة المقترح.

أوضح أحمد أن الدائرة تستخدم مزيجًا من الدوائر المنطقية المتسلسلة والتوافقية.

الجزء الأول من الدائرة هو وسيلة لتفعيل/تعطيل الدائرة. اقترح أحمد استخدام قلاب لضبط/إعادة ضبط الإنذار. ووجد أنه بحاجة إلى إضافة دائرة تأخير لمنح المستخدم وقتًا للخروج من السيارة بعد ضبط الإنذار قبل تفعيل الدائرة.

واقترح أحمد أيضًا إضافة دائرة تأخير أخرى للسماح بإعادة الدخول إلى السيارة لتعطيل الإنذار.

تُفعِّل الدائرة المنطقية التركيبية الإنذار عندما تكون الدائرة مفعلة وينشط مستشعر واحد أو أكثر. يمكن أن تكون المستشعرات على الأبواب والنوافذ أو تكتشف الحركة داخل السيارة.

أوضح أحمد أنه يجب تثبيت إشارة الإنذار بمجرد تشغيل الدائرة. (تخيل ما سيحدث إذا فعَّل لص سيارات الإنذار بفتح باب السيارة، ثم أغلق الباب عندما ينطلق الإنذار.)

واقترح استخدام دائرة المؤقت 555 المتكاملة لتوليد الصوت، وقد سبق له أن استخدم الدائرة نفسها في مشاريع أخرى.

تخيل أنك معلم أحمد. حدد ما يأتي:

- الجوانب الجيدة من التصميم المقترح
- مجالات التحسين.

المبدلات الرقمية التناظرية (DAC)

تعالج الحواسيب الرقمية الأرقام في صورة رقمية ثنائية. هذه الأرقام قد تمثل مقادير فيزيائية مثل درجة الحرارة أو الضغط أو الجهد وما إلى ذلك.

تقدم المستشعرات المستخدمة لمراقبة التغيرات الفيزيائية عادةً قيمًا تناظرية. وكما ذكرنا سابقًا، يمكن لهذه المستشعرات أن تأخذ أي قيمة ضمن النطاق المحدد وهي بطبيعتها "سلسة". وهذا يشبه حالة المحركات التي تشغل بأي سرعة في نطاق معين. أما الإشارات الرقمية فلا يمكنها أن تأخذ سوى قيم منفصلة، وذلك بخطوات محددة بأصغر وحدة بت (البت الأقل أهمية (LSB)). وقد سبق توضيح ذلك في الشكل 23.9. وحتى يتمكن الحاسوب من مراقبة القيم من أجهزة الاستشعار التناظرية وإخراج الإشارات إلى الأجهزة التناظرية، لا بد من تبديل الإشارات التناظرية إلى إشارات رقمية أو الإشارات الرقمية إلى إشارات تناظرية.

ستجد أنه من السهل فهم كيفية عمل المبدل التناظري الرقمي عند فهم آلية تشغيل المبدل الرقمي التناظري أولًا.

توجد العديد من المبدلات الرقمية التناظرية المتاحة تجاريًا. يأخذ المبدل الرقمي التناظري إشارة رقمية متعددة البتات ويولد إشارة خرج تناظرية مكافئة.

كل بت من الإشارة يحمل "وزنًا ثنائيًا" مختلفًا. يُضرب البت في عامل وزنه لتحديد إسهامه في القيمة الإجمالية. ثم تُجمع إسهامات كل بت لإعطاء المكافئ التناظري.

يقدم ما يأتي فكرة عن التصميم المطلوب للمبدل الرقمي التناظري:

- جزء من الدائرة لإعطاء الوزن الصحيح لكل بت
- جزء لجمع الإسهامات الفردية.

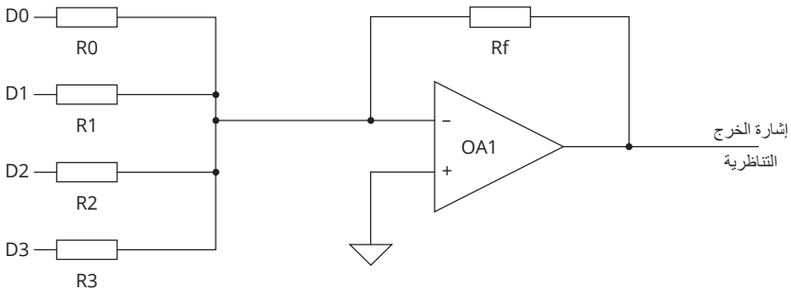
XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 227 24/06/2025 06:06:28 ص

البناء والتشغيل

المبدل الرقمي التناظري الموزون الثنائي

هذا التصميم هو الأبسط من حيث المفهوم، لكنه ليس عمليًّا جدًّا في التنفيذ. ينطبق هذا خاصةً على نموذج الدوائر المتكاملة، سواء كانت بتكامل واسع النطاق (LSI) أو بتكامل متوسط النطاق (MSI).

تستخدم الدائرة مكبرًا تشغيليًّا موصولًا ليكون مكبر تجميع. يتصل كل بت بأحد الإدخالات. ويُحدَّد وزنه بناءً على نسبة مقاوم التغذية الراجعة إلى مقاوم الدخل. تحتوي الدائرة النموذجية في الشكل 23.59 على إدخالات مكونة من 4 بتات فقط. من الناحية العملية، سيكون عدد البتات أكبر (8 بتات، 16 بت، 32 بت أو أكثر).



الشكل 23.59 مبدل رقمي تناظري موزون ثنائي مكون من 4 بتات.

مثال عملي

مبدل رقمي تناظري موزون ثنائي ذو 4 بتات يحتوي على مقاومات دخل بقيمة 1 كيلو أوم و2 كيلو أوم و4 كيلو أوم و8 كيلو أوم. وقيمة مقاوم التغذية الراجعة تبلغ 8 كيلو أوم.

احسب قيمة الخرج عند نمط البتات 0110، إذا كان المنطق 0 = 0 فولت والمنطق 1 = −0.25 فولت،

$$V_{out} = -\left\{\left(\frac{R_f}{R_0} D_0\right) + \left(\frac{R_f}{R_1} D_1\right) + \left(\frac{R_f}{R_2} D_2\right) + \left(\frac{R_f}{R_3} D_3\right)\right\}$$

$$V_{out} = -\left\{\left(\frac{8k}{8k} \times 0\right) + \left(\frac{8k}{4k} \times (-0.25)\right) + \left(\frac{8k}{2k} \times (-0.25)\right) + \left(\frac{8k}{1k} \times 0\right)\right\}$$

$$V_{out} = -\left\{(0) + (-0.5) + ((-1)) + (0)\right\}$$

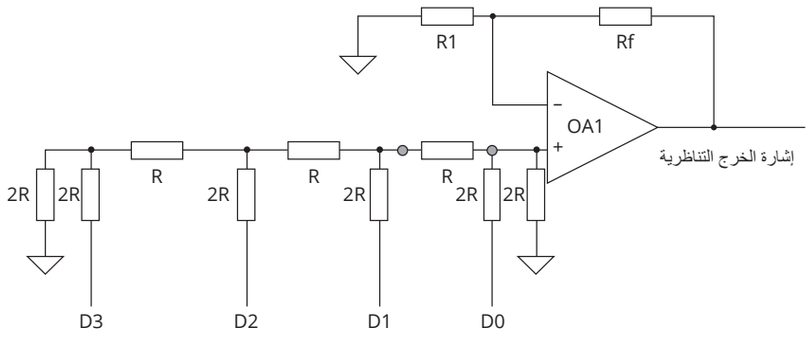
$$V_{out} = -\{-1.5\} = 1.5\ V$$

لاحظ أن أصغر مقاوم دخل يعطي أكبر وزن.

المبدل الرقمي التناظري باستخدام الشبكة السلمية R – 2R

تعد شبكة R - 2R في الشكل 23.60 تحسينًا للمبدل الرقمي التناظري الثنائي الموزون. وتستخدم فقط قيمتين مختلفتين للمقاوم، R و$2R$. صُممت الدائرة بحيث تكون المقاومة عند أي عقدة "عند النظر إلى اليسار" هي $2R$، و"عند النظر إلى اليمين" هي أيضًا $2R$.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 228 24/06/2025 06:06:28 ص



الشكل 23.60 مبدل رقمي تناظري باستخدام الشبكة السلمية R-2R.

المعلمات

يستند اختيار المبدلات الرقمية التناظرية إلى المعلومات الواردة في أوراق بيانات الجهة المصنِّعة. توفر أوراق البيانات معلومات حول المعلمات المختلفة التي قد تحتاج إلى مراعاتها.

الدقة

تشير إلى أصغر تغيير في جهد الخرج التناظري. وهي تعادل **البت الأقل أهمية (LSB)**. إذا كان للدخل n بتات،

$$\text{Resolution (الدقة)} = \frac{\text{Range of output values (نطاق قيم الخرج)}}{\text{Maximum number of steps (الحد الأقصى لعدد الخطوات)}}$$

فإن الحد الأقصى لعدد الخطوات يُحدَّد كالآتي

$$\text{Maximum number of steps} = 2^n - 1$$

ومن ثَمَّ:

$$\text{Resolution} = \frac{V}{2^n - 1}$$

مثال عملي

الدقة

$$\text{Resolution} = \frac{V}{2^n - 1}$$

$$\text{Resolution} = \frac{5}{2^8 - 1}$$

$$\text{Resolution} = \frac{5}{255}$$

$$\text{Resolution} = 19.6\ \text{mV}$$

الإزاحة (خطأ المقياس الصفري)

من المتوقع أن يعطي رمز الدخل الذي يساوي صفرًا خرجًا مقداره 0 فولت. ومع ذلك، قد توجد **إزاحة** صغيرة (أي أن خاصية النقل لا تمر عبر الأصل، كما هو موضح في الشكل 23.61).

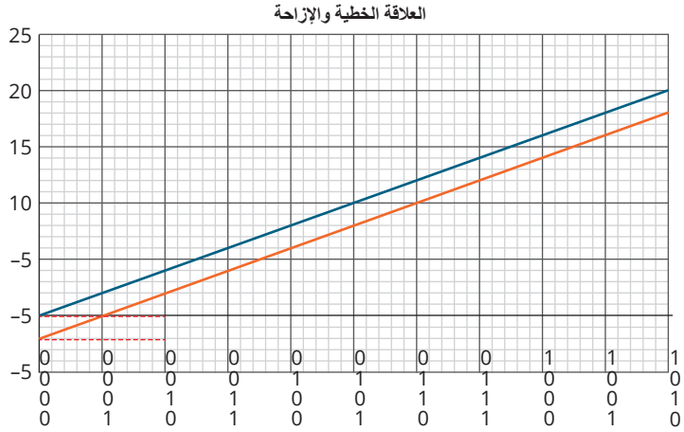
المصطلحات الرئيسة

البت الأقل أهمية (LSB) - الرقم ذو الوزن الثنائي الأدنى.

الدقة - قيمة 1 بت الأقل أهمية.

الإزاحة - مقياس يحدد مدى بعد دالة عن الأصل.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 229 24/06/2025 06:06:29 ص



الشكل 23.61 محاور تحتاج إلى تسميات ووحدات.

الكسب

يشير كسب المبدل الرقمي التناظري إلى العلاقة بين جهد الخرج كامل النطاق والجهد المرجعي الداخلي المستخدم مع المستوى المنطقي. من الناحية المثالية، توجد علاقة خطية بين جهد الخرج التناظري والدخل الرقمي.

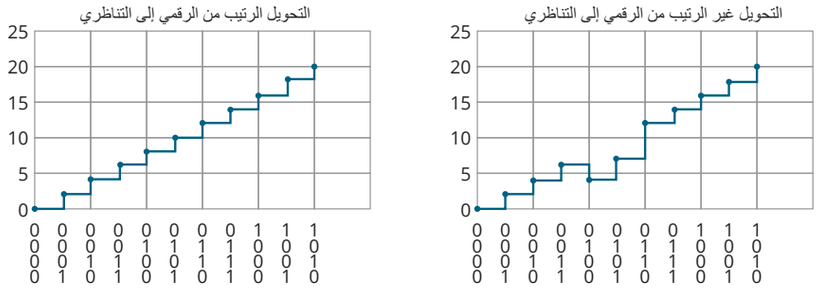
العلاقة الخطية

يمكن تقليص الكسب والإزاحة الصفرية بحيث تمر نقاط النهاية للخاصية عبر الأصل ونقاط النطاق الكامل المطلوبة. وهذا لا يضمن وقوع النقاط الوسيطة على خط مستقيم. على سبيل المثال، يؤدي حدوث خطأ صغير جدًا في عامل وزن بت إلى عدم الخطية في كل مرة يُضبط فيها هذا البت على قيمة مرتفعة.

يمكن التعبير عن **الخطية** بعدة طرق، مثل الانحراف عن الخط المثالي في صورة نسبة مئوية، أو الانحراف عن النطاق الكامل في صورة جزء في المليون، أو في صورة جزء من بت واحد من البتات الأقل أهمية (LSB).

الرتابة

تتزايد الإشارة **الرتيبة** (أو تتناقص) دون أي تغيير في الاتجاه، كما هو موضح في الشكل 23.61.



الشكل 23.62 الإخراجات الرتيبة وغير الرتيبة لمبدل رقمي تناظري

زمن الاستقرار

يُعبر عن هذا الزمن عادةً بأنه الوقت المستغرق للاستقرار في حدود ±0.5 بت من البتات الأقل أهمية (LSB). قد يكون هذا متوسط الوقت لأن الانتقال الذي يتطلب تغيير بت واحد فقط سيكون أسرع من الانتقال الذي يتضمن تغيير العديد من البتات.

المصطلحات الرئيسة

العلاقة الخطية - خرج يزداد بخطوات متساوية لقيم الدخل الرقمية. وكل خطوة تساوي 1 بت من البتات الأقل أهمية (LSB).

رتيب - استمرار قيمة الإخراج في الارتفاع (أو الانخفاض) دون انحراف.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 230 24/06/2025 06:06:30 ص

التشغيل ثنائي القطب

تتطلب بعض استخدامات المبدل الرقمي التناظري قيمًا سالبة وموجبة. وهذا ما يسمى بالتشغيل ثنائي القطب.

استخدام نموذجي للمبدل الرقمي التناظري

من أمثلة استخدامات المبدل الرقمي التناظري استخدامه في مشغل الموسيقى الرقمي. حيث تُحوَّل البيانات المخزنة في صورة ثنائية إلى فولتية تناظرية لتشغيل مكبر الصوت. والمتطلبات الرئيسة للمبدل الرقمي التناظري هي سرعة التشغيل والخطية والدقة العالية.

يمكن ضمان الدقة باستخدام إدخالات متعددة البتات(على سبيل المثال، 32 بت).

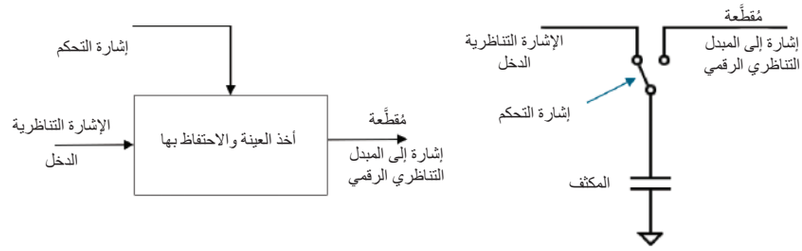
الخطية مطلوبة لضمان إعادة إنتاج الأصوات المطلوبة بدقة عن طريق تجنب التشويه.

يجب التحكم في معدل تغذية الإدخالات إلى المبدل الرقمي التناظري، وذلك باستخدام معالج دقيق أو متحكم دقيق مخصص لهذا الغرض.

المبدلات التناظرية الرقمية

هناك عدد من الطرق لتحويل إشارة تناظرية إلى قيمة رقمية. تختلف المبدلات التناظرية الرقمية في درجة تعقيد الدوائر وسرعة التشغيل، إلا أن كل أنواعها المختلفة تأخذ عينات من الإشارة التناظرية للحفاظ على القيمة المحولة ثابتة (والاحتفاظ بها) طوال الوقت الذي يستغرقه اكتمال التحويل.

من الطرق البسيطة **لأخذ عينة والاحتفاظ بها** هي استخدام مكثف. حيث يمكنه التبديل للاتصال بالدخل التناظري في أثناء وقت أخذ العينة، ثم يتصل بالمبدل التناظري الرقمي في أثناء مدة الاحتفاظ.



الشكل 23.63 دائرة أخذ العينات والاحتفاظ بها.

من الناحية العملية، تُعزل إشارات أخذ العينة والاحتفاظ بها لمنع تفريغ المكثف وفقدان العينة. يُعرف الوقت المستغرق لتتبع إشارة الدخل والحصول على إشارة العينة باسم **زمن الالتقاط**.

في أثناء زمن الالتقاط (أخذ العينات)، يتبع خرج دائرة أخذ العينة والاحتفاظ بها إشارة الدخل التناظرية. ويستقر عند القيمة النهائية خلال مدة الاحتفاظ. يوضح الشكل 23.63 عملية أخذ العينات والاحتفاظ بها. مع المبالغة في توقيت العملية لتوضيحها بشكلٍ أفضل.

البناء والتشغيل

المنحدر والعداد

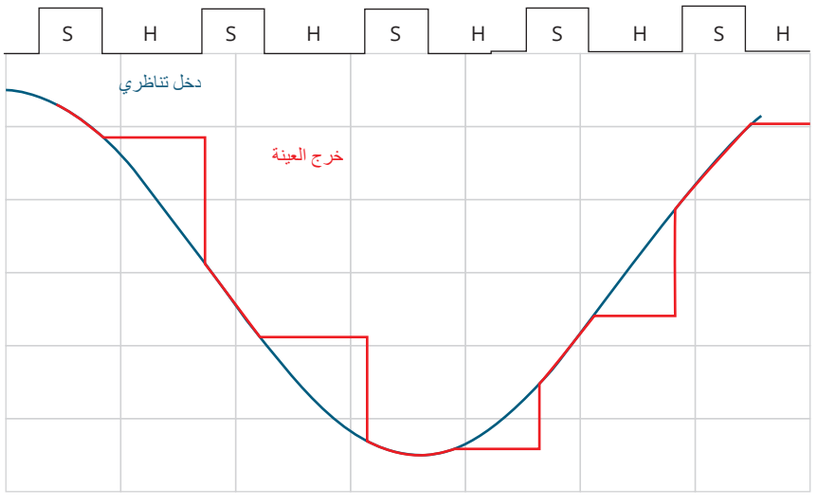
يعمل المبدل التناظري الرقمي باستخدام تقنية المنحدر والعداد على توليد جهدٍ متزايدٍ (جهد المنحدر). ويجري مقارنة جهد المنحدر بإشارة الدخل التناظرية. ويبدأ تشغيل العداد مع بداية المنحدر، ويتوقف العداد عندما يصل جهد المنحدر إلى قيمة جهد الدخل التناظري. وتمثل القيمة المخزنة في العداد قيمة رقمية مرتبطة مباشرةً بحجم جهد الدخل. وتستغرق عملية التحويل وقتًا أطول عند تحويل جهد كبير مقارنةً بالجهد الصغير. وتُستخدم إشارات تحكم لتحديد بداية عمليات التحويل ونهايتها.

المصطلحات الرئيسة

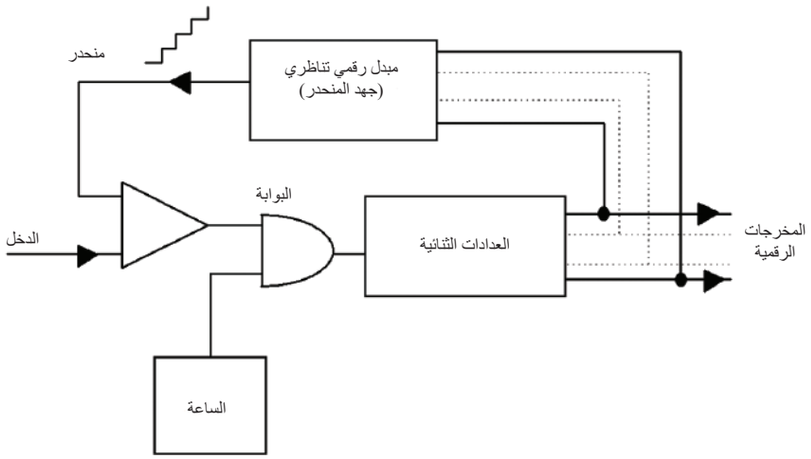
أخذ العينات والاحتفاظ بها - طريقة لالتقاط إشارة الدخل والحفاظ على قيمتها ثابتة حتى اكتمال التحويل.

زمن الالتقاط - الوقت الذي يستغرقه المبدل التناظري الرقمي لالتقاط جهد الدخل بغرض أخذ العينات.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 231 24/06/2025 06:06:30 ص



الشكل 23.64 مخطط زمني لأخذ العينات والاحتفاظ بها.



الشكل 23.65 مبدل تناظري رقمي باستخدام تقنية المنحدر والعداد

تسلسل عملية التحويل يجري على النحو التالي:

- تعيد إشارة البدء ضبط العداد إلى الصفر، وتُمكِّن البوابة للسماح بعدّ نبضات الساعة.
- تُدخل إخراجات العداد إلى المبدل الرقمي التناظري الذي يولد بدوره إشارة منحدر.
- يُقارن خرج المنحدر بإشارة الدخل المأخوذة كعينة. وتظل البوابة في وضع التمكين إلى أن يصبح جهد المنحدر مساويًا لإشارة الدخل.
- عندما يصبح جهد المنحدر مساويًا لإشارة الدخل، يجري تعطيل البوابة، ويتوقف العد.
- يمكن استخدام إشارة تعطيل البوابة بوصفها إشارة تحكم للإشارة إلى اكتمال عملية التحويل.
- تكون قيمة العداد متناسبة مع جهد الدخل.

يتمثل عيب هذا النظام في أن العداد يُعاد ضبطه عند كل عملية تحويل ويبدأ العد من الصفر. فإذا كانت الإشارة ذات جهد كبير وتتغير ببطء نسبي، ستستغرق كل عملية تحويل وقتًا طويلًا، لكن القيم الناتجة ستكون متقاربة للغاية. يعتمد تحسين هذا النظام الأساسي على استخدام عداد تصاعدي/تنازلي "لتتبع" التغيرات الحاصلة في الإدخالات.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 232 24/06/2025 06:06:30 ص

مبدل تناظري رقمي بالتقريب المتتالي:

أحد أكبر عيوب المبدلات التناظرية الرقمية من نوع "المنحدر والعداد" هو طول الوقت اللازم لإجراء عملية التحويل، إذ يبلغ الحد الأقصى لوقت التحويل 2^n دورة ساعة، حيث إن الحرف n يمثل عدد البتات.

أما النوع الذي يعمل بالتقريب المتتالي يُعد أسرع كثيرًا.

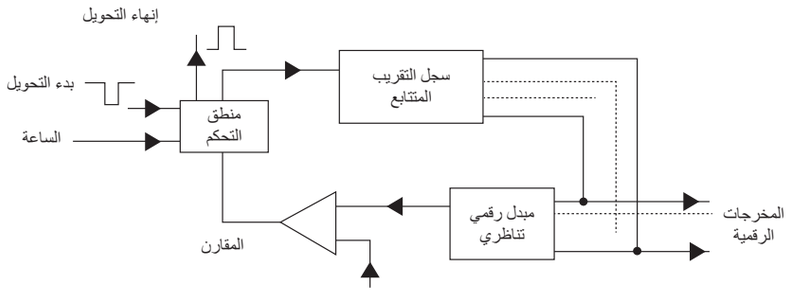
1 تبدأ عملية التقريب بوضع القيمة المنطقية "1" على البت الأكثر أهمية (MSB).

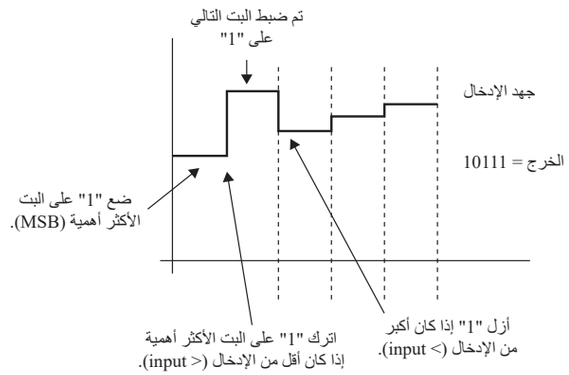
2 يُقارن خرج المبدل الرقمي التناظري بعينة من إشارة الدخل.

3 إذا كان خرج المبدل الرقمي التناظري شديد الارتفاع، يُعاد ضبط البت الأكثر أهمية (MSB) إلى القيمة المنطقية "0". أما إذا كان شديد الانخفاض، يُترك عند القيمة المنطقية "1".

4 يجري التعامل مع كل بت بطريقة التسلسل نفسها، إلى أن تصل جميع البتات إلى المستويات المنطقية الصحيحة.

يحتاج المبدل التناظري الرقمي ذي n-بت فقط إلى عدد n نبضات ساعة قبل أن تكون جميع البتات صحيحة. (قد تقتضي الحاجة توفير بعض الوقت الإضافي عند التطبيق العملي).





الشكل 23.66 مبدل تناظري رقمي بالتقريب المتتالي

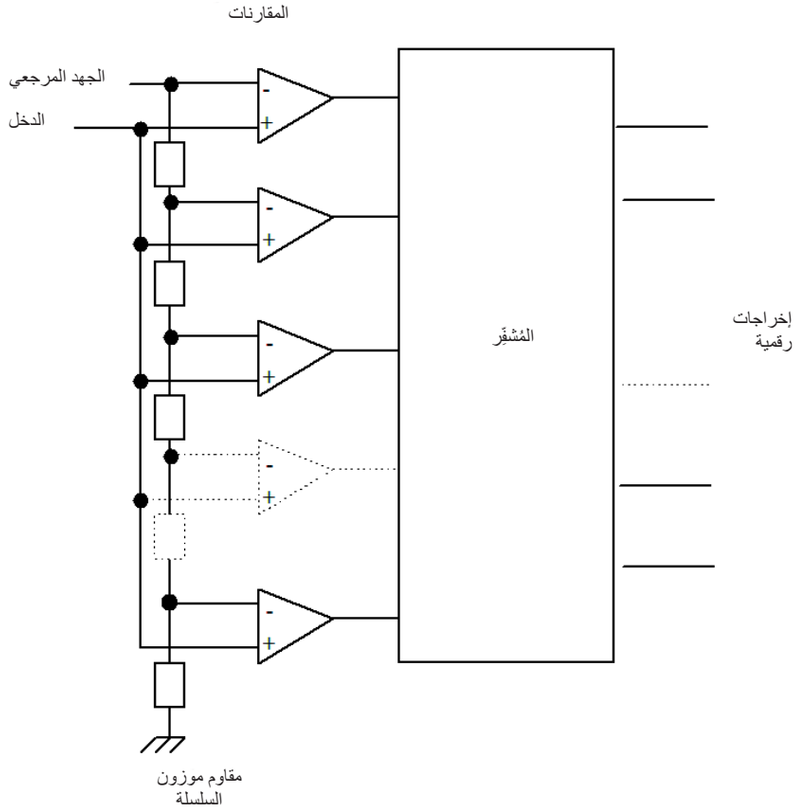
المبدل المتوازي (الوميضي)

يُعد هذا النوع من المبدلات التناظرية الرقمية الأسرع، لكنه في الوقت ذاته الأعقد من الناحية الداخلية، حيث يجري تغذية عدد من المقارنات بسلسلة من المقاومات ذات الأثقال المختلفة، ويُقارن كل إدخال بجهدٍ مرجعي. وبعد ذلك، تُرسل إخراجات المقارنات إلى شبكة مشفر تُنتج الخرج بالتنسيق المطلوب، مثل الوزن الثنائي للأرقام 1-2-4-8، أو النظام العشري المشفر ثنائيًا (BCD) أو كود غراي أو أي تنسيق آخر.

نظرًا إلى أن جميع البتات تُحوَّل بالتوازي، فإن وقت التحويل يعتمد فقط على سرعة تشغيل المقارن الواحد وأي تأخيرات في زمن الانتشار داخل شبكة المشفر. يعمل المبدل الوميضي النموذجي عند ترددات

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 233 24/06/2025 06:06:30 ص

تتراوح بين 10–20 ميجاهرتز، ما يجعله مناسبًا لأجهزة مثل راسمات الذبذبات الرقمية وإشارات التلفزيون وتحليل الإشارات.



الشكل 23.67 مبدل تناظري رقمي متوازي (وميضي).

المعلمات

نطاق الإدخال

يشير هذا النطاق إلى الفرق بين أصغر وأكبر جهد دخل تناظري لاستخدام النطاق الكامل للقيم الرقمية. (قد لا يتسبب الجهد الأكبر والأصغر في حدوث تلف، ولكن لا يمكن حله).

الدقة

تُحدَّد الدقة بعدد بتات الخرج، والتي تُحدِّد عدد حالات الخرج.

$$\text{Resolution} = \frac{\text{Range of input voltage}}{\text{Maximum number of steps}}$$

$$\text{Resolution} = \frac{V}{2^n - 1}$$

الخطأ الكمي

لا يمكن حل القيم التناظرية إلا إلى أقرب مستوى مسموح به. فإذا كانت القيمة أقل من نصف خطوة، تُقرَّب للأسفل. أما إذا كانت أكبر من نصف خطوة، تُقرَّب للأعلى. وتُعرف كل خطوة مسموح بها باسم مستوى التكميم، ويكون **الخطأ الكمي** هو

المصطلح الرئيس

الخطأ الكمي - خطأ ناتج عن حصر تحليل القيم التناظرية فقط إلى أقرب مستوى مسموح به. حيث تُقرَّب إما لأعلى أو لأسفل إلى أقرب وحدة بت من الوحدات الأقل أهمية (LSB). ويبلغ الخطأ الكمي ±0.5 وحدة بت من الوحدات الأقل أهمية.

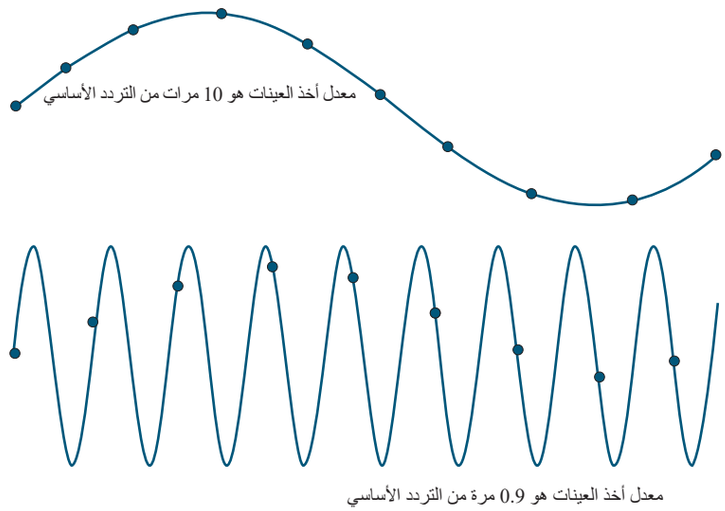
XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 234 24/06/2025 06:06:31 ص

$$\text{Quantising error} = \pm\frac{1}{2}\text{LSB}$$

التشويش

يجب أن يكون تردد أخذ العينات سريعًا بما يكفي لإعادة بناء الإشارة الأصلية بدقة. ويجب كذلك تنفيذ عملية أخذ العينات وفقًا لتردد متوافق مع نظرية شانون، التي تنص على أن تردد أخذ العينات يجب أن يكون على الأقل ضعف أعلى تردد موجود في الإشارة المُراد أخذ عينات لها. ولأغراض عملية، يجب أن يكون تردد أخذ العينات على الأقل 5 إلى 20 ضعف أعلى تردد لتجنب ظاهرة **التشويش**. ويشير التشويش إلى تحديد تردد الإشارة التناظرية بشكلٍ غير صحيح بسبب عدم ملائمة تردد العينة.

يمكن ملاحظة تأثير التشويش في الشكل 23.67، حيث أُخذت عينات لموجة جيبية بتردد 10 مرات و0.9 مرة من تردد الموجة.



الشكل 23.68 تأثير التشويش.

المصطلح الرئيس

التشويش - تحديد تردد الإشارة التناظرية بشكل غير صحيح بسبب عدم ملائمة تردد العينة.

مثال عملي

نطاق جهد الخرج في مبدل تناظري رقمي مكون من 8 بتات يتراوح من 0 إلى 5 فولت، ويبلغ وقت استقراره 1.5 ميكرو ثانية.

احسب:

أ) دقة المبدل التناظري الرقمي

ب) الخطأ الكمي.

الحل

أ) الدقة

$$\text{Resolution} = \frac{V}{2^n - 1}$$

من السؤال،

$V = 5$ فولت، $n = 8$، لذلك

$$\text{Resolution} = \frac{5}{2^8 - 1}$$

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 235 24/06/2025 06:06:31 ص

المهارات

- التحليل
- التفسير
- الابتكار
- التعلم المستمر
- الاهتمام الفكري والفضول
- التواصل
- العمل الجماعي
- التعاون
- المسؤولية

$$\text{Resolution} = \frac{5}{256 - 1}$$

$$\text{Resolution} = 0.0196 \text{ V/bit}$$

$$\text{Resolution} = 19.6 \text{ mV/bit}$$

ب) الخطأ الكمي

من حساب الدقة، 1 بت الأقل أهمية = 19.6 ملي فولت

$$\text{Quantising error} = \pm \frac{1}{2} \text{LSB}$$

$$\text{Quantising error} = \pm 9.80 \text{ mV}$$

فكِّر مليًّا

قدم هذا الجزء من الوحدة العديد من الأفكار والتطبيقات الجديدة.

أحد العوامل الرئيسة التي يجب مراعاتها هي كيفية تطوير معرفتك بالإلكترونيات مع اكتساب الخبرة. يعد اتباع نهج الأنظمة مفيدًا بشكل خاص في مجال الإلكترونيات حيث توجد إدخالات ومعالجة وإخراجات. كل مرحلة تؤدي وظيفة محددة. ترتبط المراحل معًا، حيث تنتقل خطوة بخطوة.

احتفظ بسجل للأفكار الجديدة التي تتعلمها، ووثِّقها في أثناء تعلمها.

تمرين تقييمي 23.2 B.P4, B.P5, B.M2, B.M3, B.D2

المهمة الأولى

نفذ سلسلة من التمارين العملية التي تدرس بنية الكتلة وتدفق الإشارة في:

- نظام تناظري معقد
- الأنظمة الرقمية
- الأنظمة الإلكترونية المختلطة التي تتضمن تحويل الإشارات.

يجب عليك التحقق من عدد من الأنظمة التناظرية والرقمية المعقدة المبنية مسبقًا.

قم بالأتي لكل منها:

- رتب الرسومات التخطيطية للدوائر التناظرية والرقمية المعقدة في مخططات جماعية.
- حدد الأنظمة الفرعية.
- استخدم المخططات التخطيطية ومخططات الكتلة لتحديد نقاط الاختبار الرئيسة.
- قس القيمة التشغيلية الصحيحة للإشارات في نقاط الاختبار الرئيسة باستخدام معدات الاختبار (على الأقل ملتيميتر، راسم الذبذبات ثنائي التتبع، مولد الإشارات، المجس المنطقي، مقياس التردد) بشكل مناسب.
- أجر الاختبارات الوظيفية بأمان للأنظمة التناظرية والرقمية المعقدة لقياس الإشارات الرئيسة.
- سجِّل جميع قياساتك بشكلٍ منهجي.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 236 24/06/2025 06:06:32 ص

المهمة الثانية

ابحث واكتب تقريرًا عن إنشاء أنواع المبدلات التناظرية الرقمية وتشغيلها. لفعل ذلك، يجب عليك:

1 ضبط المبدلات التناظرية الرقمية لأخذ عينة من الإشارة الجيبية. تدوين التأثير في:
- نطاق دخل الجهد التناظري
- الدقة
- الخطأ الكمي
- الخطية
- معدل أخذ العينات
- التشويش نتيجة معدل أخذ العينات الناقص.

2 ضبط المبدل الرقمي التناظري لإنشاء موجة سن المنشار. تدوين التأثير في:
- الدقة
- الخطية
- الإزاحة

أعد سجل يلخص التجارب العملية والتقارير التي أجريتها، واستكشف الأنظمة الفرعية التي تشكل الأنظمة التناظرية والرقمية المعقدة.

التخطيط

سأخطط:

- لمعرفة المعدات، بما في ذلك معدات السلامة، التي سأحتاج إليها لإنجاز المهام
- لتحديد المشكلات التي يجب عليَّ مراعاتها، والأبحاث التي ينبغي لي فعلها قبل الشروع في هذه المهمة
- لوضع خطة زمنية مع تحديد معالم رئيسة لمتابعة تقدمي.

التنفيذ

سأضطلع:

- باتباع خطتي الزمنية واستخدام المعالم الرئيسة لتقييم تقدمي في هذه الفترات
- بجمع أدلة كافية على الاختبارات التي أجريت
- بتحديد المواضع التي واجهت فيها مشكلات وتعديل تفكيري/منهجي لكي أعود إلى المسار الصحيح.

المراجعة

سأشرح كيفية:

- التعامل مع المهام المختلفة
- تحليل النتائج التي حصلت عليها
- تحديد أي مهام وجدتها صعبة وكيفية البحث عن طرق لمساعدتي على التغلب على أي صعوبات
- تقييم ما إذا كنت قد نجحت في تحقيق المهام
- تحديد روابط بين ما تعلمته الآن وما تعلمته سابقًا

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 237 24/06/2025 06:06:32 ص

ج إجراء عملية اكتشاف الأعطال بأمان على الأنظمة الإلكترونية المعقدة على النحو المطبق في المجال

المقدمة

في هذا الجزء، ستتحقق من الأخطاء النموذجية والتقنيات المستخدمة لتحديدها. وستستخدم معدات وأدوات الاختبار الإلكترونية لتحديد الأخطاء. وستتعلم كيفية العمل بأمان عند اكتشاف الأخطاء في الدوائر الإلكترونية. وستحدد الأخطاء بأمان في الأنظمة الإلكترونية التناظرية والرقمية والمختلطة.

بحث

بالعمل في مجموعة صغيرة، أعدوا قائمة بمصادر الخطر في منطقة عملك. ما المخاطر التي يمكن أن تسببها لك وللآخرين الذين يعملون بالقرب منك؟ ما الذي يمكنك فعله للحفاظ على سلامتك وسلامة الآخرين؟

موضوعات ذات صلة

يُعد العمل بأمان أمر جد مهم في جميع فروع الهندسة. ستجد معلومات إضافية في: **الوحدة 19: الأجهزة والدوائر الإلكترونية، الوحدة 20: الدوائر الإلكترونية التناظرية، الوحدة 21: القياس والاختبار الإلكتروني للدوائر.**

تقنيات اكتشاف الأعطال

أنواع الأعطال

المصطلح الرئيس

الأعطال الدائمة - الأعطال التي تعطي دائمًا نفس السلوك.

تعتبر **الأعطال الدائمة** الأكثر شيوعًا في الدوائر الكهربائية والإلكترونية، والتي يمكن أن تكون أعطالًا في الدائرة المفتوحة أو الدائرة القصيرة. وهذا النوع من الأعطال يُظهر دائمًا نفس السلوك.

يحدث عطل الدائرة المفتوحة بسبب كسر في المسار الموصل، وهو ما يؤدي إلى انعدام تدفق التيار. وقد يكون ناتجًا عن فشل في مكون معين، أو وصلة ملحومة بشكلٍ سيئ، أو كسر في الموصل بسبب ضرر ميكانيكي. ويمكن أن تصبح مكونات مثل المقاومات أو الثنائيات أعطالًا في دائرة مفتوحة إذا تدفق تيار زائد خلالها. كذلك، قد يصبح المكثف الكهربائي عطلًا في دائرة مفتوحة مع تقدم العمر نتيجة جفاف المادة الإلكتروليتية.

يمكن استخدام جهاز قياس متعدد الأغراض (ملتيميتر) لفحص استمرارية مسارات لوحات الدوائر المطبوعة (PCB)، والموصلات، والصمامات. ويجب أن تكون جميعها ذات مقاومة منخفضة. فإذا كانت القراءة عالية للغاية أو تظهر "OL"، فهذا يشير إلى وجود دائرة مفتوحة.

يؤدي عطل الدائرة القصيرة إلى تدفق التيار عبر مسار غير مخطط له في الدائرة. فعلى سبيل المثال، قد يؤدي ذلك إلى تدفق تيار كبير خاطئ، وهو ما قد يتسبب في تلف مكونات أخرى. وقد يكون العطل نتيجة عزل تالف بين الموصلات، ما يسمح للأسلاك بالاتصال ببعضها. وتُستخدم المصاهر والقواطع الكهروميكانيكية في الدوائر حتى تتمكن من الانفصال عند وجود تيار خطأ.

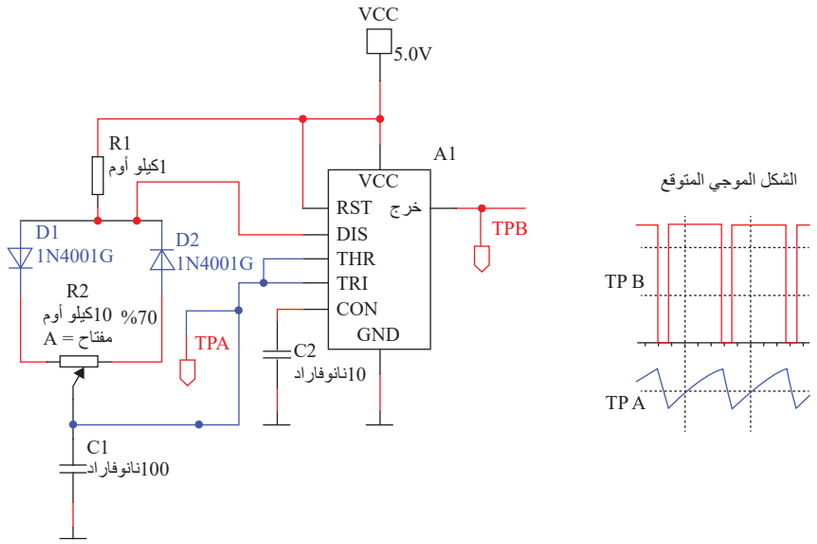
XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 238 24/06/2025 06:06:32 ص

وقد تكون الأعطال نفسها متقطعة. ويمكن أن تظهر **الأعطال المتقطعة** على فترات غير منتظمة ثم يبدو أنها تتلاشى. وهذا يجعل تحديدها أكثر صعوبة. يمكن أن تكون الأعطال المتقطعة ناتجة عن مكونات قديمة، أو عزل ضعيف بين المكونات، أو التوصيلات السيئة. وقد تتحول هذه الأعطال إلى أعطال دائمة.

وسائل تحديد الأعطال

تعمل الرسومات التخطيطية والقياسات المتوقعة والأشكال الموجية عند نقاط الاختبار الرئيسة على توفير معلومات مهمة لتحديد الأعطال.

يوضح الشكل 23.69 رسمًا تخطيطيًّا بالقيم المتوقعة عند نقطتي اختبار.



الشكل 23.69 رسم تخطيطي للأشكال الموجية المتوقعة.

عادةً ما يوفر موردو المعدات أدلة تشغيل عند تسليم أي معدة من المعدات للعميل. قد يتضمن دليل التشغيل جداول استكشاف الأعطال وإصلاحها وأكواد الأعطال. ويمكن أن يحتوي أيضًا على مخططات وظيفية تحدد القيم المتوقعة لإدخالات وإخراجات الأنظمة والأنظمة الفرعية. فعلى سبيل المثال، قد يشير الرسم التخطيطي لمُستَقبِل تعديل التردد (FM) إلى قيمة جهد التيار المستمر عند نقاط اختبار مختلفة، والقيمة المتوقعة للتردد الوسيط (IF)، والأشكال الموجية عند نقاط الاختبار.

مخطط استكشاف الأخطاء وإصلاحها هو أداة مرئية تساعد على تحديد المشكلات وحلها. وقد يعرض في صورة مخطط تدفق، أو، على سبيل المثال، في صورة جدول يحتوي على الأعطال النموذجية والأسباب المحتملة وخطوات الحل خطوة بخطوة، أو سلسلة من الأسئلة الشائعة (FAQs).

تقدم نشرات البيانات الصادرة عن الشركات المصنعة معلومات حول معلمات المكونات، مثل أقصى تيار أمامي للدايود أو ترتيب أطراف التوصيل في الدائرة المتكاملة.

تُعد سجلات اكتشاف الأعطال السابقة، مثل تقارير الأعطال/الإصلاحات، من أهم مصادر المعلومات. ويمكن من خلال تحليل التقارير السابقة تحديد أنماط الأعطال، ويمكن أن تسلط الضوء على الأعراض، وهو ما يُسهل عملية تحديد الأعطال. ويُصبح التحليل أبسط عند الاحتفاظ بالسجلات بشكلٍ إلكتروني.

المصطلحات الرئيسة

الأعطال المتقطعة - الأعطال التي يمكن أن تظهر على فترات غير منتظمة، ثم يبدو أنها تتلاشى، وهو ما قد يجعل من الصعب تحديدها.

مخطط استكشاف الأخطاء وإصلاحها - أداة مرئية تساعد على تحديد المشكلات وحلها.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 239 24/06/2025 06:06:32 ص

تقنيات اكتشاف الأعطال

طريقة النقاط الست لاكتشاف الأعطال وإصلاحها

من المهم دائمًا العمل بطريقة منهجية عند محاولة تحديد العطل في النظام. وتوفر طريقة النقاط الست منهجًا منظمًا يمكن العمل من خلاله. وفي هذه الطريقة، تتعلق النقاط من 1 إلى 3 بعملية تحديد العطل، بينما تتعلق النقاط من 4 إلى 6 بعملية إصلاحه.

1. جمع الأدلة

راقب عمل النظام إذا كان من الآمن فعل ذلك. وفي حالة عدم عمله، استخدم جميع حواسك لجمع الأدلة؛ هل هناك رائحة احتراق؟، هل يوجد جزء يبدو ساخنًا؟، هل يمكنك رؤية أي شيء غير عادي؟

2. تحليل الأدلة

هل جميع الأدلة ذات صلة؟ هل يمكن تجاهل أي شيء؟ هل الأدلة تتطابق مع أي عطل واجهته من قبل؟ هل تساعدك على الوصول إلى تشخيص محتمل؟ هل تحتاج إلى جمع المزيد من الأدلة؟

3. تحديد موقع العطل

تحقق من الأجزاء التي تعتقد أنها الأكثر عرضة للعطل بناءً على الأدلة التي حللتها. استخدم تقنية أو أكثر من التقنيات لتحديد موقع العطل.

4. تحديد السبب وإزالته

قد تجد أن النظام لا يعمل بسبب تلف المصهر. ومع ذلك، عند استبدال المصهر، يتلف مرة أخرى لأن سبب العطل هو مكون آخر تعرض لدائرة قصيرة، ما يؤدي إلى تدفق تيار خاطئ. ومن الضروري العثور على السبب الجذري للعطل لمنع تكراره.

5. إصلاح العطل

عندما تحدد السبب الجذري للعطل، يمكنك إصلاحه. على سبيل المثال، يمكنك استبدال المكون التالف في الحالة السابقة.

6. فحص النظام

احرص على إجراء الاختبارات اللازمة للتأكد من عمل النظام بشكلٍ صحيح بعد إصلاح العطل.

الفحص البصري

عند محاولة اكتشاف عطل في دائرة إلكترونية، يجب أن تبدأ **بالفحص البصري**، إذ يمكن لإجراء الفحص البصري تحديد المشكلات التي تحتاج إلى اختبارات إضافية باستخدام معدات وأدوات الاختبارات الإلكترونية. واحرص على تنفيذ عملية الفحص البصري في بيئة مضاءة جيدًا وخالية من الشحنات الكهروستاتيكية. وقد تكون العدسة المكبرة أداة مفيدة يمكن استخدامها في الاختبار.

من المهم في أثناء إجراء الفحص البصري أن تستخدم جميع حواسك. وتحقق من وجود أي مكونات محترقة أو تغير في اللون، يمكنك استخدام حاسة الشم. استخدم حاسة اللمس للتحقق من وجود أي وصلات غير محكمة. وتحقق كذلك من وجود أضرار مادية مثل التشققات أو الخدوش.

طرق تتبع الإشارات

تتضمن عملية **تتبع الإشارات** مقارنة الإشارات مع قيمها المتوقعة في أثناء مرورها عبر النظام.

تقنية من الدخل إلى الخرج

خذ قياسات بدءًا من الدخل باتجاه الخرج. وتحقق من صحة الإشارات إلى أن تجد العطل. وعندها، ستعرف أي جزء من الدائرة يحتاج إلى مزيد من الفحص.

المصطلحات الرئيسة

الفحص البصري - الخطوة الأولى في البحث عن أعطال دائرة إلكترونية.

تتبع الإشارات - مقارنة الإشارات مع قيمها المتوقعة في أثناء مرورها عبر النظام.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 240 24/06/2025 06:06:32 ص

تقنية من الخرج إلى الدخل

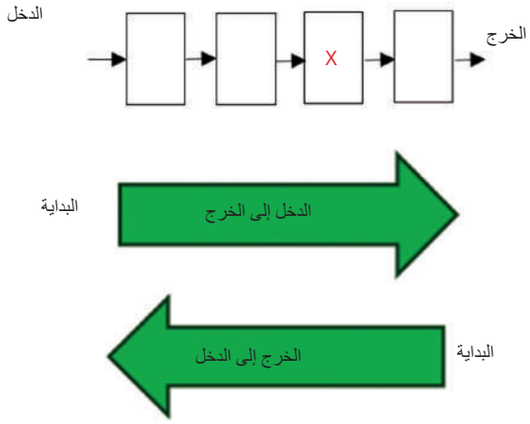
تشبه الطريقة الأولى، بيد أن القياسات تبدأ من الخرج وتتحرك باتجاه الدخل.

تقنية الانقسام النصفي

تشبه طريقة الانقسام النصفي الطريقتين الأخريين، الفرق أنك تبدأ القياس عند منتصف الدائرة.

- إذا كانت الإشارة في منتصف الدائرة صحيحة، فإن كل شيء قبل هذه النقطة يعمل بشكلٍ جيد. وعليه، نفذ الاختبار الثاني باتجاه الخرج.
- إذا كانت الإشارة في منتصف الدائرة معيبة أو مفقودة، يكون العطل موجودًا في الجزء الأول من النظام. وعليه، نفذ الاختبارات باتجاه الدخل.

في كل مرة تجري فيها اختبارًا، قسّم النظام المتبقي إلى نصفين وابدأ الاختبار من نقطة المنتصف.



الشكل 23.70 يمكن تتبع الإشارة من الدخل إلى الخرج أو الخرج إلى الدخل.

إذا كانت الدائرة معقدة، استخدم تقنية الانقسام النصفي. تحدد طريقة الانقسام النصفي العطل بأقل عدد ممكن من الاختبارات. ويوضح الشكل 23.70 كيفية تحديد موقع العطل في نظام يحتوي على أربعة أنظمة فرعية. تحدد طريقة تتبع الإشارات النظام الفرعي الذي يحتوي على العطل. ويمكنك استبدال الوحدة بأكملها أو إجراء مزيد من الفحوصات للعثور على المكون التالف.

استبدال المكونات

إذا كنت تشتبه في وجود عطل في أحد المكونات، يمكنك استبداله بمكون جديد سليم. على سبيل المثال، إذا اشتبهت من خلال الفحص البصري أن المكثف تالف، استبدله بآخر جديد، ثمّ تحقق من عمل الدائرة.

تقنية المؤشر إلى السبب

تركز الخطوتان 1 و2 من طريقة النقاط الست على جمع المعلومات وتحليلها، بما في ذلك تحديد مؤشرات العطل. يمكن استخدام الأعراض لتحديد الأسباب المحتملة للعطل. على سبيل المثال، إذا كان التلفاز يعرض الصور ولكن دون صوت، يمكنك استنتاج أن نظام الفيديو يعمل وأن العطل موجود في نظام الصوت.

يُعد مخطط السبب والأثر (مخطط عظم السمكة) طريقة مفيدة لتحديد السبب الجذري للمشكلة. ابتكر هذه الطريقة أستاذ علم الهندسة الياباني كاورو إيشيكاوا. ويقدم المخطط وسيلة مرئية لفريق العمل لتحديد الأسباب المحتملة من خلال رسم خريطة ذهنية.

يمكنك تطبيق ما تعلمته عندما تواجه نفس المؤشرات في المستقبل.

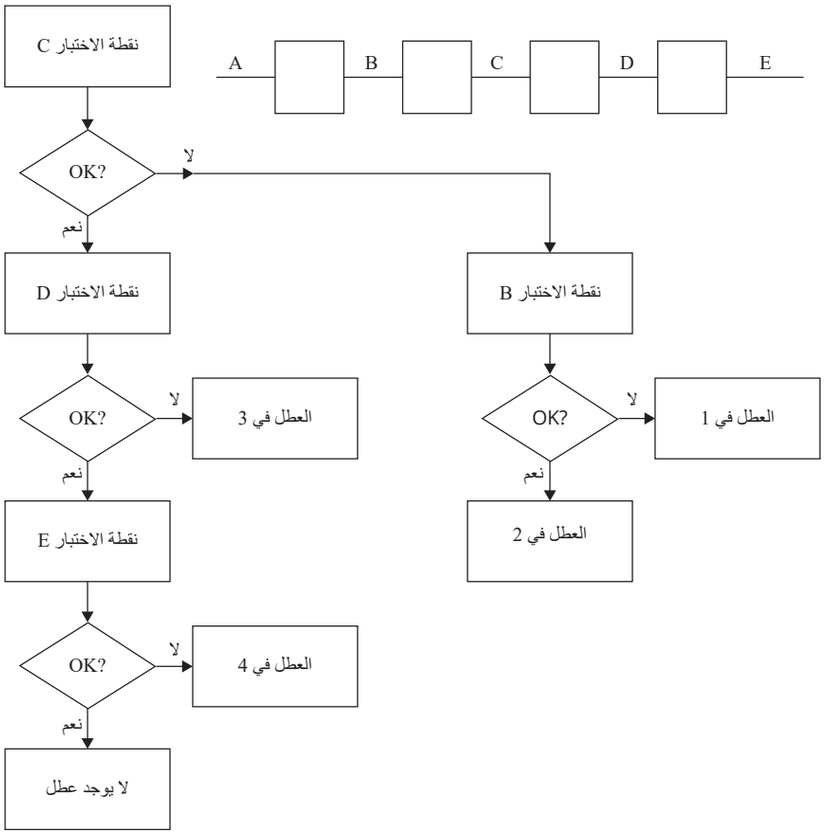
ويوضح الشكل 23.71 مخطط عظم سمكة مبسط لتوضيح العملية. حيث يشير رأس السمكة إلى المؤشر، بينما تشير "العظام" الخارجة من العمود الفقري إلى الأسباب المحتملة. فكل "عظمة" تمثل نوعًا (فئة) من الأسباب.

يمكن لنموذج بسيط أن يساعدك على استخدام طريقة الأسئلة الخمسة عن السبب "لماذا".

الجدول 23.28 نموذج لطريقة الأسئلة الخمسة عن السبب "لماذا" (مع سؤال "كيف").

اذكر المشكلة	
ما سببها؟	
ما سببها؟	
ما سببها؟	
ما سببها؟	

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 241 24/06/2025 06:06:33 ص



ما سببها؟	
كيفية تصحيح المشكلة	

الشكل 23.71 طريقة الانقسام النصفي.

النهج التنازلي والنهج التصاعدي

يُعد النهج التنازلي والنهج التصاعدي مفيدان عند البحث عن الأعطال في الأنظمة المعقدة.

دراسة حالة

المؤشرات: مقابس الطاقة في المكتب لا تعمل.

طُلب فني صيانة لتحديد العطل وتصحيحه.

استدعى الفني جميع الموظفين العاملين في المكتب للتحقيق في السبب.

اقترح الفريق أسباب عدم عمل المقابس.

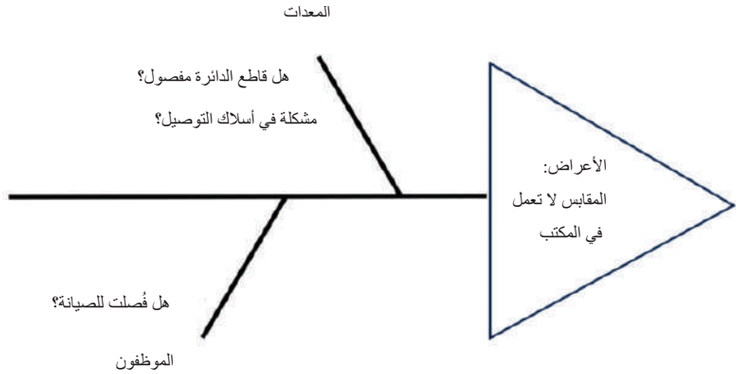
حدد أعضاء الفريق سببين محتملين:

أ) المعدات معطلة

ب) خطأ ارتكبه أحد الموظفين.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 242 24/06/2025 06:06:33 ص

رسم أحد أعضاء الفريق الفئات على مخطط عظم السمكة الموضح في الشكل 23.71.



الشكل 23.72 مخطط إيشيكاوا (عظم السمكة).

تبادل أعضاء الفريق الأفكار حول الأسباب المحتملة لكل حالة.

بدأوا بالتفكير في المعدات.

اقترح أحدهم احتمالية تعطل قاطع الدائرة الكهربائية.

فحص فني الصيانة وحدة المستهلك ووجد أن قواطع الدائرة المصغرة المركزية لمقابس المكتب قد تعطلت.

ثم طرح الفريق المزيد من الأسئلة.

لماذا تعطّل قاطع الدائرة الكهربائية؟

هل انقطعت الكهرباء عند تشغيل جهاز؟

اتفق الجميع على أن الكهرباء استمرت في العمل عند تشغيل جميع الأجهزة في المكتب.

هل شغل أي شخص أجهزة أخرى عندما انقطعت الكهرباء؟

قال أحد العاملين إنه كان يشعر بالبرد ووصّل سخان جَلَبه من منزله.

فصل فني الصيانة السخان ثم أعاد ضبط القاطع.

وعادت الدائرة للعمل. ربما وجد الفريق السبب الجذري.

خطوة بخطوة

توجد طريقة أخرى للعثور على السبب الجذري للمشكلة تُعرف باسم "الأسباب الخمسة". وتُعد هذه الطريقة جزء من نظام إنتاج تويوتا (TPS)، وهو أحد الأنظمة الشائعة المستخدمة في "الهندسة المرنة". تُستخدم هذه الطريقة بشكل أفضل عند العمل كفريق.

الفكرة بسيطة وسهلة الاستخدام.

الخطوة 1 *ما* الخطأ؟ هذه الخطوة تهدف لتحديد المشكلة لجميع أفراد الفريق.

على سبيل المثال، المقابس الكهربائية في المكتب لا تعمل.

الخطوة 2 لماذا؟ *(ما قد يكون السبب؟)*

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 243 24/06/2025 06:06:33 ص

الخطوة 3 اقترح سببًا محتملًا. على سبيل المثال، لا توجد كهرباء في المقابس.

الخطوة 4 اسأل *لماذا*؟ مرة أخرى.

الخطوة 5 اقترح إجابة. إذا لم تؤدي الإجابة إلى السبب الجذري، فاسأل "*لماذا*؟" مرة أخرى. كرر العملية حتى تحدد السبب الجذري.

الخطوة 6 عندما تقرر أنك قد وجدت السبب الجذري للمشكلة، يمكنك تحديد *كيفية* تصحيحه.

اسم "الأسباب الخمسة" لا يعني أنه يجب عليك التوقف بعد 5 أسئلة. إنه فقط يشير إلى أن العديد من المشكلات قد يمكن حلها قبل الوصول إلى 5 أسئلة. كما يشير أيضًا إلى أنك قد لا تطرح الأسئلة الصحيحة، لذا فكر مرة أخرى. كلما زادت الخبرة التي تتمتع بها في حل المشكلات، زادت احتمالية نجاحك.

يبدأ النهج التنازلي من المستوى الأعلى في هيكل التصميم، ثم ينتقل من نظرة شاملة للنظام بأكمله إلى مستوى المكونات الفردية.

يبدأ النهج التصاعدي من أدنى مستوى، وهو مستوى المكونات الفردية، ويتجه صعودًا إلى المستوى الأعلى الذي يمثل النظرة الشاملة للنظام.

عزل الوحدة والمكونات

عند اكتشاف الأعطال في نظام معقد، لا يمكن ضمان عدم وجود أكثر من عطل واحد. ولذا، من الأفضل عزل الأنظمة الفرعية بحيث لا تؤثر على عمل جزء آخر من النظام في أثناء الاختبار.

يمكن استخدام محول عزل عند عزل قطعة من المعدات عن مصدر جهد التيار المتردد. يتميز محول العزل بعدم وجود اتصال مباشر بين الملف الابتدائي والملف الثانوي، ما يحمي من التعرض لصدمات كهربائية نتيجة ملامسة مستويات الجهد الخطرة في أثناء إجراء القياسات

على سبيل المثال، في دائرة مضخم ترانزستور من مرحلتين، يُستخدم مكثف لفصل خرج المرحلة الأولى عن دخل المرحلة الثانية، ما يسمح للإشارة بالمرور مع الحفاظ على مستويات جهد التيار المستمر (DC) الصحيحة. ويمكن استخدام نفس المبدأ عند إدخال إشارة إلى نقطة اختبار.

يعتبر عزل الوحدات تقنية مفيدة في الأنظمة المعقدة. إذا حددت أن العطل ربما يكون في وحدة معينة باستخدام طريقة "المؤشر إلى السبب"، فمن المنطقي عزل تلك الوحدة واختبارها بشكلٍ منفصل بدلًا من فحص النظام بأكمله.

يمكن أيضًا استخدام تقنيات العزل في الأنظمة الرقمية. على سبيل المثال، إذا كنت تبحث عن عطل في نظام إشارات المرور الموضح في الشكل 23.55 واشتبهت في أن العطل في وحدة العداد، فقد تقرر عزل وحدة الساعة عن دخل العداد لإدخال إشارة موجة مربعة معروفة لاختبار وحدة العداد. فإذا كانت وحدة العدّاد تعمل بشكلٍ صحيح، يمكنك اختبار وحدة الساعة بشكلٍ منفصل. كما يمكنك عزل إخراجات العدّاد عن وحدة المشفر لاختبار تشغيل البوابات المنطقية باستخدام مجموعات بيانات مخططة من مولد الكلمات.

تقرير اكتشاف/إصلاح الأعطال

من الضروري إعداد تقرير لاكتشاف/إصلاح الأعطال لكل نشاط يجري تنفيذه. يُشكل تقرير الأعطال جزءًا من عملية يمكنها تحديد المشكلات في بدايتها قبل أن تصبح كبيرة. وتساعد تقارير الأعطال على تسليط الضوء على المشكلات المتعلقة بالسلامة وتساعد المنظمات على الامتثال للوائح السلامة.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 244 24/06/2025 06:06:33 ص

يجب أن تكون إجراءات إعداد تقارير الأعطال سهلة الاستخدام. وبالتالي، ينبغي أن يكون هناك نظام مركزي يسهل الوصول إليه. ويمكن للأنظمة الرقمية تسهيل تحليل تقارير الأعطال. فالأنظمة التي تستخدم الذكاء الاصطناعي تُسهل تقديم التعقيبات والتواصل مع الآخرين الذين قد يستفيدون من هذه المعرفة.

يوضح الشكل 23.72 نموذجًا بسيطًا لتقرير أعطال نموذجي، يحتوي على معلومات أساسية مثل من أبلغ عن العطل ومتى أُبلغ عنه، والجهاز قيد الاختبار والمؤشرات التي أُبلغ عنها. وتتيح هذه المعلومات التواصل مع الشخص للحصول على معلومات إضافية إذا لزم الأمر، وتقديم التعقيبات للعميل أو الآخرين بنتائج الفحص.

يتضمن النموذج أيضًا تحديد معدات الاختبار المستخدمة، وهو أمر مهم لتتبع العمليات. فالتتبع يتيح لشخص آخر إجراء نفس الاختبارات باستخدام نفس المعدات والأدوات. ويمكن للنظام عبر الإنترنت تذكيرك بإدخال المعلومات ذات الصلة.

خطوة بخطوة

تشمل الخطوات المتبعة في نظام تقرير الأعطال عادة ما يأتي:

1 تحليل المعلومات من الشخص الذي أبلغ عن العطل.

2 وضع خطة باستخدام التقنيات الموضحة.

3 العثور على العطل باستخدام الخطة.

4 إتمام تقرير أعطال قياسي، في إحدى الصور الآتية:

أ. نموذج ورقي/دفتر سجل

ب. نموذج إلكتروني، يمكن أن يتضمن صورًا رقمية أو لقطات شاشة أو ما شابه.

5 تحليل البيانات من التقرير لتحديد الأنماط في الأعطال، والاتجاهات، والمشكلات المتكررة، والتي يمكن أن تكون مفيدة في ربط المؤشرات بالسبب وتحديد الأولويات في ما يتعلق بالسلامة والأهمية.

6 مشاركة الملاحظات مع مستخدمي النظام الآخرين.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 245 24/06/2025 06:06:33 ص

.PED Ltd	نموذج تقرير الأعطال		.PED Ltd
معرف المعدات		أعد التقرير	
تقرير إلى		التاريخ	
الأعراض الأولية			

معدات الاختبار المستخدمة	نعم/لا	الرقم التسلسلي	معدات الاختبار المستخدمة	نعم/لا	الرقم التسلسلي
مزود طاقة بتيار مستمر			مزود طاقة بتيار متناوب		
ملتيميتر			مولد إشارة		
راسم الذبذبات					
الاختبار النتيجة الخاتمة					
سبب العطل					
الإصلاح المقترح					
وقّعه					
التاريخ					

الشكل 23.73 نموذج تقرير الأعطال.

تشخيص الأعطال في الأنظمة الإلكترونية التناظرية والرقمية والمختلطة

ممارسات العمل الآمن

موضوعات ذات صلة

يمكنك العثور على مزيد من الأمثلة عن قياس الأنظمة الإلكترونية واختبارها في: **الوحدة 19: الأجهزة والدوائر الإلكترونية، الوحدة 20: الدوائر الإلكترونية التناظرية والوحدة 21: القياس والاختبار الإلكتروني للدوائر**.

عند اكتشاف الأعطال في الدوائر الإلكترونية، يجب عليك دائمًا:

- التصرف بمسؤولية
- استخدام المعدات بشكلٍ صحيح وللغرض المخصص لها
- تنفيذ المهام المطلوبة بأمان وبمعايير جيدة، مع التزام جميع إجراءات وتوجيهات السلامة الضرورية
- إظهار مستوى جيد من تنظيم وترتيب بيئة العمل.

المصطلح الرئيس

مصادر الخطر - الأشياء التي يمكن أن تسبب الضرر.

مصادر الخطر

من الأهمية بمكان حماية نفسك والأشخاص المحيطين بك من **مصادر الخطر** عند بناء الدوائر الكهربائية والإلكترونية. يسرد الجدول 23.29 بعض مصادر الخطر التي قد يجري تحديدها عند اختبار الدوائر الإلكترونية:

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 246 24/06/2025 06:06:33 ص

الجدول 23.29 بعض مصادر الخطر عند اختبار الدوائر الإلكترونية

مصدر الخطر	المثال
الحواف الحادة	الجروح والإصابات الناتجة عن الحواف الحادة، مثل الحافة المقطوعة لقطعة من لوحة الدائرة.
الكهرباء	قد تتعرض لصدمة كهربائية نتيجة التلامس المباشر مع سلك موصل بالكهرباء، أو قد تُصاب بحروق بسبب الصدمة الكهربائية.
الحرائق والانفجارات	يمكن أن تؤدي الأسلاك التالفة أو التحميل الزائد على الدائرة إلى نشوب حريق. وقد يتسبب الحريق في انفجار مادة قابلة للاشتعال.
الطاقة المخزنة	قد تتعرض للأذى بسبب الطاقة المخزنة في المكونات مثل المكثفات، التي تخزن الطاقة الكهربائية. وقد تصاب بصدمة كهربائية إذا حاولت إزالة مكثف مشحون من الدائرة.

المخاطر

المصطلح الرئيس

الخطر - مقياس لمدى احتمالية حدوث الضرر من مصدر الخطر.

الخطر هو مقياس لمدى احتمالية حدوث الضرر من مصدر الخطر، وهو أيضًا مقياس لمدى خطورة الضرر الناتج. عند تقييم الخطر، يجب عليك التفكير في النقاط الآتية:

- احتمالية التعرض للخطر - على سبيل المثال، هل ستتعرض للخطر عدة مرات في اليوم، أم مرة أسبوعيًّا، أم مرة سنويًّا؟
- طبيعة التعرض - على سبيل المثال، استنشاق الأبخرة أو عن طريق التلامس.
- مدى خطورة التأثيرات: على سبيل المثال، قد يسبب التلامس مع مادة كيميائية طفحًا جلديًّا طفيفًا، أو مرضًا خطيرًا، أو حتى الوفاة.

يحدد تقييم المخاطر مصادر الخطر الموجودة حاليًّا في مكان العمل. ويحدد مصادر الخطر في مكان العمل التي من المحتمل أن تسبب ضررًا للموظفين والزوار. لإعداد تقييم مخاطر، يتعين عليك التفكير في المسائل الآتية:

- **ما مصادر الخطر الموجودة؟** على سبيل المثال، السلامة الكهربائية، السلامة من الحرائق، المناولة اليدوية، المواد الخطرة
- **ما المخاطر التي تشكلها مصادر الخطر؟** على سبيل المثال، الجروح والكدمات والحروق وتلف الجلد أو العينين وإصابات الإجهاد المتكررة والأمراض المعدية
- **ما مدى خطورة المخاطر؟** على سبيل المثال، إصابة كبيرة/طفيفة، طويلة الأمد/قصيرة الأمد
- **من المعرضين للخطر؟** على سبيل المثال، الشخص الذي ينفذ المهمة، والأشخاص الموجودين في منطقة العمل
- **كيف تُدار المخاطر حاليًّا؟ هل الضوابط كافية للسماح بالعمل الآمن؟** على سبيل المثال، عمليات التشغيل الآمنة (SOPs)، والاستخدام الآمن لمعدات الحماية الشخصية (PPE)
- **كم مرة تُراجع تقييمات المخاطر وتُحدّث؟**

عادةً ما تُكتب عبارة "تقييم المخاطر" في نموذج قياسي.

يعرض الشكل 23.74 نموذجًا قياسيًّا لتقييم المخاطر. ويسمح النموذج الإلكتروني بتوسيع الحقول لإدخال النص.

نموذج تقييم المخاطر

المهمة/النشاط							
الرقم المرجعي		المقيّم		التاريخ		تاريخ المراجعة	

تاريخ الإتمام	نقاء	الضوابط الإضافية المطلوبة	المخاطر = (الاحتمالية × الشدة) المخاطر	شدة الخطورة (S)	المستوى	الضوابط الحالية	المتأثرون	مصادر الخطر

— من —	الصفحة		التاريخ		التوقيع		اعتمده

الشكل 22.74 نموذج تقييم مخاطر قياسي.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 247 24/06/2025 06:06:33 ص

تدابير الرقابة

يجب أن تتوافق جميع تدابير الرقابة والتحكم المدرجة في تقييم المخاطر مع لوائح الصحة والسلامة المهنية الوطنية ومدونات الممارسات المعتمدة.

الجدول 23.30 مثال على تدابير الرقابة والتحكم لخطر محدد

الخطر	تدابير الرقابة
صدمة كهربائية من المعدات والكابلات	يجب اختبار الأجهزة المحمولة بانتظام. وتحقق من صلاحية شهادة الاختبار. وتأكد من عدم وجود تلف في المعدات أو الكابلات أو الموصلات قبل الاستخدام، وأبلغ عن أي تلف موجود. وبعدها تحقق من المعدات بعد الاستخدام، وخزنها بأمان.

الاستخدام الآمن للمعدات الكهربائية

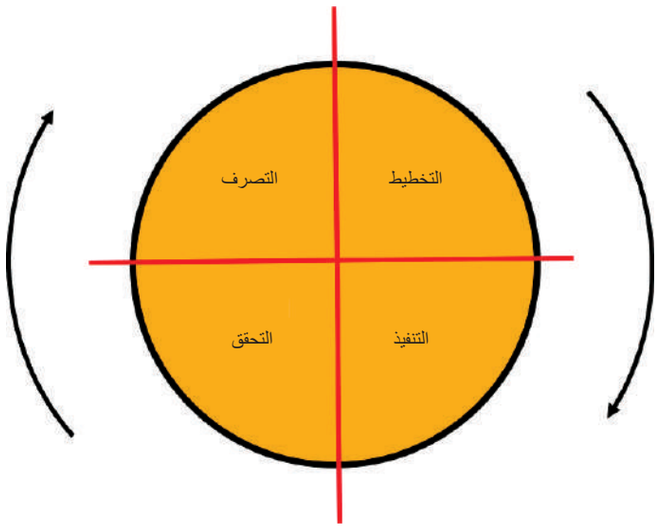
يجب إجراء فحص بصري لجميع أنواع المعدات للكشف عن أي تلف قبل استخدامها. وتحقق من الكابلات والموصلات، وينبغي لك إبلاغ معلمك/مشرفك عن أي تلف. ولا تقم أبدًا بإعادة المعدات التالفة إلى مكان تخزينها.

تُعتبر المعدات الموصلة بمصدر طاقة عن طريق مقبس معدات محمولة. وتتصل هذه المعدات بمصدر التيار المتردد (AC). يجب اختبار الأجهزة المحمولة بانتظام. ويعتمد تكرار الفحص على نوع الاستخدام. وينبغي اختبار المعدات التي تُستخدم بكثافة أو من قبل أشخاص مختلفين بشكلٍ أكثر تكرارًا. وينبغي أن تحتوي الأجهزة المحمولة دائمًا على ملصق اختبار يتضمن تفاصيل حول القائم باختبارها وتاريخ الاختبار

تطبيق خطة تحديد موضع العطل

يُستخدم نموذج "التخطيط-التنفيذ-التحقق-التصرف" (PDCA) على نطاق واسع في الأعمال لتحقيق التحسين المستمر. ويُطلق عليه أحيانًا اسم دورة ديمينغ (أو عجلة ديمينغ) نسبةً إلى الدكتور دبليو إدواردز ديمينغ. كما يُسمى أيضًا دورة شيوهارت نسبةً إلى والتر شيوهارت، مرشد دكتور ديمينغ. كانت طريقة شوهارت تُعرف في الأصل باسم PDSA، حيث تشير S إلى "الدراسة". وهذه الطريقة مناسبة لاكتشاف الأعطال.

ينطبق كل من مخطط إيشيكاوا وطريقة الأسئلة الخمسة عن السبب "لماذا" على مفهوم "التخطيط-التنفيذ-التحقق-التصرف".



الشكل 23.75 دورة "التخطيط-التنفيذ-التحقق-التصرف".

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 248 24/06/2025 06:06:33 ص

التخطيط

الحصول على أكبر قدر ممكن من المعلومات حول النظام قيد الاختبار. على سبيل المثال:

- الرسومات ذات الصلة
  - مخططات الكتلة
  - الهيكل الهرمي
  - مخططات أسلاك الدوائر
- نشرات البيانات الصادرة عن الشركة المصنعة
- القيم المتوقعة للإشارات والأشكال الموجية عند نقاط الاختبار للأنظمة التناظرية
- جداول الحقيقة وجدول الدوال للأنظمة الرقمية
- تقارير الأعطال السابقة للنظام قيد الاختبار.

إعداد خطة اختبار. على سبيل المثال:

- تحديد الإستراتيجية التي ستستخدمها
  - النهج التنازلي
  - النهج التصاعدي
  - تقنية المؤشر إلى السبب
  - الدخل إلى الخرج
  - الخرج إلى الدخل
  - الانقسام النصفي
- تحديد بيانات الاختبار المناسبة، مثل
  - جهد الإمداد
  - إشارة الدخل التناظرية
    - النوع
      - موجة جيبية
      - موجة مربعة
    - التردد
    - السعة
  - إشارة دخل رقمية
    - بيانات اختبار إدخال المنطق التوافقي
    - بيانات اختبار إدخال المنطق التسلسلي
- تحديد الإخراجات المتوقعة لبيانات الاختبار.

التنفيذ

- نفذ خطة الاختبار الخاصة بك.
- وثق جميع الاختبارات التي أجريتها ونتائجها.
- مارس العمل بشكلٍ منطقي.

التحقق

- تحقق من نتائجك مقابل القيم المتوقعة.
- قيّم نتائجك في أثناء تقدمك.

التصرف

هل حددت السبب الجذري للعطل؟

- إذا كنت حددته، أكمل تقرير العطل الخاص بك.
- إذا لم تحدده، استخدم التقييم الخاص بك للتخطيط لخطواتك التالية.

كرر دورة "التخطيط-التنفيذ-التحقق-التصرف" حتى تحدد العطل.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 249 24/06/2025 06:06:34 ص

تطبيق النظرية

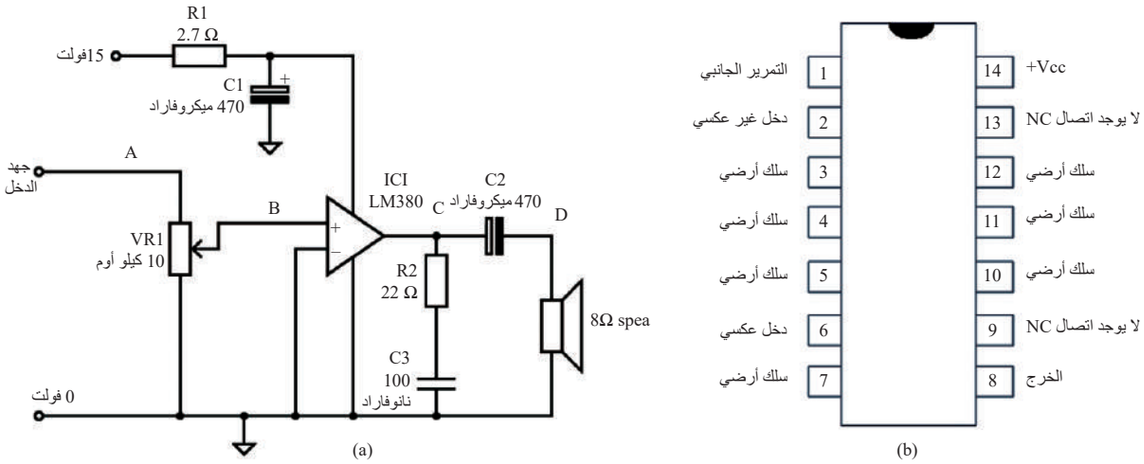
أحضر أحد العملاء مكبر صوت جيتار تدريبي إلى ورشة الإلكترونيات لأنه لم يكن يعمل. وقد أكمل نموذج تقرير العميل، وكتب فيه:

"يضيء مصباح المؤشر عند تشغيل المكبر، ولا يصدر أي صوت عند توصيل الجيتار وعزف مقطوعة".

فحص الفني حنيف تقرير العميل للبحث عن دلائل على السبب المحتمل للعطل.

كانت الدلالة الأولى إضاءة مصباح المؤشر عند تشغيل الجيتار. ومن هذا استنتج حنيف أن مزوّد الطاقة كان يعمل.

راجع حنيف سجلاته لكنه اكتشف أنه لم يعمل على نظام مشابه من قبل. أجرى حنيف بحثًا على الإنترنت للعثور على مخطط لدائرة المكبر. وبحث أيضًا عن ورقة البيانات الصادرة عن الشركة المصنعة للدائرة المتكاملة LM380، كما هو موضح في الشكل 23.75.



الشكل 23.76 الرسم التخطيطي لمكبر صوت الجيتار.

وضع حنيف خطة لاكتشاف العطل. قرر استخدام:

- طريقة الانقسام النصفي على لوحة دائرة المكبر
- مزوّد طاقة احتياطي لتوفير جهد الإمداد +15 فولت (كان يعتقد أن مزوّد الطاقة للنظام يعمل ولكنه تمكن من أخذ لوحة الدوائر المطبوعة من الخزانة لاختبارها)
- ملتيميتر لقياس جهد الإمداد على أسنان إمداد الجهد في الدائرة المتكاملة
- مولد إشارة لتوليد إشارة موجة جيبية في نطاق الترددات الصوتية
- راسم ذبذبات لمراقبة الإشارات.

توقع حنيف رؤية نسخة مكبرة من إشارة الدخل عند نقاط الاختبار C وD.

لاحظ حنيف الرقم التسلسلي للمكبر وأرفق تقرير العميل بنموذج تقرير العطل. وسجل الأرقام التسلسلية للأدوات التي خطط لاستخدامها.

وصَّل حنيف لوحة الدوائر المطبوعة الخاصة بالمكبر إلى مزود الطاقة على الطاولة بجهد مستمر قدره +15 فولت.

وأشار في التقرير إلى أنه ضبط الملتيميتر لقياس جهد التيار المستمر بين السنين 14 و7 (جهد الإمداد الإيجابي والأرضي) في الدائرة المتكاملة.

سجل الملتيميتر فرق جهد قدره +15 فولت.

وقد كانت هذه النتيجة متوقعة.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 250 24/06/2025 06:06:34 ص

ضبط حنيف إشارة خرج مولد الإشارة على سعة 10 مللي فولت وتردد 1 كيلو هرتز، باستخدام راسم الذبذبات للتحقق من القيم. وصَّل إشارة الاختبار من مولد الإشارة بمقبس دخل الإشارة على لوحة الدوائر المطبوعة (نقطة الاختبار A). وصَّل مجس الذبذبات بنقطة الاختبار A والدخل 1 من راسم الذبذبات. ووصَّل أيضًا مجس راسم الذبذبات الثاني من نقطة الاختبار C إلى الدخل 2.

وأشار في التقرير إلى أن شكل موجة الخرج على شاشة راسم الذبذبات كان نسخة مكبرة من إشارة الدخل. وأرفق صورة لشاشة راسم الذبذبات بالتقرير.

وخلص إلى أن الدائرة المتكاملة للمكبر تعمل بشكل صحيح.

ثم أزال حنيف مجس راسم الذبذبات الثاني من نقطة الاختبار C وربطه بنقطة الاختبار D.

كان الشكل الموجي على شاشة راسم الذبذبات عبارة عن خط مسطح. دوَّن النتيجة في التقرير وأرفق لقطة شاشة أخرى. وخلص إلى وجود دائرة مفتوحة بين نقطتي الاختبار C وD.

فحص حنيف مخطط الدائرة. فرأى أن المكون الوحيد بين نقطتي الاختبار C وD هو المكثف C2.

استخدم حنيف جهاز ملتيميتر مضبوط للمقاومة لاختبار المكثف.

أعطى جهاز الملتيميتر قراءة OL (دائرة مفتوحة).

فقام بعكس أسلاك التوصيل.

أعطى جهاز الملتيميتر قراءة OL (دائرة مفتوحة).

دوَّن النتائج وخلص إلى أن المكثف كان عبارة عن دائرة مفتوحة.

وأوصى حنيف بإزالة المكثف واستبداله بآخر جديد.

أكد حنيف استنتاجه بإغلاق الدائرة. فصل أحد أسلاك المكثف عن الدائرة ووصل مكثف جديد في مكانه.

كرَّر القياس عند نقطة الاختبار D فوجد أن راسم الذبذبات يعرض شكل الموجة المتوقع.

سجَّل حنيف تفاصيل جميع الاختبارات التي أجراها ونتائجها مقارنة بالقيم المتوقعة. وحدَّد السبب الجذري للمشكلة بأن مكثف C2 كان في حالة دائرة مفتوحة.

فكِّر مليًّا

قدم هذا الجزء من الوحدة العديد من الأفكار والتطبيقات الجديدة.

أحد العوامل الرئيسة التي يجب مراعاتها هي كيفية مساعدة معرفتك بالإلكترونيات على تخطيط تمارين تحديد الأعطال وتنفيذها في الدوائر التناظرية والرقمية والمختلطة.

يساعدك الاحتفاظ بسجلات دقيقة على تعرف مؤشرات الأعطال النموذجية في الأنظمة، ما يزيد من كفاءتك وفعاليتك.

كيف ستستخدم المعرفة والمهارات التي تعلمتها في المستقبل؟

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 251 24/06/2025 06:06:34 ص

المهارات

- حل المشكلات
- الاستدلال المنطقي/الحجة
- القدرة على التكيف
- الاهتمام الفكري والفضول
- التوجيه الذاتي
- المسؤولية
- المثابرة
- التواصل
- العمل الجماعي
- التعاون
- المسؤولية

تمرين تقييمي 23.3 C.P6, C.P7, C.M4, C.M5 C.D3

أجر عمليات اكتشاف الأعطال والإصلاحات بشكل مستقل على نوع الدوائر التي فحصتها.

أ) حدد خصائص وتطبيقات خمس تقنيات على الأقل لاكتشاف الأعطال وكيفية استخدام أدوات اكتشاف الأعطال لتبسيط هذه العملية.

ب) استخدم البيانات التي حصلت عليها في الواجب 2، (أو التي زودك بها المشرف/المُقيّم)، إضافة إلى الموارد الأخرى مثل أدوات اكتشاف الأعطال، وذلك لوضع خطة اختبار خاصة بعملية اكتشاف الأعطال لكل دائرة من الدوائر المقدمة.

ج) استخدم خطط اختبار تحديد الأعطال الخاصة بك لتحديد عطل واحد في كل نوع من الأنظمة الثلاثة.

د) سجل النتائج التي توصلت إليها خطوة بخطوة في نموذج تقرير اكتشاف الأعطال الموحد.

اجمع كافة الموارد وسجلات اكتشاف الأخطاء في حافظة أدلة.

أعد سجل لتسجيل اكتشاف الأعطال في الأنظمة الإلكترونية التناظرية والرقمية والمختلطة ذات العطل الواحد. يجب أن تتضمن الأدلة مخططات الكتلة وخطط اكتشاف الأعطال التي تحدد التقنيات واختيار الأجهزة ونقاط الاختبار وتقارير الاختبار والنتائج والاستنتاجات.

التخطيط

- ما المهمة المطلوبة؟ ما المطلوب مني؟
- ما الأدوات ومعدات السلامة التي سأحتاج إليها لتنفيذ المهمة؟
- ما مدى ثقتي في قدراتي على استخدام الأدوات؟ هل ثمة أي جوانب قد أواجه صعوبة فيها؟

التنفيذ

- أعرف ما أفعله وما أهدف إلى تحقيقه.
- يمكنني تحديد أجزاء المهمة التي أجدها أكثر صعوبة ووضع إستراتيجية للتغلب على تلك الصعوبات.

المراجعة

- يمكنني شرح كيفية تقدم المهمة وأي تغييرات كان عليّ إجراؤها في أثناء العمل.
- يمكنني أن أشرح المنهجية التي سأتبعها عند التعامل مع أي مشكلات بشكل مختلف في المستقبل.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 252 24/06/2025 06:06:34 ص

فكِّر في المستقبل

أسد محمد

مهندس تصميم

انضممت إلى الشركة بصفتي فني إنتاج، حيث كنت أعمل على تصنيع أجزاء تُستخدم في معدات أشعة إكس عالية التقنية. تُستخدم هذه المعدات في صناعة أشباه الموصلات لاختبار رقائق أشباه الموصلات للكشف عن الرقائق المعيبة في أثناء تصنيعها.

من خلال تطوير معرفتي بالنظام، طُلب مني تولي دور في الدعم الفني، حيث كنت أعمل مع مهندسي الخدمة الميدانية لحل المشكلات التي تواجه أنظمة العملاء. قمتُ ببعض هذه المهام عن بُعد من مقر عملي، كما أُتيحت لي الفرصة لإجراء زيارات ميدانية إلى مصانع أشباه الموصلات (مصانع التصنيع) حول العالم.

واصلتُ تطوير فهمي لميكانيكا الأنظمة، كما تعلمت التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD). وقد مكّنني ذلك من الانتقال إلى وظيفة مهندس تصميم ميكانيكي. وأنا الآن أطور أنظمة ميكانيكية عالية الدقة لاستخدامها في المصانع حول العالم.

تركيز مهاراتك

يحتاج المهندس المحترف إلى أكثر من المعرفة والمهارات التقنية لتطوير مسار مهني ناجح. ما هذه المهارات؟

- بصفتك مهندسًا، يجب أن تكون قادرًا على حل المشكلات. حيث يجب عليك تطوير المهارات لتفسير مجموعة كبيرة من المعلومات وتطبيق الإبداع والابتكار للوصول إلى الحلول.
- يجب أن تتحلى بالفضول الفكري والاستعداد لتعلم أشياء جديدة باستمرار. فكر، على سبيل المثال، في مدى سرعة تأثير الذكاء الاصطناعي (AI) في الصناعة والحياة اليومية في السنوات القليلة الماضية. يحتاج المتدرب اليوم إلى الاستعداد لتطوير مهارات التفكير الناقد والتحليل حتى يتمكن من البقاء في الطليعة.
- يجب عليك اكتساب أخلاقيات عمل جيدة. وهذا يشمل تحمل المسؤولية عن عملك والتطوير الشخصي. المثابرة ومراعاة الضمير من السمات الرئيسة للمهندس.
- غالبًا ما يعمل المهندسون في فرق مع أشخاص لديهم معارف ومهارات متنوعة. ومِن ثم، ستحتاج إلى تطوير مهارات التعاون والتواصل للعمل مع العملاء وزملاء العمل. قد يتمتع بعض الأشخاص الذين تعمل معهم بخبرة أكثر منك؛ والبعض الآخر بخبرة أقل. ومِن ثم، تحتاج إلى تطوير التعاطف لفهم موقفهم والعمل بفعالية معهم.
- يجب أن يكون المهندسون على دراية بالآثار الاجتماعية والبيئية لعملهم. ومن المهم أن يتعلموا العمل بشكل أخلاقي ونزاهة.
- ومع تقدمك في حياتك المهنية، ستحتاج إلى تطوير مهارات القيادة والإدارة لدعم فريقك.

XXXX-3 Engineering Unit 23_R2_AR.indd 253 24/06/2025 06:06:35 ص

تعرُّف الوحدة

في هذه الوحدة، ستدرس استخدام المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة وتطبيقاتها، والأجهزة والبرمجيات التي تدخل في تكوين نظام التحكم في المتحكم المنطقي القابل للبرمجة المستخدم في الصناعة، والتفاعل المطلوب بين الأجزاء المكونة. وتكتسب المعرفة بأنواع المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة المتاحة وكيفية اختيار النوع المناسب والأجهزة المرتبطة به من أجل استخدام معين. وستكتسب المعارف والمهارات العملية الأساسية لتكوين المتحكم المنطقي القابل للبرمجة وبرمجته واستكشاف أنواع التعليمات من خلال كتابة برامج قصيرة. وستكتسب المعرفة والمهارات المتعلقة بطرق اكتشاف الأعطال وتصحيح الأخطاء. ستُظهِر معرفتك ومهاراتك بتطوير نظام متحكم منطقي قابل للبرمجة للتحكم الصناعي بغرض حل مشكلة هندسية.

تتطلب العديد من الصناعات فنيين هندسيين ومهندسين ذوي معرفة ومهارات في التحكم الآلي. ستساعد هذه الوحدة على إعدادك للعمل فنيًّا هندسيًّا متعدد المهارات أو لإتمام جزءٍ من التدريب/التدريب المهني أو للالتحاق بالتعليم العالي لدراسة هندسة التصنيع.

التقييم

ستقيَّم بسلسلة من الواجبات التي يحددها معلمك.

كيفية إجراء التقييم

ستُقَيَّم هذه الوحدة بسلسلة من المهام المقيّمة داخليًّا التي يحددها معلمك. في أثناء دراستك لهذه الوحدة، ستجد أنشطة عبارة عن تمارين تقييمية تساعدك على إنجاز تقييمك بنجاح. وإنجاز هذه الأنشطة لا يعني أنك قد حصلت على درجة معينة، بل يعني أنك قد نفذت بحثًا أو تدريبًا مفيدًا سيكون مناسبًا عند إنجاز واجبك النهائي.

من أجل تنفيذ المهام المحددة في واجبك، من المهم التأكد من أنك قد استوفيت جميع معايير التقييم. ويمكنك تحقيق ذلك بالعمل على الواجبات التي تُكلَّف بها.

إذا كنت تهدف إلى تحقيق درجة التفوق أو الامتياز، فيجب عليك التأكد من تقديم المعلومات في واجبك بالأسلوب الذي يتطلبه معيار التقييم ذي الصلة. فعلى سبيل المثال، قد يتطلب معيار التفوق منك التحليل، بينما قد يتطلب معيار الامتياز منك التقييم.

ستتألف الواجبات التي حددها معلمك من عدد من المهام المُصمَّمة لتلبية المعايير الواردة في الجدول، ومن المحتمل أن تتخذ شكل تقارير مكتوبة، ولكنها قد تشمل أيضًا أنشطة مثل:

- تصميم نظام متحكم منطقي قابل للبرمجة للتحكم الصناعي وتطويره بغرض حل مشكلة هندسية.
- بناء نظام وظيفي للمتحكم المنطقي القابل للبرمجة واختباره بغرض حل مشكلة هندسية.

معايير التقييم

يوضح لك هذا الجدول ما يجب عليك القيام به من أجل الحصول على درجة النجاح أو التفوق أو الامتياز، وأين يمكنك العثور على أنشطة لمساعدتك.

النجاح	التفوق	الامتياز
نتاج التعلم أ دراسة التكنولوجيا المستخدمة في أنظمة المتحكم المنطقي القابل للبرمجة المستخدم في التحكم الصناعي		
A.P1 شرح ميزات ووظائف التكنولوجيا الموجودة في نظامين متباينين من أنظمة المتحكم المنطقي القابل للبرمجة الصناعي. **تمرين تقييمي 36.1**	**A.M1** تحليل مدى ملاءمة التكنولوجيا الموجودة في نظامين متباينين من أنظمة المتحكم المنطقي القابل للبرمجة الصناعي. **تمرين تقييمي 36.1**	**A.D1** تقييم مدى ملاءمة التكنولوجيا الموجودة في نظامين متباينين من أنظمة المتحكم المنطقي القابل للبرمجة الصناعي باستخدام لغة صحيحة تقنيًا، واقتراح التحسينات الممكنة. **تمرين تقييمي 36.1**
نتاج التعلم ب استكشاف هياكل البرمجة وطرق التحكم في المتحكم المنطقي القابل للبرمجة		
B.P2 شرح كيفية استخدام تعليمات المتحكم المنطقي القابل للبرمجة، بما في ذلك المؤقتات والعدادات، للتحكم في مخرجات النظام، وذلك باستخدام أمثلة برمجية. **تمرين تقييمي 36.2**	**B.M2** المناقشة الدقيقة، باستخدام أمثلة برمجية، لكيفية استخدام تعليمات المتحكم المنطقي القابل للبرمجة، بما في ذلك المؤقتات والعدادات، للتحكم في مخرجات النظام. **تمرين تقييمي 36.2**	**B.D2** التحليل النقدي، باستخدام أمثلة برمجية، لكيفية استخدام تعليمات المتحكم المنطقي القابل للبرمجة، بما في ذلك أجهزة ضبط الوقت والعدادات للتحكم في مخرجات النظام. **تمرين تقييمي 36.2**
نتاج التعلم ج تطوير نظام لمتحكم منطقي قابل للبرمجة يُستخدم في التحكم الصناعي لحل مشكلة هندسية		
C.P3 تصميم نظام متحكم منطقي قابل للبرمجة لحل مشكلة هندسية. **تمرين تقييمي 36.3** **C.P4** بناء واختبار نظام متحكم منطقي قابل للبرمجة وظيفي بأمان لحل مشكلة هندسية. **تمرين تقييمي 36.3**	**C.M3** التطوير الآمن لنظام تحكم منطقي قابل للبرمجة وظيفي مشروح يعمل على النحو المنشود. **تمرين تقييمي 36.3**	**CD.D3** تحسين نظام متحكم منطقي قابل للبرمجة وظيفي ومشروح بالكامل وفعال يعمل على النحو المنشود بأمان، والتوصية بالتحسينات وتطبيق السلوكيات ذات الصلة والمهارات الهندسية العامة وفقًا لمعايير احترافية. **تمرين تقييمي 36.3**
نتاج التعلم د مراجعة تطوير نظام التحكم الصناعي وتقييم الأداء الشخصي		
D.P5 شرح كيفية تطبيق معايير الصحة والسلامة والمهارات الخاصة بنظام المتحكم المنطقي القابل للبرمجة والمهارات الهندسية العامة بشكل فعال في أثناء تطوير النظام. **تمرين تقييمي 36.3** **D.P6** شرح كيفية تطبيق السلوكيات ذات الصلة بشكل فعال في أثناء تطوير نظام متحكم منطقي قابل للبرمجة يُستخدَم للتحكم الصناعي. **تمرين تقييمي 36.3**	**D.M4** التوصية بإدخال تحسينات على تطوير نظام متحكم منطقي قابل للبرمجة صناعي وعلى السلوكيات ذات الصلة المطبقة. **تمرين تقييمي 36.3**	

بدء النشاط

في مجموعة صغيرة، أعد قائمة بالأنشطة الهندسية التي تتحكم فيها وتديرها المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة. على سبيل المثال، تُستخدَم المتحكمات المنطقية في إشارات المرور للتحكم في التبديل بين الإشارات الحمراء والصفراء والخضراء.

اذكر ثلاث مزايا وثلاثة عيوب لاستخدام البرمجة مع كل نشاط بدلًا من الإجراءات اليدوية.

نتاجات التعلم

ستتعلم في هذه الوحدة:

أ } دراسة التكنولوجيا المستخدمة في أنظمة المتحكم المنطقي القابل للبرمجة المستخدم في التحكم الصناعي

ب} استكشاف هياكل البرمجة وطرق التحكم في المتحكم المنطقي القابل للبرمجة

ج} تطوير نظام متحكم منطقي قابل للبرمجة يُستخدم في التحكم الصناعي لحل مشكلة هندسية

د } مراجعة تطوير نظام التحكم الصناعي وتقييم الأداء الشخصي.

أ } دراسة التكنولوجيا المستخدمة في أنظمة المتحكم المنطقي القابل للبرمجة المستخدم في التحكم الصناعي

تمثل المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة عنصرًا أساسيًّا في العمليات الهندسية وعمليات الأتمتة الصناعية، فهي توفر المرونة والتحكم المركزي والتطوير السريع للعمليات المعتمدة على **المراقبة في الوقت الفعلي** والتحكم الدقيق. طورت صناعات السيارات المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة لأول مرة في عام 1970 لتحل محل أنظمة المرحلات المعقدة. أحدثت المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة نقلة نوعية بفضل تصميمها المعياري وبرمجتها الرقمية، ما يسمح بتطبيقها في مجموعة واسعة من المجالات الصناعية. وقد أدى ذلك إلى انتشارها عالميًّا. واليوم، تُستخدم المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة في مجموعة متنوعة من المجالات، بدءًا من أحزمة النقل في نقاط الدفع بالمتاجر ووصولًا إلى محطات توليد الطاقة التي تزود المدن الكبيرة بالكهرباء.

المصطلحات الرئيسة

المراقبة في الوقت الفعلي - تحديث بيانات الأنظمة والعمليات وتوفيرها باستمرار.

المعالج الدقيق - معالج حاسوبي تُدمج فيه وحدة الحوسبة الكاملة داخل شريحة أو دائرة متكاملة واحدة.

المستشعر - جهاز ينتج إشارات خرج استجابةً لاستشعار كيان مادي.

المفتاح - قطعة كهربائية تكمل أو تقطع مسار الدائرة الكهربائية.

البرنامج - تعليمات برمجية قابلة للتنفيذ تُشغَّل بواسطة الحاسوب لتحديد المخرجات التي سيجري إنتاجها بناءً على المدخلات.

ميزات ووظائف المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة

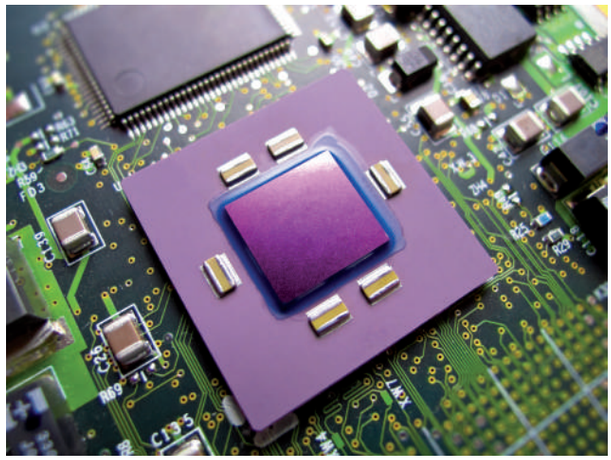
المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة هي حواسيب متخصصة تُستخدم في أتمتة العمليات الصناعية والتحويلية. ونستعين بها في مراقبة نظم العمل والتحكم بها في الوقت الفعلي، وهذا يجعلها ضرورية في العديد من القطاعات لتسهيل العمل وزيادة الكفاءة. والهدف الرئيس منها هو توفير طريقة مثلى لتنفيذ العمليات.

تتطلب أنظمة المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة توافر مجموعة من المكونات الأساسية لضمان عملها بكفاءة.

وحدة المعالجة المركزية (CPU)

وحدة المعالجة المركزية هي العقل المدبر في المتحكم المنطقي القابل للبرمجة، وتتألف من **معالج دقيق** وظيفته تفسير منطق البرنامج والتحكم في الاتصالات داخل النظام. تستقبل وحدة المعالجة المركزية بيانات الإدخال من **مستشعرات** أو **مفاتيح** مختلفة، وتعالج هذه البيانات وفقًا للمنطق المحدد في **البرنامج**، ثمّ ترسل بيانات الإخراج إلى أجهزة التحكم.

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 256 24/06/2025 07:34:54 ص



◀ وحدة معالجة مركزية. ما الأنظمة الأخرى التي يمكن أن تجد فيها وحدة معالجة مركزية؟

وحدة تزويد الطاقة (PSU)

تعمل وحدة تزويد الطاقة على توفير التيار المستمر للمتحكم المنطقي القابل للبرمجة. وفي الأنظمة الصغيرة، قد توفر هذه الوحدة الطاقة لأجهزة الإدخال والإخراج. أما الأنظمة الكبيرة، فقد تتوافر فيها وحدات تزويد طاقة إضافية لتوفير هذه الطاقة.

◀ وحدة تزويد الطاقة.

وحدات الإدخال والإخراج

لا بد من توافر وحدة إدخال ووحدة إخراج على الأقل من أجل تشغيل المتحكم المنطقي القابل للبرمجة، ولا بد أن توفر كل وحدة واجهةً لربط الجهاز بالمتحكم. توفر وحدات الإدخال **واجهات** بين أجهزة الإدخال والمتحكم، وتوفر وحدات الإخراج واجهات بين أجهزة الإخراج والمتحكم.

المصطلح الرئيس

الواجهة - حد مشترك بين مكونين من مكونات النظام.

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 257 24/06/2025 07:34:55 ص

أجهزة إدخال وإخراج على لوحة التحكم.

المهارات

المهارات الشخصية - الاهتمام الفكري والفضول.

وقفة للتفكير تتكون العديد من أجهزة الحاسوب من هذه الميزات الثلاث الرئيسة. ناقش أوجه التشابه والاختلاف بين نوعين مختلفين من أجهزة الحاسوب وأجهزة المتحكم المنطقي القابل للبرمجة.

تلميح قارن بين ميزات أجهزة الحاسوب المحمول والهواتف المحمولة وأجهزة المتحكم المنطقي القابل للبرمجة.

توسيع الأفق لماذا لا تناسب الهواتف المحمولة وأجهزة الحاسوب المحمول للتطبيقات التي تستخدم فيها أجهزة المتحكم المنطقي القابل للبرمجة؟

المصطلحات الرئيسة

مخطط الكتلة - تمثيل بياني لكيفية اتصال مكونات المتحكم المنطقي القابل للبرمجة ببعضهم بعضًا.

العالم الخارجي الحقيقي - الأجهزة الخارجية الفعلية التي يجب توصيلها فعليًا بالنظام.

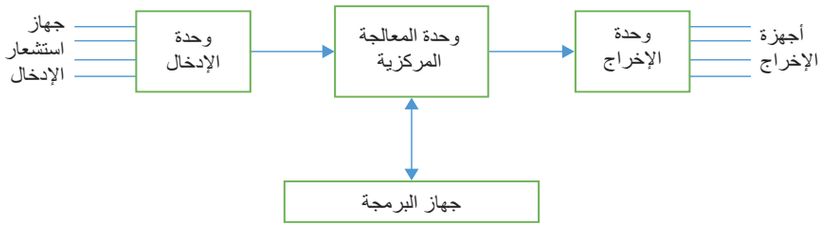
الإدخال/الإخراج (I/O) - يشير إلى المدخلات والمخرجات.

الإلكترونيات الدقيقة - دراسة الإلكترونيات الصغيرة للغاية وتصنيعها.

ميزات بنية المتحكم المنطقي القابل للبرمجة ووظائفها

أبسط طريقة لوصف المتحكم المنطقي القابل للبرمجة وعرض تصميمه هي إنشاء **مخطط كتلة** لوحدة المعالجة المركزية ووضع شروح عليه. يعرض هذا المخطط تمثيلًا بيانيًا للنظام، ويوضح المكونات الأساسية مثل واجهات الإدخال والإخراج التي تربط بين العالم **الخارجي الحقيقي** والعناصر داخل نظام المتحكم.

يتألف مخطط الكتلة النموذجي للمتحكم المنطقي القابل للبرمجة من العناصر الأساسية الآتية: وحدة المعالجة المركزية وجهاز البرمجة ووحدات الإدخال والإخراج على النحو الموضح في الشكل 36.1.



الشكل 36.1 مخطط كتلة أساسي لوحدة المعالجة المركزية في متحكم منطقي قابل للبرمجة.

يمكن أن توضح مخططات الكتلة أيضًا المكونات التي تتكون منها وحدات الإدخال والإخراج.

وحدات الإدخال والإخراج

في المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة، تلعب واجهة الإدخال والإخراج (**I/O**) دورًا حيويًا في التواصل بين **الإلكترونيات الدقيقة** للمتحكم والعالم الخارجي الحقيقي، وهذه الواجهة مسؤولة عن إدارة الإشارات بين المتحكم والمستشعرات والأجهزة الأخرى المتصلة به.

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 258 24/06/2025 07:34:57 ص

في واجهة الإدخال، توجد ثلاثة جوانب رئيسة يجب دراستها: أجهزة الاستشعار وتكييف الإشارة والعزل.

أجهزة الاستشعار

تستقبل المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة المعلومات من العالم الخارجي الحقيقي عبر أجهزة الاستشعار وأجهزة الإدخال الأخرى المتنوعة. وتقدّم هذه المكونات إشارات الجهد أو التيار إلى الواجهة. وبعد ذلك، تحول الواجهة هذه الإشارات إلى شكل سهل القراءة حتى تتمكن وحدة المعالجة المركزية من معالجتها.

أجهزة الإخراج

يرسل المتحكم المنطقي القابل للبرمجة إشارات إلى واجهة الإخراج لتنفيذ الأنشطة في العالم الخارجي الحقيقي. وقد تشمل أجهزة الإخراج المحركات والمقابض والمزالج والصمامات والأضواء وأي أجهزة أخرى تؤدي النشاط المطلوب.

تكييف الإشارة

في داخل واجهة الإدخال، تُعد إشارات الدخل المتسقة والموثوقة عاملًا بالغ الأهمية لضمان تشغيل المتحكم المنطقي القابل للبرمجة بكفاءة. ومع ذلك، يلزم في بعض الأحيان "معالجة وتكييف" هذه الإشارات بحيث يمكن للواجهة معالجتها بدقة. تُعرف هذه العملية باسم "تكييف الإشارات" وتشمل عمليات مثل **التضخيم** و**الترشيح** وتحويل إشارات التيار المتردد إلى إشارات تيار مستمر.

قد تحتاج إشارات الخرج أيضًا إلى الخضوع لعملية تكييف الإشارات بهدف تلبية احتياجات أجهزة الإخراج. وقد يتطلب تكييف هذه الإشارات تحويل إشارات التيار المستمر إلى إشارات تيار متردد، أو تعديل مستويات الجهد، أو توفير التيار لتشغيل الجهاز.

العزل

يعمل العزل على حماية المتحكم المنطقي المبرمج من أي ضوضاء كهربائية أو ارتفاعات في الجهد من خارج النظام. ويضمن العزل أن إشارات الإدخال موثوقة ومتسقة. ويساعد ذلك على منع حدوث أي ضرر للمكونات الدقيقة الحساسة داخل المتحكم. يمكن وضع العوازل بين واجهة الإدخال وواجهة الإخراج والمتحكم.

المصطلحات الرئيسة

التضخيم - خطوة من خطوات تكييف الإشارة تهدف إلى زيادة الإشارة بغرض معالجتها، إما بزيادة دقة الإشارة وإما بزيادة نسبة الإشارة إلى الضوضاء.

التصفية: إجراء في تكييف الإشارة يحجب أو يصفي أي بيانات غير صالحة أو ضوضاء في الإشارة.

الذاكرة المتطايرة - ذاكرة يحتفظ بها النظام الحاسوبي فقط عندما يكون موصولًا بالطاقة.

نظام التشغيل - برنامج حاسوبي يدير الأجهزة والبرمجيات في الجهاز الحاسوبي.

البرنامج الثابت - البرنامج الذي يسمح للأجهزة بالعمل.

وقفة للتفكير	ما الاعتبارات التي يجب مراعاتها عند اختيار وتكوين وحدات الإدخال والإخراج لنظام المتحكم المنطقي القابل للبرمجة؟
تلميح	يجب أن تراعي أنواع الإشارات المحددة والتوافق وقابلية التوسع عند اختيار وحدات الإدخال والإخراج لنظام المتحكم المنطقي القابل للبرمجة.
توسيع الأفق	ما التحديات التي قد تنشأ عند اختيار وتكوين وحدات الإدخال والإخراج لنظام المتحكم المنطقي القابل للبرمجة؟ كيف يمكنك مواجهة هذه التحديات لتحسين أداء النظام وموثوقيته؟

أنواع الذاكرة في المتحكم المنطقي القابل للبرمجة

الذاكرة ميزة هامة في الحواسيب ووحدات المعالجة مثل المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة. تعمل أنواع الذاكرة المختلفة معًا في المتحكم المنطقي القابل للبرمجة لضمان تخزين البيانات والبرامج وتنفيذها. في ما يأتي الأنواع الرئيسة للذاكرة في المتحكمات المنطقية:

- ذاكرة القراءة فقط (ROM): نوع من أنواع الذاكرة غير **المتطايرة** التي تخزن **نظام التشغيل** والتعليمات الإجرائية **للبرنامج الثابت** للمتحكم المنطقي القابل للبرمجة. وتتضمن هذه الذاكرة مجموعة من التعليمات والإجراءات الأساسية لبدء النظام. وتعتبر هذه الذاكرة مخصصة للقراءة فقط ولا يمكن الكتابة عليها في أثناء التشغيل العادي، ويحتفظ النظام بها حتى عند **قطع الطاقة وإعادة تشغيلها**.
- ذاكرة الوصول العشوائي (RAM)، نوع من أنواع الذاكرة المتطايرة، يستخدمها النظام بغرض تخزين البيانات المؤقتة قصيرة المدى. وتحتفظ هذه الذاكرة بالمتغيرات مثل العدادات أو المؤقتات، والبيانات التي يعالجها المتحكم المنطقي القابل للبرمجة مثل تعيين كل إدخال وإخراج **بعنوان** معرف فريد. تتيح ذاكرة الوصول العشوائي القراءة والكتابة السريعة للبيانات في أثناء سير العمليات، إلا أن البيانات تُفقَد عند إعادة تشغيل النظام لأنها ذاكرة متطايرة.

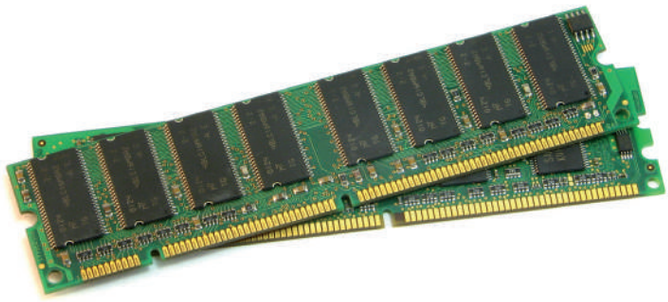
المصطلحات الرئيسة

قطع الطاقة وإعادة تشغيلها - انقطاع مصدر الطاقة واستعادته، أو إيقاف تشغيله وتشغيله مرة أخرى.

العنوان - موقع جزء من البيانات أو جهاز داخل نظام الحاسوب.

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 259 24/06/2025 07:34:57 ص

- ذاكرة القراءة فقط القابلة للبرمجة والمسح (EPROM)، نوع من الذاكرة غير المتطايرة. وعادةً ما تحتوي على التكوينات وبرامج المستخدم. تسمح هذه الذاكرة بكتابة البيانات وإعادة كتابتها. ويحتفظ النظام بالبيانات حتى عند قطع الطاقة وإعادة تشغيلها. وتُمسح بياناتها عن طريق تسليط ضوء الأشعة فوق البنفسجية الشديد عبر نافذة على الرقاقة.
- ذاكرة القراءة فقط القابلة للبرمجة والمسح كهربائيًا (EEPROM)، نوع من أنواع الذاكرة غير المتطايرة تشبه ذاكرة EPROM. تخزن هذه الذاكرة أيضًا التكوينات وبرامج المستخدم. ولها نفس خصائص EPROM إلا أنها تمسح البيانات عن طريق إرسال إشارة كهربائية.
- ذاكرة فلاش، نوع من الذاكرة غير المتطايرة تشبه ذاكرة EEPROM من حيث أنها تخزن برامج المستخدم والتكوينات والرسائل والبرامج الثابتة. وتتميز بالاحتفاظ بالبيانات عند قطع الطاقة وإعادة تشغيلها وتسمح بقراءة البيانات وكتابتها بصورة سريعة.



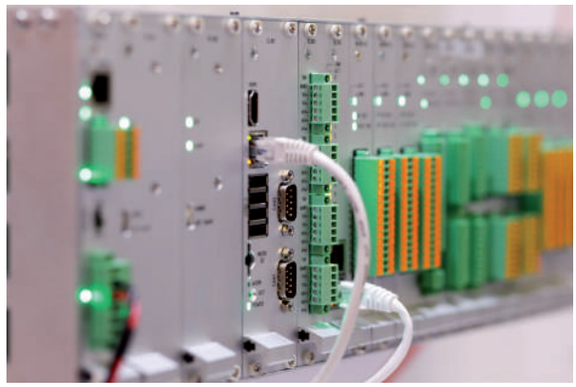
◀ شرائح ذاكرة الوصول العشوائي.

أنواع المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة

تأتي المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة بأنواع وأحجام مختلفة بغرض تلبية احتياجات التطبيقات الصناعية المتنوعة. ويعتمد تصنيفها عادةً على عدد وصلات الإدخال والإخراج وسرعة وحدة المعالجة المركزية وقدرتها وحجم الذاكرة وتعقيد المشكلات التي يمكنها معالجتها.

المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة الأحادية

تتميز المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة الأحادية بأنها صغيرة الحجم وتحتوي عادةً على وحدة للتزويد بالطاقة ووحدة معالجة مركزية وذاكرة ووحدة إدخال وإخراج واحدة. وهي مُصمَّمة لتلبية المتطلبات البسيطة مثل فتح حاجز المدخل عند دخول عميل إلى السوبرماركت. وتحتوي على عدد محدود من وصلات الإدخال والإخراج، ولها قدرة معالجة محدودة وذاكرة تخزين صغيرة. ومن أمثلتها: سلسلة Siemens LOGO! وسلسلة Allen-Bradley MicroLogix.



◀ في ما يمكن استخدام المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة الأحادية؟

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 260 24/06/2025 07:34:59 ص

المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة الصغيرة

تستخدم المتحكمات الصغيرة للبرمجة في التطبيقات ذات المتطلبات المتوسطة والبسيطة دون تعقيد، مثل تشغيل آلة تعبئة في مصنع صغير. وتشمل الأنشطة الأساسية لهذه المتحكمات تشغيل سيور النقل، وملء الحاويات وإغلاقها بإحكام. ويتألف هذا النوع من وحدة تزويد الطاقة ووحدة المعالجة المركزية والذاكرة ووحدة أو وحدتين للإدخال والإخراج مثبتتين على **لوحة خلفية**. وتتميز بوجود عدد أكبر من وصلات الإدخال/الإخراج مقارنةً بالمتحكمات الأحادية، وزيادة في قدرة المعالجة وسعة التخزين. ومن أمثلتها: سلسلة Siemens S7-1200 وسلسلة Mitsubishi FX.

◄ في ما يمكن استخدام المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة الصغيرة؟

المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة المتوسطة

عادةً ما تستخدم العمليات المؤتمتة واسعة النطاق المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة المتوسطة، لأنها تحتوي على عدد أكبر من وصلات الإدخال والإخراج وتتميز بقوة المعالجة وحجم ذاكرة أكبر مقارنةً بالمتحكمات المنطقية الصغيرة. ويتألف هذا النوع من وحدة تزويد الطاقة ووحدة المعالجة المركزية والذاكرة وعدد من وحدات الإدخال والإخراج المثبتة على لوحة خلفية. وعادةً ما تتحكم المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة المتوسطة في أنظمة التدفئة وتكييف الهواء في مختلف مناطق المبنى. من أمثلتها: سلسلة Siemens S7-300 أو سلسلة Allen-Bradley CompactLogix.

◄ في ما يمكن استخدام المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة المتوسطة؟

المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة الكبيرة

تتعامل المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة الكبيرة مع العمليات والمتطلبات البالغة التعقيد، وتتميز هذه المتحكمات بوصلات إدخال وإخراج واسعة ومعالجة قوية وذاكرة كبيرة وبروتوكولات اتصال متقدمة. ويتكون هذا النوع من وحدة تزويد بالطاقة ووحدة معالجة مركزية وذاكرة وعدد من وحدات الإدخال والإخراج. وهذا يضيف لها مجموعة من الوظائف المعقدة مثل الاتصال **والتحكم الموزع** والتحكم الإشرافي والحصول على البيانات (SCADA). من أمثلتها: سلسلة Siemens S7-1500 وسلسلة Rockwell ControlLogix.

المصطلحات الرئيسة

اللوحة الخلفية - الهيكل المادي داخل المتحكم المنطقي القابل للبرمجة الذي يربط الوحدات المختلفة بالمتحكم. وعادةً ما تتكون من لوحة دائرة مطبوعة بها فتحات لوحدات متنوعة.

التحكم الموزع - نظام تحكم محوسب لعمليات التصنيع يحتوي على العديد من وحدات التحكم، مثل المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة، موزعة في النظام.

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 261 24/06/2025 07:35:01 ص

◄ في ما يمكن استخدام المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة الكبيرة

أنظمة التحكم الإشرافي والحصول على البيانات (SCADA)

لا تعتبر أنظمة التحكم الإشرافي والحصول على البيانات نوعًا من أنظمة المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة بحد ذاتها، لكنها غالبًا ما ترتبط وتتصل بها. توفر أنظمة SCADA وظائف المراقبة والتحكم والحصول على البيانات لأنظمة المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة الكبيرة. وتعمل أيضًا على توفير واجهات الإنسان-الآلة (HMI)، وتسجيل البيانات، وتحليل الاتجاهات، والتنبيهات، وميزات التحكم عن بُعد. وعادةً ما تُستخدم أنظمة SCADA في أنظمة توزيع المياه لمراقبة محطات معالجة المياه ومحطات الضخ والتحكم فيها. ويؤدي ذلك إلى توفير رؤية شاملة للشبكة بأكملها.

وقفة للتفكير بالعمل في مجموعة صغيرة، فكروا في سيناريوهات لتطبيق كل نوع من أنواع المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة. وفي كل سيناريو، اذكروا سببين يجعل النوع المختار هو الأنسب.

تلميح يمكن للمتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة الصغيرة التحكم في غسالة صحون تجارية، لإنها ميسورة التكلفة وتحتوي فقط على وحدة إدخال ووحدة إخراج للتحكم في تشغيل الغسالة وإيقاف تشغيلها.

توسيع الأفق في كل سيناريو، ناقش المتحكم المنطقي القابل للبرمجة البديل وأسباب التغيير.

اختيار المتحكم المنطقي القابل للبرمجة الأنسب لتنفيذ مهمة معينة

يعتمد اختيار المتحكم المنطقي القابل للبرمجة الأنسب لمهمة معينة على متطلبات هذه المهمة. وتوجد العديد من العوامل التي تؤثر في الاختيار:

- عدد وأنواع الإدخال/الإخراج: احرص على مراعاة المتطلبات الحالية والمتطلبات المستقبلية المحتملة أيضًا، مع ضمان أن يكون الحل قابلًا للتوسع ومصممًا لمواكبة التغييرات المستقبلية.
- سعة الإدخال/الإخراج: احرص على مراعاة توسيع النظام، إذا لزم تطوره بمرور الوقت.
- حجم الذاكرة: قيّم متطلبات برامج المستخدم وتخزين البيانات لضمان أن المتحكم المنطقي القابل للبرمجة يحتوي على ذاكرة كافية لتلبية الاحتياجات الحالية والتوسعات المستقبلية.
- سرعة وقوة وحدة المعالجة المركزية ومجموعة التعليمات: تأكد من أن المتحكم المنطقي القابل للبرمجة يمكنه تنفيذ البرنامج بكفاءة وفعالية.
- الدعم الفني والنسخ الاحتياطي: تأكد من أن المتحكم المنطقي القابل للبرمجة يأتي من شركة مصنعة أو موزع موثوق به، وأنه مدعوم بوثائق شاملة وموارد عبر الإنترنت ويحظى بسمعة جيدة في دعم العملاء. ويُعد توافر ميزة النسخ الاحتياطي عنصرًا ضروريًا في الأنظمة الحرجة المتعلقة بالعمليات، لأنها تضمن إمكانية استعادة بيانات البرنامج عند الحاجة.

بحث

ابحث في مختلف أنواع المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة والشركات المصنعة لها والطرازات المتاحة. حدِّد ما الذي توفره كل شركة مصنعة للمهندسين والمبرمجين لدعم تطوير المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة؟ ادرس النقاط التي تناولها نتاج التعلم أ1 واكتشف أدوات البرمجة والتطوير التي تقدمها كل شركة مصنعة.

اختر نوعًا من المتحكمات وتأكد ما إذا كانت الشركة المصنعة توفر كل ما تحتاج إليه لبدء البرمجة وتطوير الحلول المناسبة.

المهارات

المهارات التفاعلية - العمل ضمن فريق والتعاون والتواصل.

المهارات الإدراكية - التحليل والإبداع.

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 262 24/06/2025 07:35:02 ص

- التكلفة: حدد ميزانية النظام. قارن ميزات المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة المختلفة ضمن الميزانية المحددة، مع مراعاة التكاليف الإضافية المرتبطة بها، مثل الدعم الفني أو الصيانة المستمرة.
- تعقيد المشكلة: إذا كانت المشكلة تقتضي متطلبات بسيطة مع عدد قليل من المدخلات والمخرجات، ففكر في استخدام متحكم منطقي قابل للبرمجة صغير أو مدمج. أما إذا كانت المشكلة تتطلب متطلبات أكثر تقدمًا، مثل الاتصالات أو أنظمة التحكم الموزعة، ففكر في استخدام متحكمات متوسطة أو كبيرة الحجم.

دراسة حالة

اختيار المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة لمصنع حديث

بيترا-تكنولوجيز شركة رائدة في تصنيع قطع غيار السيارات في الأردن. تخطِّط هذه الشركة لتحسين أنظمة التحكم في الإنتاج من حيث كفاءتها وقابلية توسيعها وموثوقيتها، فقررت الاستثمار في المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة وإحلالها محل الأنظمة القديمة غير الفعالة.

الهدف

يتمثل الهدف الأساسي في تحديد المتحكم المنطقي القابل للبرمجة المناسب واتخاذ قرار اختياره، مع مراعاة عوامل مثل سرعة وحدة المعالجة المركزية ومتطلبات الطاقة وسعة الذاكرة وأي ميزات أخرى مطلوبة. يجب أن يلبي المتحكم المنطقي القابل للبرمجة المختار العمليات الفريدة داخل مصنع بيترا-تكنولوجيز.

الاعتبارات

- سرعة وحدة المعالجة المركزية: يجب أن يحتوي المتحكم المنطقي القابل للبرمجة على وحدة معالجة مركزية قوية للتعامل مع المنطق المعقد لعمليات التصنيع ومعالجة كل عملية تصنيع في الوقت الفعلي. يجب مراعاة **سرعة الساعة ونوى المعالجة** والتنفيذ المتزامن لعدة مهام.
- وحدة تزويد الطاقة: يجب أن يكون لدى المتحكم مصدر طاقة كافٍ لدعم جميع الوحدات والأجهزة المتصلة. يجب علينا تقييم ميزات **تجاوز الأعطال** لضمان التشغيل المتسق في حالة فقدان الطاقة.
- الذاكرة: يتطلب برنامج المتحكم المنطقي القابل للبرمجة ذاكرة كافية للتخزين والتنفيذ. يجب أن نفكر في أنواع مختلفة من الذاكرة، مثل الذاكرة المتطايرة وغير المتطايرة، لدعم التنفيذ وتخزين البيانات والنسخ الاحتياطي.
- الإدخال/الإخراج: تدفع احتياجات عمليات التصنيع إلى مراعاة التوافق مع مجموعة واسعة من وحدات الإدخال والإخراج. يجب أن نفكر مليًا في استخدام خيارات الإدخال/الإخراج الرقمية **والتناظرية** وبروتوكولات الاتصال والتوافق مع الأجهزة الموجودة.
- بروتوكولات الاتصال: يجب أن يدعم المتحكم المنطقي القابل للبرمجة بروتوكولات الاتصال القياسية لتمكين التكامل مع أنظمة التحكم الأخرى وواجهات الإنسان-الآلة. يجب علينا تقييم مدى توافق إيثرنت وبروتوكولات الإنترنت للاتصالات.
- قابلية التوسّع: يجب أن يدعم المتحكم المنطقي القابل للبرمجة الترقيات والتوسعات المستقبلية في احتياجات الإنتاج. يجب أن نفكر مليًا في التوسعات المعيارية والوحدات الإضافية وبروتوكولات الاتصال وميزات البرامج.

كيف اتخذت الشركة القرار

حللت عملية التصنيع وحددت المتطلبات النوعية.

قيّمت عددًا من مصنعي المتحكمات المنطقية القابل للبرمجة المختلفين بناءً على ميزات المنتج والسمعة ومستويات الدعم والتزام المعايير السائدة في هذا المجال.

أعدَّت قائمة مختصرة بنماذج المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة وأنواعها وأجرت مقارنات بين كل ميزة تقنية.

المصطلحات الرئيسة

سرعة الساعة - مقياس لعدد الدورات التي تنفذها وحدة المعالجة المركزية في الثانية، وتُقاس بالهرتز (بمعنى دورة واحدة في الثانية).

نواة المعالجة - وحدة معالجة يمكنها تنفيذ مهمة في وحدة المعالجة المركزية.

تجاوز الأعطال - القدرة على الانتقال إلى نظام احتياطي لمتابعة العملية.

تناظري/الإشارة التناظرية - إشارة تحتوي معلومات مستمرة.

مناقشة

في مجموعات صغيرة، ناقشوا الاعتبارات التي يجب مراعاتها في ترقية أنظمة التحكم داخل مصنع؟ يحتوي المصنع على مزيج من الآلات القديمة والحديثة.

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 263 24/06/2025 07:35:02 ص

أجرت تحليل التكلفة والعائد للمشروع، مع مراعاة الميزانية وتكاليف الصيانة والفوائد طويلة الأجل للمتحكم المنطقي القابل للبرمجة.

حللت المخاطر وخففت آثارها مثل التوافق مع الأجهزة الموجودة وتوافر قطع الغيار والدعم التقني. وسجلت المخاطر في سجل المخاطر.

النتيجة والتنفيذ

بعد الانتهاء من عملية التقييم، قررت شركة بترا-تكنولوجيز اختيار المتحكم المنطقي القابل للبرمجة Rockwell ControlLogix 5570. ويرجع سبب هذا الاختيار إلى وحدة المعالجة المركزية القوية ووحدة تزويد الطاقة الكافية وسعة الذاكرة وتوافق الإدخال/الإخراج الشامل وقابلية التوسع الممتازة. اتخذت الشركة القرار بناءً على نتائج تحليل التكلفة والعائد الأكثر ملاءمة وسمعة Rockwell في توفير حلول تحكم صناعية موثوقة ومتوافقة.

نفذت الشركة استخدام المتحكم المنطقي القابل للبرمجة على مراحل، فبدأت بمشروع تجريبي صغير للتحكم في خط إنتاج واحد. راقبت الشركة الحل وضبطته عن كثب، ووفرت عمليات النسخ الاحتياطي المناسبة لضمان عدم تأثير ذلك في العمليات الحرجة الأخرى. جمعت الشركة ملاحظات من المشغلين لتحسين الحل باستمرار في نطاق أوسع.

الخاتمة

أدت أبحاث شركة بترا-تكنولوجيز والتقييم والتخطيط الدقيق لمشروع المتحكم المنطقي القابل للبرمجة إلى تحقيق نتائج ناجحة. وبعد المشروع التجريبي الناجح، تمكنت الشركة من تعميم حل المتحكم المنطقي القابل للبرمجة على العمليات المتبقية داخل المصنع. أسهم هذا التنفيذ في تحسين كفاءة الإنتاج والموثوقية وقابلية التوسع، وأدَّى إلى دعم نمو الأعمال المستمر في مجالها.

◀ مصنع سيارات.

راجع وفكِّر مليًّا

ما التحديات الرئيسة التي واجهتها شركة بترا-تكنولوجيز قبل الترقية؟

ما العوامل التي أثرت في اختيار الشركة المصنعة لأجهزة المتحكم المنطقي القابل للبرمجة والأجهزة للترقية؟

كيف أسهم التدريب والتوثيق في أثناء المشروع في نجاح الترقية؟

ما الدروس التي يمكننا تعلمها من دراسة الحالة هذه لتطبيقها في ترقيات أنظمة التحكم الأخرى مستقبلًا؟

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 264 24/06/2025 07:35:05 ص

أجهزة نظام المتحكم المنطقي القابل للبرمجة

الواجهات

توفر الواجهات طبقة وسيطة بين الأجهزة في العالم الخارجي الحقيقي والمكونات الإلكترونية الدقيقة داخل المتحكم المنطقي القابل للبرمجة. وتعمل هذه الواجهات على استقبال الإشارات الواردة من أجهزة الإدخال وإرسال الإشارات إلى **المشغلات** وأجهزة الإخراج الأخرى.

واجهات الإدخال

الجدول 36.1 واجهات الإدخال في المتحكم المنطقي القابل للبرمجة

الواجهة	الوصف	الاستخدام المحتمل
إدخال جهد التيار المستمر (DC)	تُستخدم بشكلٍ شائع في مراقبة حالة المستشعرات أو المفاتيح التي تُنتج إشارة التشغيل أو إيقاف التشغيل. ومن أمثلتها الأزرار الانضغاطية ومفاتيح الضغط ومستشعرات القرب.	يقدم مستشعر القرب في نقطة الدفع داخل السوبر ماركت إشارة تيار مستمر إلى المتحكم المنطقي القابل للبرمجة. ويعمل هذا المستشعر على اكتشاف وجود جسم بالقرب من الماسح الضوئي ويوقف حركة سير الحزام الناقل.
إدخال جهد التيار المتردد	أقل شيوعًا ولكن تُستخدم في التطبيقات التي تتطلب مراقبة إشارات التيار المتردد، مثل تلك الواردة من أنواع محددة من المستشعرات والمفاتيح.	يرسل مستشعر مراقبة موجود على محرك إشارة تيار متردد إلى المتحكم المنطقي القابل للبرمجة لتحديد حالة تشغيل الجهاز.
دوائر الإدخالات الرقمية	تتعامل بشكلٍ منفصل مع إشارات الإدخال **الثنائية** التي تمثل حالة التشغيل/الإيقاف. ومن أمثلتها الأزرار الانضغاطية والمفاتيح والمستشعرات الكهروضوئية.	لوحة تحكم تحتوي على أزرار لتشغيل آلة التغليف. وكل ضغطة زر تمثل إشارة ثنائية يجري معالجتها بواسطة المتحكم المنطقي القابل للبرمجة إلى إجراءات محددة، مثل بدء تشغيل المشغل أو إيقافه.
عدادات النبضات	يعد عدد النبضات أو الأحداث ضمن إطار زمني محدد. تُستخدم عادةً في مجموعة من الأجهزة مثل **المشفرات** أو مقاييس التدفق.	مقياس تدفق داخل مصنع لإنتاج المشروبات الغازية، والذي يضمن إطلاق حجم معين من السائل في وعاء خلال كل دورة من العملية.
المبدلات التناظرية الرقمية (ADC)	تعمل على تحويل الإشارات التناظرية إلى إشارات رقمية لمعالجتها داخل المتحكم المنطقي القابل للبرمجة. وتُستخدم عادةً مع أجهزة الإدخال التي توفر إشارات تناظرية مثل مستشعرات الحرارة أو مستشعرات الضغط أو **المقاومات المتغيرة**.	قد يستخدم فرن صناعي نظام المتحكم المنطقي القابل للتعديل بغرض الحفاظ على درجة حرارة دقيقة. ويعمل المبدل التناظري الرقمي على تحويل إشارة الحرارة التناظرية إلى قيم رقمية لتفسيرها بواسطة المتحكم. وبعدها يحدد المتحكم ما إذا كان الفرن يحتاج إلى تسخين أو تهوية للحفاظ على درجة الحرارة الدقيقة.

المصطلحات الرئيسة

المُشغل - جزء من جهاز يحقق الحركة المادية.

ثنائي/النظام الثنائي - النظام العددي الأساسي المستخدم في الحواسيب.

المشفّر - يحول البيانات والمعلومات من صيغة لأخرى.

مقاوم متغير - مقاوم قابل للتعديل يدويًا يستخدم كجهاز إدخال.

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 265 24/06/2025 07:35:05 ص

واجهات الإخراج

الجدول 36.2 واجهات الإخراج في المتحكم المنطقي القابل للبرمجة

الواجهة	الوصف	الاستخدام المحتمل
المرحل	تستخدم المرحلات، التي تُخرج إشاراتها من المتحكم المنطقي القابل للبرمجة، إشارات كهرومغناطيسية لتشغيل الأجهزة أو إيقافها.	استنادًا إلى مثال إدخال جهد التيار المستمر في الجدول 36.1، وبعد معالجة إشارات الإدخال الواردة من مستشعر القرب، يمكن للمتحكم إخراج إشارة إلى المرحل. وهذا ما سيؤدي فعليًا إلى تشغيل المحرك الكهربائي الذي يقود سير النقل أو إيقافه.
الترانزستور	تسمح الترانزستورات بالتبديل السريع للأحمال ذات الجهد المنخفض والتيار المنخفض.	وفقًا لمثال عدادات النبضات الوارد في الجدول 36.1، عندما يكتشف مقياس التدفق قيمًا معينة، فإنه يُنشط أضواء المؤشر، محذرًا المشغل من المشكلات المحتملة.
دائرة الإخراج ثلاثية المسار للتيار المتردد (ترياك)	تُسهّل دوائر الإخراج من نوع ترياك عملية تبديل الأحمال التي تعمل بالتيار المتردد. وهذا يجعلها مثالية للتحكم في الأجهزة مثل المصابيح المتوهجة أو السخانات.	بالاستناد إلى مثال استخدام محولات الإشارات التناظرية إلى رقمية في الجدول 36.1، فإن دائرة الترياك تتحكم في شدة السخان داخل الفرن.
المبدلات الرقمية التناظرية (DAC)	تعمل على تحويل الإشارات الرقمية إلى إشارات تناظرية عندما تقتضي الحاجة إلى تحكم دقيق في جهاز إخراج تناظري.	وفقًا لاستخدام دوائر الإدخالات الرقمية المذكور في الجدول 36.1، قد تختلف سرعة عملية التعبئة بين أنواع المنتجات، وقد تتطلب إشارات تناظرية لدفع المحركات بسرعات مختلفة بحيث تتناسب مع هذه المتطلبات.

الأجهزة الطرفية

توسع الأجهزة الطرفية من وظائف المتحكم المنطقي القابل للبرمجة من خلال توفير واجهات أو وظائف إضافية. فهي تُحسّن عمليات التحكم والمراقبة والتواصل داخل المتحكم.

أجهزة الإدخال الطرفية

أجهزة الإدخال الرقمية

تُوفر أجهزة الإدخال الرقمية، مثل المفاتيح الميكانيكية، معلومات رقمية حول حالة العمليات المادية داخل النظام.

تعمل المفاتيح الميكانيكية على تقديم حالة تشغيل أو إيقاف تشغيل إلى المتحكم المنطقي القابل للبرمجة من خلال فتح دائرة كهربائية أو غلقها. وتشمل الأشكال الشائعة منها الأزرار الانضغاطية، ومفاتيح التأرجح، والمفاتيح الانتقائية. في مجال التصنيع، يُعتبر زر التوقف الطارئ الموجود على آلة مثل المخرطة مثالًا على المفتاح الميكانيكي. وعند الضغط عليه، يتسبب الزر فورًا في تفعيل الإيقاف الآمن للآلة.

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 266 24/06/2025 07:35:05 ص

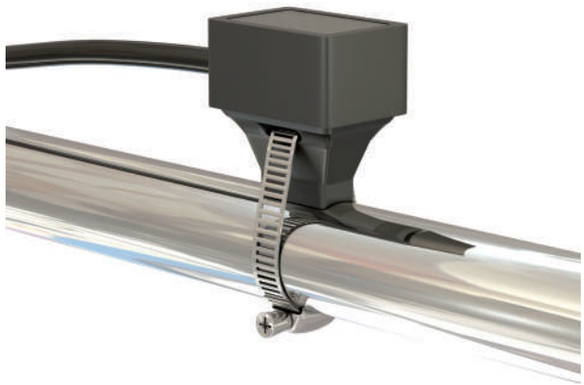
تكشف مستشعرات القرب عن وجود أو غياب جسم داخل نطاقها. وتشمل الأنواع الشائعة منها المستشعرات الكهروضوئية أو الفوق صوتية أو الحثية. في قطاع توزيع المياه، يُستخدم المستشعر الفوق صوتي للكشف عن مستوى المياه في الخزان. ويمكن للمستشعر قياس المسافة بين قمة الخزان ومستوى المياه. ويتولى المتحكم المنطقي القابل للبرمجة وظيفة التحكم في تشغيل المضخات أو الصمامات بناءً على المنطق المحدد في النظام.

◄ لوحة تحكم ومخرطة.

محولات الإدخال التناظرية

تعمل محولات الإدخال التناظرية على تحويل القياسات المادية إلى إشارات تناظرية حتى يتمكن المتحكم المنطقي القابل للبرمجة من معالجتها. ومن أمثلتها مستشعرات درجة الحرارة والضغط والتدفق.

تعمل مستشعرات درجة الحرارة على قياس درجات الحرارة داخل عملية معينة في النظام. وتكون المعلومات تناظرية وتُرسل إلى المتحكم المنطقي القابل للبرمجة لمعالجتها. في المجال الكيميائي، يُستخدم جهاز كشف الحرارة المقاوم لقياس درجة حرارة المفاعل الكيميائي. ويرسل المستشعر الإشارة التناظرية إلى نظام المتحكم المنطقي القابل للبرمجة لتفسيرها. وبعد ذلك، يحدد المتحكم ما إذا كان يجب رفع درجة حرارة المفاعل أو خفضها عن طريق تفعيل أنظمة التدفئة أو التبريد.



◄ مستشعر درجة حرارة الأنابيب.

◄ مستشعر تدفق المياه.

تعمل مستشعرات الضغط على قياس ضغط الغازات أو السوائل وتحويل القياس المادي إلى إشارة تناظرية يُفسرها المتحكم المنطقي القابل للبرمجة. ومن استخداماتها في قطاع النفط والغاز مراقبة الضغط وضبطه داخل خطوط أنابيب النفط والغاز، حيث تنتقل البيانات عبر إشارة تناظرية إلى المتحكم الذي يفسرها ويتخذ الإجراءات المناسبة سواءً بزيادة الضغط أو تخفيفه من خلال فتحات التهوية أو المضخات.

تحول مستشعرات التدفق معدلات التدفق إلى إشارات تناظرية. ومن استخداماتها في القطاع الكيميائي تنظيم تدفق المواد إلى العملية ذات الصلة وضبطه. كما أنه يقيس معدل التدفق ويرسل البيانات إلى المتحكم المنطقي القابل للبرمجة في صورة إشارة تناظرية. وبناءً على ذلك، يحدد المتحكم ما إذا كان يجب فتح الصمام الذي يزود المواد أو غلقه.

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 267 24/06/2025 07:35:08 ص

المصطلحات الرئيسة

الهوائيات/هوائي - مجال هندسي يستخدم الغاز أو الهواء تحت الضغط.

مفتاح التلامس الكهربائي - جهاز كهربائي يُستخدم لتشغيل دوائر التبديل وإيقافها.

أجهزة الإخراج الطرفية

أجهزة الإخراج الرقمية

تنفذ أجهزة الإخراج الرقمية التعليمات والإجراءات باستخدام إشارات رقمية صادرة عن المتحكم المنطقي القابل للبرمجة. ومن أمثلتها المؤشرات والأجهزة الكهروميكانيكية والأجهزة **الهوائية** الكهربائية.

توفر المؤشرات تمثيلًا مرئيًا لحالة الآلة أو العملية ذات الصلة. ومن أمثلة ذلك على آلة تصنيع هو استخدام اللون الأخضر للدلالة على "النشاط"، واللون الأصفر للدلالة على "التحذير"، واللون الأحمر للدلالة على "الخطأ".

يمكن للأجهزة الكهروميكانيكية، مثل المرحلات **ومفاتيح التلامس الكهربائية**، تبديل الأحمال الكهربائية ذات الطاقة العالية. ويمكن استخدام المرحلات للتحكم في المحركات والأضواء والأجهزة عالية الطاقة، بينما يمكننا استخدام مفاتيح التلامس الكهربائية للتحكم في الأحمال الكهربائية الثقيلة مثل دوائر التحكم في المحركات.

تتحكم الأجهزة الهوائية الكهربائية، مثل صمامات التحكم، في تدفق الغازات بالأنظمة الهوائية. ويمكن تنظيم التدفق بدقة في عددٍ من التطبيقات مثل الروبوتات في صناعات السيارات.

◀ الأنابيب والصمامات.

أجهزة الإخراج التناظرية

يمكن للمتحكم المنطقي القابل للبرمجة التحكم في أجهزة الإخراج التناظرية باستخدام الإشارات التناظرية. وتشمل الأمثلة على ذلك المحركات المؤازرة ومحركات التردد المتغير.

محركات التردد المتغير (VFDs) هي محركات كهربائية تعمل بالتيار المتردد، ويمكن التحكم في سرعتها وعزمها من خلال تغيير تردد الكهرباء المُدخَلة.

يُتيح المتحكم المنطقي القابل للبرمجة ضبط المحركات المؤازرة على مواضع وسرعات دقيقة باستخدام الإشارات. وتُستخدم هذه المحركات بشكلٍ شائع في آلات التحكم الرقمي باستخدام الحاسوب (CNC) وفي تطبيقات الروبوتات.

وقفة للتفكير ابحث كيفية اتصال كل جهاز من هذه الأجهزة بوحدات الإدخال والإخراج في المتحكم المنطقي القابل للبرمجة، وكيف يحول المتحكم البيانات إلى إشارة إخراج. هل يمكنك التفكير في كيفية استخدام كل جهاز إدخال وإخراج في تطبيق هندسي يعتمد على المتحكم المنطقي القابل للبرمجة؟

تلميح ابحث كل نوع من الأجهزة، واستعرض بيانات الشركات المُصنِّعة أو المعلومات الداعمة، وحدِّد نوع البيانات التي ينتجها كل جهاز.

توسيع الأفق اختر ثلاثة أجهزة، وحدِّد نماذج أو إصدارات مختلفة لكل منها، ثمّ قارن بينها.

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 268 24/06/2025 07:35:09 ص

◄ ذراع روبوتية تنفذ عملية محددة.

التشغيل الداخلي للمتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة

تستمر المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة في مرحلة فحص البرامج في أثناء التشغيل وتكرر هذه العملية عدة مرات في الثانية. ونطلق على هذه العملية اسم دورة الفحص، والتي تتألف من ثلاث مراحل فحص:

- مرحلة فحص الإدخال: تقرأ المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة حالة جميع أجهزة الإدخال المتصلة بوحدات الإدخال وتنقل بيانات الإشارة إلى وحدة المعالجة المركزية. وبعدها، يخزن المتحكم هذه البيانات على شكل "لقطة" في ذاكرته الداخلية في صورة جدول لبيانات الإدخال. تؤثر حالة كل مدخل في القرارات التي يتخذها المتحكم في أثناء مرحلة فحص البرنامج.
- مرحلة فحص البرنامج: تعمل المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة على تنفيذ البرنامج الذي كتبه المستخدم والمخزن في ذاكرتها. ويحدد البرنامج الإجراءات الواجب اتخاذها بناءً على حالة الإدخال في جدول بيانات الإدخالات. وتحدد وحدة المعالجة المركزية هذه الإجراءات وإرسال بيانات الإشارة إلى وحدات الإخراج.
- مرحلة فحص الإخراج: تتولى المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة تحديث حالة الإخراج بناءً على تنفيذ برنامج المستخدم. وتنفذ الأجهزة الخارجية المتصلة بوحدات الإخراج الإجراءات المطلوبة. يجري إعادة تشغيل العملية بأكملها داخل المتحكم المنطقي القابل للبرمجة.

ويؤدي التنفيذ السريع والمتكرر لهذه المسوحات الثلاثة إخراجات في الزمن الحقيقي بناءً على حالة الإدخالات.

وقفة للتفكير	ما العوامل التي قد تؤثر في سرعة دورة الفحص في المتحكم المنطقي القابل للبرمجة؟ هل يمكنك التفكير في أي ميزات للمتحكم المنطقي القابل للبرمجة تطرَّق إليها نتاج التعلم هذا قد تحدد مدى سرعة دورة الفحص أو بطئها؟
تلميح	تقرأ مرحلة الفحص الأول حالات كل جهاز إدخال. وتتطلب العديد من الأجهزة وقتًا أطول لإتمام عملية الفحص. ما العوامل الأخرى التي قد تؤثر في هذا الوقت؟
توسيع الأفق	ما تأثير حجم البرنامج وذاكرة المتحكم في دورة الفحص؟

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 269 24/06/2025 07:35:09 ص

تمرين تقييمي 36.1

تعمل في منظمة هندسية تصنع مكونات السيارات. وكلفوك بقيادة عملية ترقية نظام التحكم المستخدم في تصنيع المكونات الكهربائية الخاصة بأجهزة السلامة في المركبات.

النظام الحالي يعاني تقادم تقني، وكفاءة تشغيلية منخفضة، وأعطال متكررة، إضافة إلى محدودية قدرته على مواكبة متطلبات الإنتاج المتغيرة. ويتمثل الهدف من المشروع في تنفيذ نظام تحكم حديث قائم على المتحكم المنطقي القابل للبرمجة لزيادة الموثوقية والكفاءة وتأمين استدامة العمليات مستقبلًا.

طلب منك مدير المشروع التحقيق في ثلاثة أنواع مختلفة من المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة وتحليلها. يجب عليك تحديد التطبيقات الحالية التي يُستخدَم نوع فيها واقتراح تحسينات ممكنة لكل تطبيق.

في كل نوع، يجب تحديد ووصف الغرض من العناصر الآتية:

- مزود الطاقة
- وحدة المعالجة المركزية
- وحدات التحكم الأحادية مقارنة بوحدات التحكم المعيارية
- واجهات الإدخال
- واجهات الإخراج
- أجهزة الإخراج الطرفية
- المسح الضوئي باستخدام المتحكم المنطقي القابل للبرمجة

يجب عليك مقارنة تطبيقين باستخدام الرسومات البيانية المناسبة لدعم تقييماتك.

يجب عليك تلخيص النتائج التي توصلت إليها في عرض تقديمي يمكن تقديمه إلى مدير المشروع وبقية الفريق الهندسي.

التخطيط

أعد خطة لإنجاز التقييم – أعد قائمة بجميع المهام التي تحتاج إلى إنجازها وحدِّد متى يجب الانتهاء منها.

التنفيذ

تأكد من تغطية ثلاثة أنواع من المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة، والميزات المشتركة بينها، واذكر أمثلة عن استخدام كل نوع منها. تأكد من مقارنة تطبيقين مختلفين.

المراجعة

اقرأ ما كتبته وتأكد من أنه واضح ودقيق.

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 270 24/06/2025 07:35:10 ص

ب استكشاف هياكل البرمجة وطرق التحكم في المتحكم المنطقي القابل للبرمجة

بيئة التطوير المتكاملة

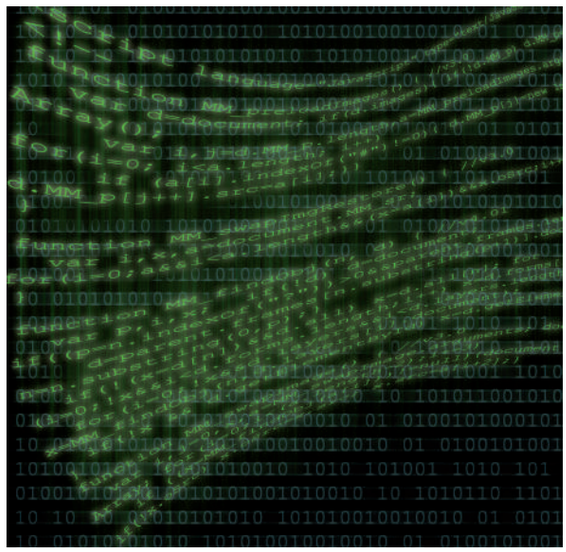
بيئة التطوير المتكاملة (IDE) عبارة عن أداة برمجية يستخدمها مطورو البرامج والمبرمجون، حيث تدعمهم في عملية تصميم البرامج وتطويرها واختبارها وتصحيح الأخطاء فيها. وتوفر بيئات التطوير المتكاملة الخاصة بالمتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة مجموعة أدوات من شأنها مساعدة المهندسين على تطوير أنظمة المتحكمات بكفاءة وفعالية. وهي تتألف عادةً من محررات لكتابة شفرة المصدر وأدوات البناء ومصححات الأخطاء.

محررات شفرة المصدر

توفر محررات **شفرة المصدر** مساحة عمل لكتابة شفرة المصدر الخاصة بالمتحكم المنطقي القابل للبرمجة وتحريرها. وتقدم بعض بيئات التطوير المتكاملة ميزة تمييز **البنية اللغوية (الصياغة)** باستخدام ألوان مختلفة لكل عنصر من عناصر كود البرنامج. كما يمكنها التنبؤ بالأخطاء وتحديدها داخل الكود قبل تنفيذه.

أدوات البناء

تعمل أدوات البناء، مثل **المترجم**، على تحويل شفرة المصدر المفهومة للبشر (عالية المستوى) إلى شفرة قابلة للفهم الآلي (أو منخفضة المستوى) يمكن للمتحكم المنطقي القابل للبرمجة تنفيذه. وتحدد أدوات البناء أي أخطاء قد تكون موجودة في الشفرة، مثل أخطاء الصياغة أو الأخطاء المنطقية أو أخطاء **وقت التشغيل**.



◄ كود برمجي ثنائي

مصححات الأخطاء

مصحح الأخطاء هو أداة أساسية خلال تطوير برامج المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة. ويُستخدم بغرض تحديد المشكلات وحلها في أثناء تشغيل البرنامج. ويمكن من خلاله فحص البرنامج في أثناء عملية التنفيذ ووضع **نقاط التوقف** وتحليل المتغيرات. وتوفر العديد من بيئات التطوير المتكاملة الخاصة بالمتحكمات المنطقية ميزات المحاكاة التي تتيح تشغيل البرنامج دون الحاجة إلى الاتصال بجهاز متحكم فعلي، وهو ما يعزز من قدرات تصحيح الأخطاء.

المصطلحات الرئيسة

شفرة المصدر - التعليمات التي تحدد ما يجب أن يفعله البرنامج الحاسوبي.

البنية اللغوية (الصياغة) - أسلوب لغة البرمجة وتنسيقها.

المُصرِّف البرمجي (المترجم) - يترجم شفرة المصدر إلى تعليمات يمكن للحاسوب تفسيرها.

وقت التشغيل - الوقت الذي يجري فيه تشغيل البرنامج أو تنفيذه.

نقطة التوقف - نقطة يتوقف فيها البرنامج مؤقتًا للسماح للمبرمج بفحصه.

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 271 24/06/2025 07:35:11 ص

وقفة للتفكير ناقشوا في مجموعات صغيرة بيئات التطوير المتكاملة وفوائدها للمبرمجين والمطورين.

تلميح ابحثوا عن أنواع مختلفة من بيئات التطوير المتكاملة وفوائدها.

توسيع الأفق أعدوا قائمة ببعض بيئات التطوير المتكاملة واللغات التي تستخدم معها وفوائدها.

مهارات برمجة المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة

توجد العديد من طرق برمجة المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة التي يمكن مراعاتها عند حل مشكلة معينة. ويعتمد اختيار الطريقة على تعقيد المشكلة، وخبرة المبرمج والتفضيلات والميزات المحددة للمتحكم المنطقي. وتتيح العديد من المتحكمات المنطقية استخدام طرق متعددة في أثناء التطوير، ما يمنح المبرمج الحرية لاختيار الأفضل للجزء المحدد من المنطق. ويعمل **المعيار الدولي** (IEC 61131-3) على توحيد طرق البرمجة التالية لاستخدامها عبر المتحكم.

إن تصميم برنامج يحافظ على درجة الحرارة داخل الفرن يوفر نظرة عامة على المخططات السلمية وقوائم البيانات. يجب أن يحافظ الفرن على درجة حرارة ثابتة تبلغ 1000 درجة مئوية، لأن انخفاض الحرارة عن هذا المستوى أو ارتفاعها ولو بدرجة واحدة يمكن أن يؤثر سلبًا في أداء العملية. إذا كانت درجة الحرارة أقل من الدرجة المستهدفة، يجب تفعيل السخان على وضع الهواء الداخل. وإذا كانت درجة الحرارة أعلى من الدرجة المستهدفة، يجب فتح فتحات التهوية لخفض درجة الحرارة.

المخططات السلمية

تمثل المخططات السلمية دوائر التحكم لبرنامج المتحكم المنطقي القابل للبرمجة بطريقة مرئية ورسومية. وتستخدم هذه المخططات تصميمات تشبه السلم وتحاكي مخططات منطق المرحلات التقليدية. ونظرًا لكونها تبدو مشابهة لدوائر المرحلات الكهربائية، فإن الفهم المسبق لها يمكن أن يساعد بشكل كبير على رسم المخططات السُلميّة. من ميزات المخططات السُلميّة:

- سهلة القراءة
- تُنشأ على الحاسوب.
- تُنفذ تنازليًا (من الأعلى إلى الأسفل)

يجري تنفيذ بيانات البرنامج السُلمي الخاص بك بشكلٍ عمودي، وهو ما يجعله يبدو مشابهًا للسلم.

وتتألف المخططات السُلمية من رموز تُعطي تعليمات للمتحكم المنطقي القابل للبرمجة. وتتمثل التعليمات الأساسية الأكثر شيوعًا، حسبما هو موضح في الشكل 36.2، في "التحقق من الإغلاق (XIO)" المشار إليها بالرمز "1" و"ملف الإخراج" المشار إليها بالرمز "2".

الشكل 36.2 مخطط سلمي يوضح أحد المدخلات والمخرجات.

XIO تعليمة شرطية تتحقق مما إذا كان الشيء صحيحًا أم خاطئًا. على سبيل المثال، يمكنها التحقق مما إذا كان زر معين مضغوطًا أم محررًا. وعادةً ما تكون هذه التعليمة مفتوحة بشكلٍ طبيعي وتعمل بنفس طريقة المكون المفتوح عادةً في الدائرة الكهربائية. وتُخصص لهذه التعليمة عنوان الذاكرة "1"، والذي يمثل إدخالًا في نظامنا.

عندما تبدأ دورة فحص المتحكم المنطقي القابل للبرمجة، يقرأ المتحكم حالة جميع الإدخالات ويخزنها في الذاكرة، حيث سيُخزّن المتحكم كل إدخال إما بالرقم 1 (مرتفع/نشط/صحيح) وإما بالرقم 0 (منخفض/غير نشط/خاطئ). وإذا كانت القيمة المخزنة للإدخال هي 1، فإن حالة التعليمة "1" ستكون مرتفعة/نشطة/صحيحة، وهو ما يسمح للبرنامج بالاستمرار.

نخصص لملف الإخراج عنوان الذاكرة "2". ويعمل ملف الإخراج على تشغيل شيء ما أو إيقافه، مع إعطائه قيمة إما بالرقم 1 وإما بالرقم 0، أي صحيح أو خاطئ على التوالي. وهذه التعليمة تُخرج النتيجة بناءً على القرار المُتخذ للعنوان "1".

المصطلحات الرئيسة

المعيار الدولي - معيار تقني وضعته منظمة دولية أو عدة منظمات دولية بغرض تحديد طريقة مشتركة لتصميم العمليات الصناعية وتشغيلها وصيانتها على مستوى العالم.

IEC - اللجنة الكهروتقنية الدولية، وهي منظمة تنشر معايير دولية يجب على الشركات المصنعة اتباعها. على سبيل المثال، يتناول المعيار IEC 61131-3 برامج التحكم داخل المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة.

بحث

تحقق من المعيار الدولي IEC 61131-3. ما الغرض من تنفيذ معيار للمتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة وكيف يفيد ذلك القطاعات التي تستخدم هذه الأجهزة؟

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 272 24/06/2025 07:35:11 ص

وقفة للتفكير	ما الاعتبارات التي يجب مراعاتها عند تصميم وتطوير مخطط سلمي لبرنامج المتحكم المنطقي القابل للبرمجة؟
تلميح	راعي إضافة التنظيم المنطقي وقابلية القراءة واستخدام الرموز وفعالية منطق التحكم عند تصميم مخطط سُلمي.
توسيع الأفق	كيف تؤثر اختياراتك عند تصميم مخطط سُلمي في كفاءة برنامج المتحكم المنطقي القابل للبرمجة وقابليته للصيانة وقابلية التوسع؟

قائمة البيانات (ST)

قائمة البيانات (ST)، التي تُعرف أيضًا بقائمة التعليمات (IL)، هي لغة برمجة نصية منخفضة المستوى تُشبه لغة التجميع. وتوفر هذه اللغة منطق تحكم دقيق ومختصر للمتحكم المنطقي القابل للبرمجة. وتستخدم هذه اللغة تعليمات القفز واستدعاءات **الروتينات الفرعية** بغرض تنفيذ تدفق التحكم في البرنامج.

يوضح الجدول 36.3 استخدام قائمة البيانات في مثال الفرن الذي عرضناه.

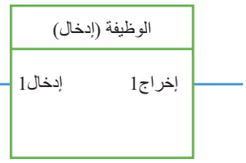
الجدول 36.3 تعليمات ونتائج قائمة البيانات الخاصة بالفرن

التعليمات	النتيجة
LD T:3	تحميل درجة حرارة الفرن
LD AI:4	تحميل قيمة مستشعر درجة الحرارة
ST TempValue	تخزين القيمة في متغير مؤقت
LD TempValue	تحميل القيمة المخزنة
GT SetPoint	مقارنة ما إذا كانت القيمة المخزنة أكبر من القيمة المستهدفة
ST Vent	تخزين نتيجة المقارنة في المتغير
JMP NextRun	الانتقال إلى السطر التالي
LD TempValue	تحميل القيمة المخزنة
LT SetPoint	مقارنة ما إذا كانت القيمة المخزنة أقل من القيمة المستهدفة
ST Heater	تخزين نتيجة المقارنة في المتغير
NextRung	متابعة إلى السطر التالي
LD Heater	تحميل حالة السخان
OUT Q:1	الإخراج إلى السخان
LD Vent	تحميل حالة فتحة التهوية
OUT Q:2	الإخراج إلى فتحة التهوية

المخططات الوظيفية

المخططات الوظيفية، التي تُعرف أيضًا بمخططات الكتل الوظيفية (FBD)، هي تمثيلات رسومية للعمليات ومهام التحكم داخل المتحكم المنطقي القابل للبرمجة. ويشجع هذا الأسلوب في البرمجة على **التقسيم إلى وحدات** وإعادة الاستخدام. وهو مثالي للأنظمة المعقدة ذات الوظائف المتعددة.

نضع جميع الوظائف في مخططات الكتل الوظيفية داخل كتل تمثل العلاقة بين حالات الإدخال والإخراج، بحيث تحتوي كل كتلة على إدخال واحد أو أكثر وإخراج واحد أو أكثر.



الشكل 36.3 كتلة وظيفية تعرض إدخالًا واحدًا وإخراجًا واحدًا.

المصطلحات الرئيسة

الروتين (البرنامج) الفرعي - مجموعة من التعليمات لتنفيذ مهمة محددة في برنامج حاسوبي.

التقسيم إلى وحدات - تقسيم النظام إلى وحدات أصغر قابلة للتبديل.

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 273 24/06/2025 07:35:11 ص

نرسم الكتلة الوظيفية على شكل مربع يحتوي على وصف الوظيفة في الجزء العلوي، مع وجود وصلات الإدخال (INput) والإخراج (OUTput) داخله. وتوضح الكتلة الوظيفية في الشكل 36.3 وظيفة تحتوي على إدخال واحد وإخراج واحد. توفر مخططات الكتل الوظيفية بالفعل العديد من الكتل الوظيفية الجاهزة. وكذلك، يمكن إنشاء كتل وظيفية مخصصة بحسب الحاجة. فعلى سبيل المثال، يمكنك إنشاء كتلة وظيفية للتحكم في محرك وإعادة استخدامها في جميع أجزاء برنامجك.

لغات البرمجة الرسومية

تسمح لغات البرمجة الرسومية بسحب عناصر التحكم وإفلاتها على واجهة رسومية. وقد تشمل العناصر الكتل والأسلاك والموصلات. وهي مثالية للمبرمجين الذين يفضلون البرمجة المرئية.

المخططات المقلدة

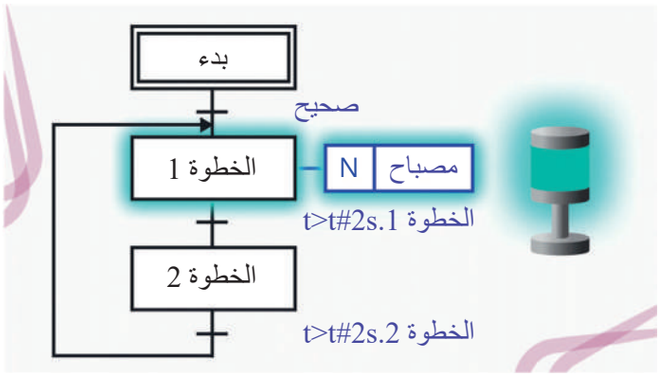
المخطط المقلد هو تمثيل رسومي لنظام المتحكم المنطقي القابل للبرمجة في الحياة الواقعية. فهو يُحاكي العالم الحقيقي وتصميم النظام، حيث يعرض رموزًا وأشكالًا وصورًا لتمثيل العناصر المختلفة.

◄ المخططات المقلدة على وحدات التحكم الآلي.

مخططات الوظائف المتسلسلة

تشبه مخططات الوظائف المتسلسلة (SFCs) إلى حدٍ كبير مخططات التدفق. وتحدد هذه المخططات الخطوات في برنامج المتحكم المنطقي القابل للبرمجة المرتبطة بالإجراءات. كما توضح الانتقالات بين الخطوات باستخدام الشروط المنطقية، وتعمل كذلك على تحديد الروابط بين الخطوات والانتقالات.

يتدفق البرنامج بشكلٍ متسلسل، حيث تكون الخطوة نشطة عندما تكون جميع الخطوات التي تسبقها نشطة هي الأخرى.



الشكل 36.4 مخطط التدفق المتسلسل.

تطبيق النظرية

فكر في سيناريو سير نقل يزن طردًا عندما يمر الطرد فوق جزء منه. إذا كان وزن الطرد أكبر من 1 كجم، فإنه يُنقل إلى نظام نقل على جهة اليسار. أما إذا كان وزن الطرد أقل من 1 كجم، فإنه يبقى على نفس المسار.

صمم وطوّر برنامج مخطط سُلمي لنظام المتحكم المنطقي القابل للبرمجة. وأجري محاكاة للنظام باستخدام بيئة تطوير مناسبة. وبعد ذلك، اعرض المتحكم المنطقي العامل الخاص بك على زميل، وناقش معه طرق تحسين النظام في المستقبل.

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 274 24/06/2025 07:35:13 ص

استخدام أنظمة الأرقام وتفسيرها

تستخدم المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة أنظمة أرقام مختلفة داخل برامجها وفي أثناء تنفيذها. وتُستخدم أنظمة الأرقام بغرض تمثيل البيانات ومعالجتها. وتعتبر التحويلات بين أنظمة الأرقام عنصرًا ضروريًا لعمل البرنامج. ويعتمد اختيار نظام الأرقام على متطلبات التطبيق أو المهمة المطلوبة.

النظام الثنائي

النظام الثنائي، المعروف أيضًا باسم **الأساس الثنائي**، هو نظام أرقام أساسي في جميع الحواسيب. وهو يستخدم رقمين فقط، 1 و0، لتمثيل القيم. ويمثل كل **بت** في النظام الثنائي قوة من قوى العدد 2. وتشمل الاستخدامات الشائعة للنظام الثنائي في المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة الآتي:

- الإدخالات والإخراجات الرقمية، مثل المستشعرات الرقمية أو المفاتيح أو المشغلات. يمكن للمتحكم تفسير حالات التشغيل/الإيقاف أو المرتفع/المنخفض في صورة قيم من الرقم 1 و0.
- العمليات المنطقية الثنائية، مثل AND وOR وNOT وXOR وNAND، التي تُستخدم لمعالجة وتفسير الشروط المنطقية واتخاذ القرارات داخل برامج التحكم.
- تمثيل الذاكرة بوصفها إدخالات رقمية وإخراجات ومتغيرات داخلية وأعلام الحالات. وتُعرض هذه العناصر في الذاكرة بصيغة ثنائية.

المصطلحات الرئيسة

الأساس الثنائي (Base-2) - كل موضع رقمي يمثل قوة من العدد 2.

بت: أصغر وحدة بيانات في الحوسبة.

الأساس الثنائي (Base-10) - كل موضع رقمي يمثل قوة من العدد 10.

قوى الأعداد (الأسس) - عدد (الأساس) يُرفع إلى أس (القوة) للحصول على النتيجة.

الأساس الست عشري (Base-16) - كل موضع رقمي يمثل قوة من العدد 16.

النظام العشري

النظام العشري، المعروف أيضًا باسم **الأساس العشري**، هو نظام الأرقام الذي يستخدمه الكثير من الأشخاص. ويعتمد هذا النظام على **قوى العدد (أسس)** 10. وتستخدم المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة الأرقام العشرية لقيم مثل قيم العرض ومعلمات أخرى، مثل:

- عنونة الذاكرة: مثل مواقع الذاكرة الخاصة ببيانات الإدخال والإخراج أو تعليمات البرنامج أو المتغيرات الداخلية.
- العمليات الرياضية: تُستخدم غالبًا في عمليات الجمع والطرح والضرب والقسمة.
- العد والتوقيت: تُستخدم غالبًا لتمثيل العدادات والمؤقتات، مثل إضافة قيمة عشرية أو إزالتها من عداد للتحكم في إشارة إخراج.

النظام الست عشري

النظام الست عشري، المعروف أيضًا **بالأساس الست عشري**، هو نظام أرقام يستخدم الأرقام من 0 إلى 9 والحروف من A إلى F لتمثيل القيم. وتشمل الاستخدامات الشائعة للنظام الست عشري في المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة ما يأتي:

- عناوين الذاكرة: لتحقيق الكفاءة.
- عرض تفريغ الذاكرة.

النظام العشري المشفر ثنائيًا

يمثل النظام العشري المشفر ثنائيًا (BCD) القيم العشرية بصيغة ثنائية. ويعمل هذا النظام على تمثيل كل رقم عشري باستخدام كتلة مكونة من أربعة بتات ثنائية. وغالبًا ما تستخدم المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة هذا النظام مع:

- العمليات الحسابية الدقيقة، مثل عمليات الاتصال بالبيانات.
- معالجة الإدخالات التناظرية
- المعالجة الأبجدية.

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 275 24/06/2025 07:35:13 ص

التحويلات

الجدول 36.4 كيفية التحويل بين أنظمة الأرقام المختلفة

نظام الأرقام المصدر	نظام الأرقام المستهدف	الخطوات
النظام الثنائي	النظام العشري	1 اكتب العدد الثنائي. 101101_2 2 عيّن القيم الموضعية لكل بت، بدءًا من أقصى اليمين، مع مضاعفة القيمة لكل موضع جديد. $2^5,2^4,2^3,2^2,2^1,2^0$ 3 اضرب كل بت في قيمته الموضعية واجمع النتائج. $1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 45_{10}$
النظام العشري	النظام الثنائي	1 اقسم العدد على 2 وسجل الباقي. 45_{10} بالقسمة على 2 = 22، الباقي 1 2 كرر العملية باستخدام النتيجة حتى تصبح الإجابة 0. 22 بالقسمة على 2 = 11، الباقي 0 11 بالقسمة على 2 = 5، الباقي 1 5 بالقسمة على 2 = 2، الباقي 1 2 بالقسمة على 2 = 1 الباقي 0 1 بالقسمة على 2 = 0، الباقي 1 3 اكتب الباقي بترتيب عكسي للحصول على القيمة في النظام الثنائي. 101101_2
النظام الثنائي	النظام الست عشري	1 اكتب العدد الثنائي. 11000011 2 قسّم العدد الثنائي إلى مجموعات رباعية البت (كتل مكونة من أربع بتات). 0011 1100 3 حوّل كل مجموعة رباعية البت من 4 بتات إلى نظام عشري، ثمّ طابقه مع القيمة المقابلة في النظام الست عشري على النحو الموضح في الجدول 36.5. $1100_2 = 12_{10} = C_{16}$ $0011_2 = 3_{10} = 3_{16}$ 4 أخيرًا، اجمع القيم الست عشرية C3
النظام الست عشري	النظام الثنائي	1 افصل القيمة الست عشرية إلى أحرف فردية. C 3 2 حوّل كل قيمة إلى رقم عشري. $C_{16} = 12_{10}$ $3_{10} = 3_{16}$ 3 حوّل كل قيمة عشرية إلى مجموعة ثنائية رباعية البت. $1100_2 = 12_{10}$ $0011_2 = 3_{10}$ 4 اجمع المجموعات رباعية البت لتكوين رقم ثنائي واحد. 11000011_2
النظام الثنائي	النظام العشري المشفر ثنائيًا	1 اكتب العدد الثنائي. 1101011101_2 2 قسم العدد الثنائي إلى مجموعات رباعية البت بدءًا من اليمين. إذا كانت المجموعة رباعية البت الموجودة في أقصى اليسار تحتوي على أقل من أربعة أرقام، فابدأ برقم 0. $0011\ 0101\ 1101_2$ 3 حوّل كل مجموعة إلى رقم ثنائي. $13_{10} = 1101_2, 5_{10} = 0101_2, 3_{10} = 0011_2$ 4 اجمع القيم الثنائية لتشكيل قيمة النظام العشري المشفر ثنائيًا. 3513_{BCD}

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 276 24/06/2025 07:35:13 ص

النظام العشري المشفر ثنائيًا	النظام الثنائي	1 اكتب قيمة العدد العشري المشفر ثنائيًا. 3513_{BCD} 2 افصل كل رقم على حدة. 3 1 5 3 3 حوّل كل رقم إلى ما يعادله من المجموعة رباعية البت. $3_{BCD} = 0011_2$, $5_{BCD} = 0101_2$, $1_{BCD} = 0001_2$, $3_{BCD} = 0011_2$ 4 اجمع المجموعات رباعية البت لإعطاء القيمة الثنائية. 11010100010011^2

الجدول 36.5 جدول تحويل من النظام الست عشري إلى النظام العشري. هل حاولت التحويل من النظام الثنائي إلى النظام الست عشري باستخدام هذا الجدول؟

النظام الست عشري	النظام العشري			النظام الست عشري	النظام العشري
0	0			8	8
1	1			9	9
2	2			A	10
3	3			B	11
4	4			C	12
5	5			D	13
6	6			E	14
7	7			F	15

وقفة للتفكير

حوّل بين أنظمة الأرقام المختلفة التي تستخدمها المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة. وأظهر الأعمال التي تنفذها.

1. حوّل العدد 126 من النظام العشري إلى النظام الثنائي.
2. حوّل العدد 110001011011 من النظام الثنائي إلى النظام العشري.
3. حوّل العدد 77 من النظام العشري إلى النظام الست عشري.
4. حوّل A3D6BA398D8E من النظام الست عشري إلى النظام العشري المشفر ثنائيًا

تلميح نفذ كل عملية تحويل باستخدام جدول التحويلات. قد تحتاج إلى التحويل من نوع لآخر قبل الوصول إلى نظام الأرقام المستهدف.

توسيع الأفق هل يمكنك التفكير في أنظمة الحاسوب والأجهزة المنزلية التي تستخدم كل نوع من أنظمة الأرقام؟

المهارات

- التحليل التفسيري

برمجة المتحكم المنطقي القابل للبرمجة في المنطق السُلمي

الآن بعد أن تناولنا لغات البرمجة وأنظمة الأرقام المختلفة المستخدمة في المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة، توجد فرصة لحل بعض المشكلات الهندسية.

السيناريوهات

التحكم في المحرك باستخدام أزرار التشغيل والإيقاف

عليك أولًا تحديد الإدخالات والإخراجات. وننفذ ذلك من خلال سرد الإدخالات والإخراجات في نظامنا ومنحها عناوين داخل البرنامج. وتُعنون الإدخالات والإخراجات والمتغيرات الداخلية داخل البرنامج باستخدام أرقام ومعرفات أبجدية رقمية. ويمكن للمبرمجين تعيين هذه الأرقام يدويًا أو يمكن للمتحكم المنطقي القابل للبرمجة القيام بذلك تلقائيًا. وخصصنا العناوين I:0 و I:1 و O:0 لأجهزة الإدخال والإخراج الواردة في الجدول 36.6 على التوالي.

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 277 24/06/2025 07:35:13 ص

الجدول 36.6 الإدخالات والإخراجات

الإدخالات	الإخراجات
زر التشغيل - العنوان I:0	المحرك - العنوان O:0
زر الإيقاف - العنوان I:1	

المصطلحات الرئيسة

المنطق التوافقي - اعتمادية الإخراج على مجموعة من الإدخالات.

التعبير البولياني (المنطقي) - يُقيّم البيانات المنطقية ليحدد إذا كانت صحيحة أو خاطئة.

يمكننا وصف هذا **المنطق التوافقي** باستخدام **التعبير البولياني (المنطقي)**:

$$Y_2 = (X_1\ Y_1) + X_2$$

يعتمد إخراج المنطق على الإدخالات في لحظة معينة.

الشكل 36.5 مخطط سُلمي لإدخالات التشغيل والإيقاف ومحرك الإخراج.

في برنامجنا الموضح في الشكل 36.5، لدينا إدخال لزر التشغيل (يظهر على أنه مفتوح بشكلٍ طبيعي). عند الضغط على هذا الزر، تكتمل الدائرة ويعمل المحرك. لدينا إدخال لزر الإيقاف (الموضح بأنه "مغلق عادةً"). عند الضغط على هذا الزر، تُقطَع الدائرة ويتوقف المحرك.

يتضمن المنطق التسلسلي عملية يعتمد فيها الإخراج على إدخالات النظام وكذلك على تسلسل الإدخالات والإخراجات السابقة. في سيناريو المثال الخاص بنا، سنضيف منطقًا تسلسليًا لإيقاف تمدد المكبس الهوائي بمجرد الضغط على المفتاح الحدي وإعادة المكبس إلى موضعه الأصلي.

استخدام مكبس هوائي لسحق علبة معدنية

سيؤدي الضغط على الزر إلى تشغيل المكبس الهوائي لسحق علبة معدنية. ويجب أن يتوقف عند مفتاح حدي ثم يعود إلى وضعه الأصلي.

أولاً، عليك تحديد عناوين الإدخالات والإخراجات الخاصة بالبرنامج. يُظهر الجدول 36.7 أننا قد خصصنا العناوين I:0 و I:1 للإدخالات، والعناوين O:0 و O:1 للإخراجات.

الجدول 36.7 قائمة إدخالات وإخراجات

الإدخالات	الإخراجات
زر التشغيل - العنوان I:0	ممدد المكبس الهوائي - العنوان O:0
المفتاح الحدي - العنوان I:1	أداة سحب المكبس الهوائي - العنوان O:1

سيؤدي السطر الأول في المخطط السُلمي إلى تمديد المكبس الهوائي عند الضغط على زر التشغيل، كما هو موضح في الشكل 36.6.

الشكل 36.6 مخطط سُلمي للإدخال والإخراج الخاص بالتمديد.

يتعامل الجزء التالي من البرنامج مع إيقاف زر التشغيل، وإيقاف التمديد، وتفعيل السحب.

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 278 24/06/2025 07:35:13 ص

الشكل 36.7 مخطط سُلمي للمفتاح الحدي مع وظائف إعادة الضبط والسحب.

يعمل ملف إعادة الضبط، الممثل بالحرف (R) في الشكل 36.7، على إعادة ضبط أو مسح حالة عناصر معينة داخل نظام المتحكم المنطقي القابل للبرمجة. في برنامجنا، تتولى ملفات إعادة الضبط مهمة إعادة ضبط حالة إخراجات التشغيل والتمديد.

إضافة مؤقت إلى المكبس الهوائي

في هذا المثال، يؤدي الضغط على زر إلى تشغيل المكبس الهوائي لسحق علبة معدنية. ويجب أن يتوقف المكبس عند المفتاح الحدي. ومع ذلك، في هذا المثال، يجب أن ينتظر خمس ثوانٍ قبل العودة إلى وضعه الأصلي.

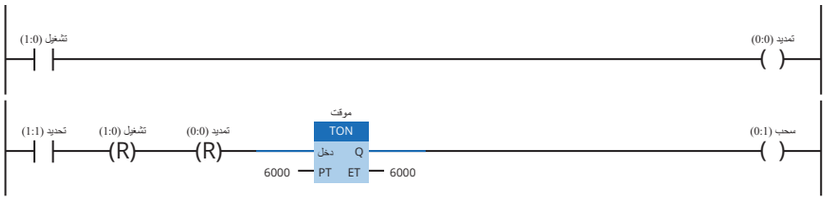
نعمل على توسيع البرنامج السابق من خلال إضافة مؤقت إلى المنطق. ويتطلب المؤقت متغيرًا داخليًا يحدد قيمة الهدف. وفي هذا البرنامج، سننشئ متغيرًا يسمى DelayTime عند العنوان M:0.

هناك ثلاثة أنواع من المؤقتات في برمجة المتحكم المنطقي القابل للبرمجة:

- مؤقت تأخير التشغيل (TON): يبدأ هذا المؤقت العد إلى قيمة مستهدفة معينة عندما تصبح حالة الإدخال صحيحة. وعندما يصل المؤقت إلى الوقت المستهدف، يعمل المتحكم المنطقي القابل للبرمجة على تفعيل الإخراج.
- مؤقت تأخير الإيقاف (TOF): يبدأ هذا المؤقت العد إلى قيمة مستهدفة معينة عندما تصبح حالة الإدخال خاطئة. وعندما يصل المؤقت إلى الوقت المستهدف، يعمل المتحكم المنطقي القابل للبرمجة على إلغاء تفعيل الإخراج.
- المؤقت الاحتفاظي (TONR): يحتفظ هذا المؤقت بالقيمة التي جرى عدها حتى بعد أن تصبح حالة الإدخال خاطئة. ويستمر في العد من تلك القيمة المحتفظ بها عندما تصبح حالة الإدخال صحيحة مرة أخرى.

في هذا السيناريو، سنطبق التحكم بمؤقت تأخير التشغيل في برنامجنا للانتظار خمس ثوانٍ قبل سحب المكبس الهوائي.

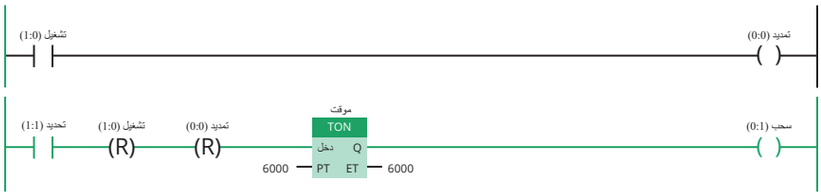
في المخطط السُلَّمي الموضح في الشكل 36.8، أضفنا عنصر تحكم بمؤقت تأخير التشغيل بين أدوات إعادة الضبط على عناصر التحكم في التشغيل والتمديد. ويحتوي عنصر التحكم هذا على هدف زمني قدره 5000 ملي ثانية وزمن حالي مقداره 0 ملي ثانية.



الشكل 36.8 مخطط سُلمي مضاف إليه مؤقت.

في أثناء تشغيل برنامج المتحكم المنطقي القابل للبرمجة، نضغط على زر التشغيل لتفعيل تمديد المكبس. ويصل البرنامج إلى المفتاح الحدي، وبعدها يجري إعادة ضبط عناصر التحكم الخاصة بزر التشغيل والتمديد، ويبدأ المؤقت بالعد للوصول إلى القيمة المستهدفة، وعندما يصل البرنامج إليها، فإنه يُفعّل عنصر التحكم في إخراج السحب. يمكننا رؤية نتائج البرنامج في الشكل 36.9، حيث تكون عناصر التحكم المفعّلة باللون الأخضر.

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 279 24/06/2025 07:35:13 ص



الشكل 36.9 مخطط سُلمي قيد التشغيل. ويمثل اللون الأخضر (السطر السفلي) عناصر التحكم المفعلة.

تمديد مكبس هوائي مزود بدرج تجميع

كما هو الحال في السيناريوهات السابقة، يؤدي الضغط على زر إلى تشغيل المكبس الهوائي لسحق علبة معدنية. ويجب أن يتوقف المكبس عند مفتاح حدي وينتظر خمس ثوانٍ قبل العودة إلى وضعه الأصلي. بعد كل دورة تشغيل، يفرغ النظام العلبة المسحوقة إلى درج تجميع. يمكن للدرج أن يحمل 100 علبة فقط، وبالتالي، يطلق النظام إنذارًا عند الوصول إلى هذا العدد.

في هذا السيناريو، سنعدل البرنامج الحالي لإضافة إخراجات إضافية وعداد.

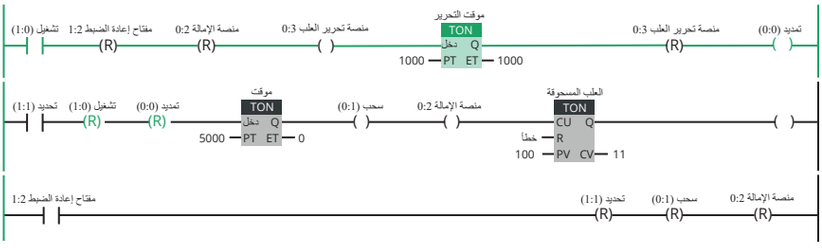
هناك نوعان من العدادات يجب مراعاتها لهذا البرنامج:

- العداد التصاعدي (CTU): يُضيف العداد التصاعدي واحد (1) إلى قيمته في كل مرة تنتقل فيها حالة الإدخال من خاطئة إلى صحيحة. وعندما يصل النظام إلى القيمة المستهدفة، يُولد العداد إشارة إخراج يمكنها تفعيل جهاز الإخراج.
- العداد التنازلي (CTD): يطرح العداد التنازلي واحد (1) من قيمته في كل مرة تنتقل فيها حالة الإدخال من خاطئة إلى صحيحة. وعندما يصل النظام إلى القيمة المستهدفة، يُولد العداد إشارة إخراج يمكنها تفعيل جهاز الإخراج.

في هذا السيناريو، سنستخدم عدادًا تصاعديًا. وسيضيف هذا العداد واحدًا (1) إلى العد في كل مرة يسحق النظام علبة، مع تطبيق حد أقصى قدره 100 علبة.

الجدول 36.8 قائمة إدخالات وإخراجات

الإدخالات	الإخراجات
زر التشغيل - العنوان I:0	ممدد المكبس الهوائي - العنوان O:0
المفتاح الحدي - العنوان I:1	أداة سحب المكبس الهوائي - العنوان O:1
مفتاح إعادة الضبط - العنوان I:2	منصة الإمالة - العنوان O:2 منصة تحرير العلب - العنوان O:3 المنبه - العنوان O4:



الشكل 36.10 مخطط سُلمي كامل. هل يمكنك تحديد كل سيناريو في المخطط؟

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 280 24/06/2025 07:35:14 ص

في الشكل 36.10، عمدنا إلى توسيع البرنامج لإضافة مجموعة إضافية من الإدخالات والإخراجات للمساعدة على تطبيق هذا المنطق الجديد.

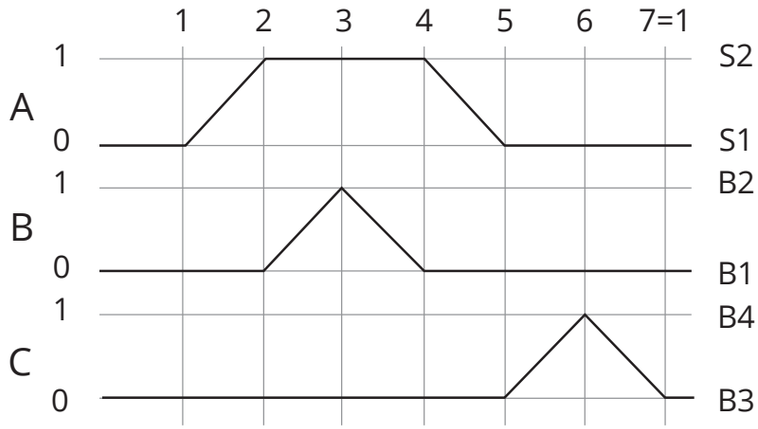
◀ مكبس هوائي.

مخططات خطوات الحركة

تصف مخططات خطوات الحركة (MSD) موقع المستشعرات والعمليات في تسلسل معين. ويُشار إليها أحيانًا بمخططات الخطوات-الإجراءات أو مخططات زمن الانتقال. ويعمل مبرمجو المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة على إنشاء مخططات خطوات الحركة باتباع الخطوات التالية:

- تحديد متطلبات الحركة للنظام، بما في ذلك المسار المطلوب والسرعة ومعدلات التسارع/التباطؤ والمواقع المستهدفة. وتحديد عدد من العوامل مثل نوع الحركة (على سبيل المثال، خطية أو دورانية)، والسرعة وأي قيود إضافية أو متطلبات تتعلق بالأمان.
- تقسيم ملف الحركة إلى خطوات أو أجزاء فردية بناءً على خصائص الحركة المطلوبة، بحيث تمثل كل خطوة عملية حركة مميزة، مثل التسارع أو التوقف.
- رسم مسار الحركة لكل خطوة على رسم بياني، مع تحديد الوقت أو المسافة على المحور x، والموقع أو السرعة على المحور y. ويمكن استخدام خطوط أو منحنيات لتمثيل السرعة أو ملفات الموقع المطلوبة لكل خطوة.
- تحديد المعلمات لكل خطوة حركة، مثل المواقع الابتدائية والنهائية والسرعات وحالات التسارع وحالات التباطؤ والأوقات.
- ترتيب خطوات الحركة بالتسلسل المطلوب بغرض إنشاء ملف الحركة العام، بحيث يكون مشابهًا لمخطط خطوات الحركة الموضح بالشكل 36.11 في صفحة 282. والتأكد من أن الانتقالات بين الخطوات تحدث بسلاسة دون أي تغييرات مفاجئة في السرعة.
- مراجعة مخطط خطوات الحركة للتأكد من أنه يمثل السلوك المطلوب للنظام بدقة.
- وأخيرًا، تنفيذ المخطط في المتحكم المنطقي القابل للبرمجة عن طريق ترجمته إلى كود برمجي أو مخططات سُلميّة.

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 281 24/06/2025 07:35:15 ص



الشكل 36.11 مخطط خطوات الحركة.

المهارات

- حل المشكلات
- التفكير النقدي

وقفة للتفكير ما العوامل التي يجب مراعاتها عند إنشاء مخطط خطوة الحركة لنظام التحكم في الحركة الخاص بالمتحكم المنطقي القابل للبرمجة؟ كيف يمكن أن تساعد هذه العوامل على تحسين كفاءة العملية؟

تلميح يجب مراعاة خصائص ملف الحركة مثل السرعة والتسارع والتباطؤ وقيود النظام ومتطلبات السلامة. فكِّر كيف يمكن لهذه العوامل تحسين كفاءة ودقة التحكم في الحركة.

توسيع الأفق ما الإستراتيجيات التي يمكننا استخدامها لتخفيف التحديات في أنظمة الحركة التي يُتحكم فيها باستخدام المتحكم المنطقي القابل للبرمجة؟ وكيف يمكن لهذه الإستراتيجيات تحسين أداء التحكم في الحركة؟

المصطلحات الرئيسة

الروتينات (البرامج) الفرعية - عندما يكون لديك برنامج منطق سُلمي، فمن الأفضل أحيانًا تقسيمه إلى أجزاء أصغر بحسب التطبيق. تُعرف هذه الأجزاء الأصغر بالبرامج الفرعية أو الروتينات الفرعية.

البرنامج الفرعي - هو برنامج قصير يستخدمه البرنامج الرئيس لأداء وظيفة محددة.

قابلية التقسيم إلى وحدات - تُعد وحدة المتحكم المنطقي القابل للبرمجة المعياري أحد أنواع المتحكمات المنطقية القابل للبرمجة التي تسمح بالتوسع باستخدام وحدات متعددة. يتيح لك هذا التصميم إضافة وحدات أو إزالتها لتخصيص المتحكم المنطقي القابل للبرمجة لمهام محددة، ما يجعله مرنًا للغاية، وتشير قابلية التقسيم إلى وحدات إلى تقسيم النظام إلى وحدات أو مكونات منفصلة، وتتعامل كل وحدة مع وظيفة معينة وتعمل بشكل مستقل.

كفاءة برنامج المتحكم المنطقي القابل للبرمجة

كفاءة برنامج المتحكم المنطقي القابل للبرمجة عنصر بالغ الأهمية، لضمان استخدام أقل عدد ممكن من الموارد في أثناء تنفيذ البرنامج. وتوجد عدة عوامل تؤثر في كفاءة البرنامج.

هيكل الكود

يكون البرنامج المُنظم والمُجزأ بشكلٍ جيد أسهل من حيث الصيانة والتنفيذ. ويساعد استخدام **الروتينات (البرامج) الفرعية** على تعزيز عملية **التقسيم إلى وحدات**. كما يسهل قراءة البرنامج عند الحاجة إلى التعديلات أو إصلاح المشكلات. إضافة إلى ذلك، فإن وجود توثيق وتعليقات واضحة وشاملة يساهم في إنشاء كود منظم وسهل الفهم.

الأوامر المناسبة

تستهلك بعض التعليمات مساحة أكبر في الذاكرة وتأخذ وقتًا أطول لتنفيذها. ولذا، عليك مراعاة تقليل زمن الفحص من خلال تحديد وإزالة المنطق غير الضروري أو عناصر التحكم في الإدخال والإخراج غير المستخدمة. ويمكن تسريع وقت التنفيذ من خلال استخدام تسلسلات التحكم المدمجة في منصة المتحكم المنطقي القابل للبرمجة بدلاً من تلك المصممة خصيصًا.

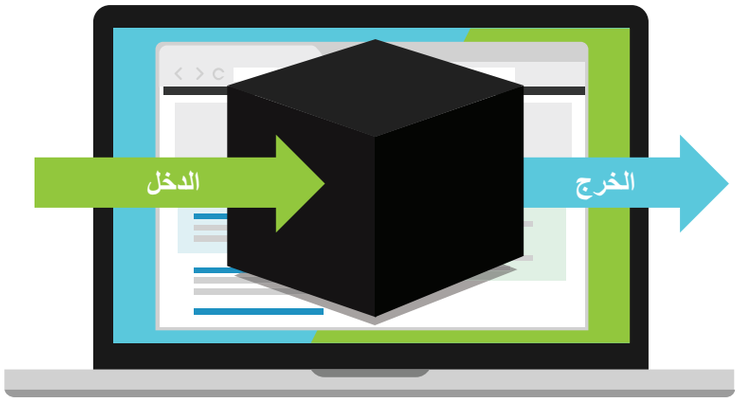
اختبار برامج المتحكم المنطقي القابل للبرمجة وتصحيحها

الاختبار هو مرحلة حاسمة في أثناء برمجة المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة، حيث يهدف إلى ضمان تحقيق النظام للأداء والوظائف المطلوبة. هناك طرق مختلفة يمكن اتباعها لاختبار برامج المتحكم المنطقي القابل للبرمجة وتصحيحها.

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 282 24/06/2025 07:35:15 ص

الاختبار الوحدوي

تنطوي عملية الاختبار الوحدوي على اختبار الوحدات أو الوحدات الفرعية أو الوظائف المفصلة داخل البرنامج، وعادةً ما يجري تنفيذه في ما يُعرف باسم "الصندوق الأسود". وينصب التركيز على اختبار كل وحدة بشكلٍ مستقل عن الوحدات الأخرى، للتأكد من أنها تعمل بالشكل المتوقع. ويهدف الاختبار إلى التحقق من أن الإدخال المعروف ينتج عنه الإخراج المتوقع.



اختبار الصندوق الأسود

الشكل 36.12 اختبار الصندوق الأسود.

المحاكاة

توفر العديد من بيئات البرمجة أدوات محاكاة ومراقبة على الشاشة لبرامج المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة. وتتيح هذه الأدوات للمبرمجين تشغيل البرنامج واختباره في بيئة محاكاة، حيث تُظهر العلامات البصرية حالات أجهزة الإدخال والإخراج. وتُعتبر هذه الأدوات مفيدة لضمان عمل البرنامج على النحو المتوقع قبل نشره على المتحكم الفعلي.

التشغيل التجريبي

يتضمن التشغيل التجريبي تنفيذ البرنامج على أجهزة مادية ولكن دون تشغيلها على الآلات الفعلية. ويهدف ذلك إلى التأكد من أن البرنامج يعمل بالشكل المتوقع في بيئة خاضعة للرقابة.

تصحيح الأخطاء

تشمل عملية تصحيح الأخطاء تحديد الأخطاء وحلها داخل برنامج المتحكم المنطقي القابل للبرمجة. وفي أثناء عملية تصحيح الأخطاء، يتولى المبرمج مراجعة ومعالجة أي أخطاء يجدها في البرنامج لضمان تنفيذه بشكلٍ فعال. ويتبع العديد من المبرمجين مجموعة بسيطة من المهام عند تصحيح أي برنامج.

التحقق من أخطاء البنية اللغوية (الصياغة)

تحتوي معظم بيئات البرمجة على أدوات مدمجة للتحقق من **البنية اللغوية (الصياغة)**، وهو ما يسهل عملية تحديد هذه الأخطاء وحلها. في حالة عدم وجود هذه الأدوات الآلية، يجب على المبرمجين مراجعة الكود في البرنامج لتحديد الأخطاء المحتملة في الصياغة. وينبغي لهم معالجة هذه الأخطاء قبل الانتقال إلى الخطوة التالية.

المهارات

- التفكير النقدي
- حل المشكلات
- التحليل
- إعادة التقييم

المصطلح الرئيس

البنية اللغوية (الصياغة) - أسلوب لغة البرمجة وتنسيقها.

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 283 24/06/2025 07:35:15 ص

مراجعة المنطق

يمكن لميزات تصحيح الأخطاء المتوفرة في بيئة البرمجة أن تساعد في هذه الجزئية أيضًا. يجب على المبرمجين مراجعة كل تعليمة خطوة بخطوة، لضمان أن يتبع تدفق التحكم المنطق المقصود. ويلزم كذلك تحديد أي قفزات وفروع وحلقات غير متوقعة قد تتسبب في سلوك غير متوقع وغير مقصود.

تصحيح الأخطاء والتحقق منها

يجب على المبرمجين تحديد الأخطاء وتصحيحها قبل إعادة اختبار البرنامج. وينبغي لهم استخدام اختبارات شاملة للتحقق من حل الأخطاء.

وسيضمن إتمام هذه الخطوات بشكلٍ متكرر أن يكون البرنامج النهائي خاليًا من الأخطاء وأن يعمل بالشكل المتوقع.

دراسة حالة

شركة الحسن باور - تحسين العمليات من خلال برمجة المتحكم المنطقي القابل للبرمجة.

تُعد شركة الحسن باور مصنعًا لمكونات محطات الطاقة في الأردن. أدركت الشركة الحاجة إلى تحسين كفاءة التصنيع بسبب تزايد التكاليف في هذا القطاع. كما ارتفعت معدلات دوران الموظفين بسبب التعقيدات والخبرة المطلوبة لتشغيل الآلات. ولقيادة تحسينات نظام التحكم، تعاقدت الشركة مع أحمد الفارسي، وهو مقاول متمرس في برمجة المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة يقع مقره في عمان.

واجه أحمد عددًا من التحديات عندما قام بتحليل النظام في البداية. كانت شركة الحسن باور تعمل بأنظمة متحكم منطقي قابل للبرمجة قديمة، ما حد من قدرتها على تلبية متطلبات عمليات التصنيع الخاصة بها. كانت هناك العديد من أوجه القصور التشغيلية التي أدت إلى توقف غير مخطط وتأخيرات كبيرة في الإنتاج والإخراج. كانت الأنظمة قديمة وغير مدعومة، وتفتقر إلى إمكانية التوسع، ما أعاق مرونة الشركة وقدرتها على التكيف مع تغييرات الإنتاج والآلات الجديدة. كما أدى الافتقار إلى قدرات المراقبة في الوقت الفعلي إلى صعوبة اكتشاف فريق العمليات وحل المشكلات ضمن إطار زمني مقبول.

حدد أحمد عددًا من الأهداف التي يجب تحقيقها خلال المشروع:

- ترقية نظام التحكم عبر خطوط إنتاج متعددة للامتثال للمعايير الحديثة.
- تحسين كفاءة التصنيع الإجمالية من خلال تحسين منطق التحكم وتقليل أوقات المسح والدورات وتحديد مجالات التوسع في المستقبل.
- تنفيذ المراقبة والتحليلات في الوقت الفعلي، ما يوفر رؤى تشغيلية حول أداء كل خط إنتاج.
- تقليل التوقفات من خلال تطبيق إجراءات صيانة دورية لتحديد المشكلات المحتملة ومعالجتها.

اختار أحمد شركة مشهورة متخصصة في تصنيع المتحكم المنطقي القابل للبرمجة والمعروفة بميزاتها المتقدمة وقابلية التوسع والدعم التقني، بالإضافة إلى خبرته الشخصية الطويلة في العمل بهذا المجال. نفذ الحل الخاص به وعمله في جميع أنحاء المنظمة وتأكد من حصول جميع مشغلي النظام وموظفي الصيانة على التدريب والتوثيق الكافيين.

النتائج

أدى النظام المطور إلى تحسن كبير في كفاءة التصنيع. ونتيجة لذلك، كان هناك تحسن في جودة المكونات. تمكنت شركة الحسن باور من إضافة آلات جديدة تتمتع بعمليات تكامل سهلة وسلسة. كما مكنت المراقبة في الوقت الفعلي و**الصيانة التنبؤية** المشغلين من الكشف عن الأعطال وتجنب

المصطلح الرئيس

الصيانة التنبؤية - الصيانة الاستباقية التي تتنبأ بأعطال المعدات قبل حدوثها، ما يسمح للعمال بتنفيذ الأنشطة في الوقت الأمثل لتقليل وقت التوقف عن العمل.

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 284 24/06/2025 07:35:15 ص

تأثيرات المشكلات وإبطالها، ما أدى إلى تقليل التوقفات إلى الحد الأدنى. كما تحسنت معنويات فرق التشغيل والصيانة بفضل واجهات المستخدم سهلة الاستخدام والفهم الأفضل لأنظمة الإنتاج، ما قلل معدل دوران الموظفين.

النتيجة:

أدت خبرة أحمد في برمجة المتحكم المنطقي القابل للبرمجة دورًا حيويًا في تحويل العمليات. حيث عالج المشروع الناجح التحديات الحالية ووضع المنظمة في موقع يؤهلها للنمو المستقبلي.

راجع وفكِّر مليًّا

- ما التحديات الرئيسة التي واجهتها شركة الحسن باور قبل إشراك أحمد في برمجة المتحكم المنطقي القابل للبرمجة؟
- كيف أثرت أنظمة المتحكم المنطقي القابل للبرمجة القديمة في كفاءة شركة الحسن باور وعمليات التصنيع الشاملة؟
- لماذا اختار أحمد مصنعًا محددًا للمتحكم المنطقي القابل للبرمجة لمشروع الترقية؟
- كيف أسهمت خبرة أحمد في برمجة المتحكم المنطقي القابل للبرمجة في تحويل عمليات شركة الحسن باور؟
- ما الطرق التي أدى بها التنفيذ الناجح للمشروع إلى وصول شركة الحسن باور إلى وضع يمكنها من النمو والاستدامة في المستقبل؟

تمرين تقييمي 36.2

طلب منك مديرك البحث عن نظامي المتحكم المنطقي القابل للبرمجة الحاليين قبل الشروع في مرحلة التصميم والتطوير لمشروع تحسين نظام المتحكم المنطقي القابل للبرمجة. حيث كلفوك بقيادة عملية ترقية نظام التحكم المستخدم في تصنيع المكونات الكهربائية الخاصة بأجهزة السلامة في المركبات.

النظام الحالي يعاني تقادم تقني، وكفاءة تشغيلية منخفضة، وأعطال متكررة، إضافة إلى محدودية قدرته على مواكبة متطلبات الإنتاج المتغيرة. يتمثل الهدف من المشروع في تنفيذ نظام تحكم حديث قائم على المتحكم المنطقي القابل للبرمجة لزيادة الموثوقية والكفاءة وتأمين استدامة العمليات مستقبلًا

يجب عليك إعداد وثائق تقنية استنادًا إلى برامج نموذجية لدعم مرحلة تصميم النظام. تتضمن هذه الوثائق تقارير ومخططات مشروحة.

يجب عليك إثبات استخدام العناصر التشغيلية الآتية في تطوير المتحكم المنطقي القابل للبرمجة:

- بيئات التطوير المتكاملة
- مخططات التدرج
- قائمة البيانات
- المخططات الوظيفية
- لغات البرمجة الرسومية
- المخططات المقلدة
- مخططات الوظائف المتسلسلة

أجر بحثًا إضافيًا في المجالات الآتية:

- أجهزة ضبط الوقت
- أجهزة القياس
- الحركة

باستخدام أمثلة نموذجية عن برامج المتحكم المنطقي القابل للبرمجة، حلل مدى ملاءمتها لمتطلبات المشروع.

علق على كفاءة واستخدام الإجراءات والروتينات الفرعية في كل نموذج من نماذج برامج المتحكم المنطقي القابل للبرمجة.

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 285 24/06/2025 07:35:15 ص

ج تطوير نظام متحكم منطقي قابل للبرمجة يُستخدم في التحكم الصناعي لحل مشكلة هندسية

المصطلح الرئيس

موجز العميل - ملخص لاحتياجات المستخدم أو العميل، يتضمن عادةً مشكلة تتطلب حلًا باستخدام المهارات الهندسية.

تعريف المشكلة وتحديد متطلبات الأجهزة

يعد تحليل **موجز العميل** أمرًا ضروريًا لفهم المتطلبات عندما يتعلق الأمر بأي مشروع. بالنسبة لنظام المتحكم المنطقي القابل للبرمجة، يُعتبر اختيار الأجهزة المناسبة أمرًا جوهريًا، بما يشمل نوع وحدة التحكم المناسبة وأجهزة الإدخال والإخراج.

يمكننا تلخيص خطوات تعريف المشكلة على النحو الآتي.

فهم موجز العميل

من الضروري تحديد الغرض من النظام، فهذه فرصة لتحديد ما إذا الغرض يتعلق بالتحكم في العمليات أو التصنيع أو التحكم في الحركة. وفي هذه المرحلة، يجب تحديد متطلبات النظام، بما في ذلك الإدخالات والإخراجات اللازمة، وسرعة المعالجة المطلوبة، واحتياجات ذاكرة النظام، وأي ميزة إضافية محددة مثل الاتصالات.

تحديد مكونات النظام

ينبغي لنا إعداد قائمة بأنواع وأعداد المستشعرات والمشغلات والأجهزة الأخرى التي سيحتوي عليها نظام المتحكم المنطقي القابل للبرمجة. وهذا يدعم تحليل موجز العميل. كما يجب علينا التحقيق في بروتوكولات الاتصال المطلوبة لنقل البيانات بين الأجهزة المختلفة.

مراعاة المسائل البيئية

يجب تقييم بيئة التشغيل. وعليه، يلزمك دراسة احتمالية تعرض النظام لدرجات الحرارة العالية أو منخفضة أو الرطوبة المرتفعة أو المواد المسببة للتآكل أو المغبرة.

◄ الموازنة بين التكلفة والميزانية.

تعقيد النظام

احرص على تقييم تعقيد النظام. فالأنظمة البسيطة يمكنها استخدام المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة الصغيرة والمضغوطة. أما الأنظمة المعقدة التي تتضمن التحكم في الحركة والشبكات ومتطلبات معالجة كبيرة فستطلب وجود متحكمات متوسطة أو كبيرة. وإذا كانت هناك إمكانية للتوسع في المستقبل، يُفضل استخدام المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة المعيارية.

الميزانية مقابل التكلفة

احرص على مراعاة ميزانية العميل. واختر الأجهزة التي تلبي الميزات الأساسية للموجز دون أن تتخطى حدود الميزانية المحددة.

تقديم الحل وجمع التعليقات وطلب الموافقة

بناءً على تحليلك للمشكلة، قدم الحل المقترح لموجز العميل. واحرص على جمع التعليقات والحصول على الموافقة. ثم راجع الحل إذا لزم الأمر.

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 286 24/06/2025 07:35:16 ص

وقفة للتفكير	ما الإستراتيجيات التي يمكنك استخدامها لموازنة قيود ميزانية العميل ومتطلبات الأجهزة الموضحة في موجز العميل؟ كيف يمكنك التأكد من أن نظام المتحكم المنطقي القابل للبرمجة المحدد يلبي متطلبات المشروع دون تجاوز الميزانية المحددة؟
تلميح	يمكنك التفكير في تحديد أولويات العناصر الرئيسة من موجز العميل ودراسة خيارات الأجهزة الفعالة من حيث التكلفة، مثل أجهزة المتحكم المنطقي القابل للبرمجة الصغيرة أو المعيارية. هل يمكنك التزام الميزانية المحددة مع توفير الوظائف المطلوبة؟
توسيع الأفق	كيف يمكن أن يؤثر اختيار المكونات التي تتصل بالمتحكم المنطقي القابل للبرمجة، مثل المستشعرات والمشغلات وبروتوكولات الاتصال، في الأداء العام للنظام والفعالية من حيث التكلفة؟

تطبيق النظرية

صمم المتحكم المنطقي القابل للبرمجة الذي ينشط المحرك عندما تضغط على زر التشغيل ويوقف المحرك عند الضغط على زر الإيقاف. ولتنفيذ بذلك، يتعين عليك إعداد مخطط كتلة النظام ومخطط الأسلاك.

يجب عليك التزام إجراءات التشغيل القياسية والآمنة في أثناء تجميع نظام المتحكم المنطقي القابل للبرمجة المادي. تأكد من إيقاف تشغيل مصدر الطاقة قبل إجراء أي توصيلات كهربائية.

تأكد من توصيل مصادر الطاقة والخطوط الرئيسة **بالجانب الأساسي** من المتحكم المنطقي القابل للبرمجة والحصول على **التأريض** المناسب.

وصل المتحكم المنطقي القابل للبرمجة وواجهات الإدخال والإخراج **بالجانب الثانوي** أو **المنطقي**، مع التزام إرشادات فصل الأسلاك.

وصل أجهزة الإدخال والإخراج، مثل المستشعرات والمشغلات، بالجانب الحقلي.

تأكد من أن الكبلات تحتوي على تعريفات وعلامات كافية.

وصل أي توصيلات أخرى مثل المكونات الهوائية أو الهيدروليكية.

المصطلحات الرئيسة

الجانب الأساسي - الجانب ذو الجهد الأعلى الذي ينقل الطاقة في المتحكم المنطقي القابل للبرمجة. ويشمل وحدات الإدخال/الإخراج، ووحدة المعالجة المركزية، وواجهات الاتصال.

التأريض - توصيل المكونات الإلكترونية بالأرض أو نقطة مرجعية مشتركة. يوفر مسار مقاومة منخفضة لتقليل الصدمات الكهربائية.

الجانب الثانوي أو المنطقي - الجهد المنخفض والجانب ذو الطاقة المنخفضة من المتحكم المنطقي القابل للبرمجة. يحتوي على وحدات ذاكرة وتنفيذ البرامج وتخزين البيانات.

الجانب الحقلي - يشير إلى الجانب العالمي الخارجي من المتحكم المنطقي القابل للبرمجة. يتضمن المفاتيح أو المستشعرات أو المشغلات أو الأجهزة المادية الأخرى.

تصميم النظام المادي وتجميعه

يُشكل التخطيط الدقيق عنصرًا ضروريًا عند تصميم وتجميع نظام مادي للمتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة. وتحقيقًا لذلك، يجب وصف السلامة والمكونات الكهربائية والتفاعلات مع الأجهزة الخارجية باستخدام مخططات كتل النظام ومخططات الأسلاك. وينبغي أن تتضمن هذه المخططات جميع الأجهزة الداخلية والخارجية المرتبطة بنظام المتحكم المنطقي ولكن المستقلة عنه. ويُفضل استخدام أزرار الإيقاف الطارئ والمفاتيح الحدية والمرحلّات بوصفها أجهزة أمان، حيث يمكنها فصل الطاقة عن أي أجهزة إخراج في أثناء التشغيل.

أدوات تصميم البرمجيات

الآن بعد تجميع نظام المتحكم المنطقي القابل للبرمجة، حان وقت تصميم البرنامج الذي سينفذ عمليات المتحكم. وعند إجراء ذلك، يمكننا استخدام أدوات التصميم الهيكلية بهدف وضع تصور للحل المقدم من جانبنا.

تدفق البرنامج

اللغة الإنجليزية المهيكلة

توفر اللغة الإنجليزية الهيكلية تدفقًا برمجيًا واضحًا وموجزًا ومنظمًا. وبرغم أنها ليست لغة برمجة بالمعنى الدقيق، فإنها تعرض بنية البرنامج من البداية إلى النهاية باستخدام لغة سهلة الفهم للبشر. ويُمكّن هذا الأسلوب القابل للقراءة جميع أصحاب المصلحة في المشروع من فهم الإدخالات والمنطق والإخراجات التي يتضمنها الحل. كما يسهل على المبرمج تصميم برنامج للمتحكم المنطقي القابل للبرمجة بطريقة مريحة، نظرًا لأن النص لا يرتبط بشكلٍ صارم بأي لغة برمجة محددة.

المهارات

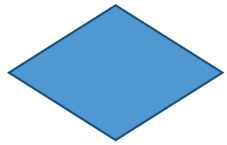
- المراقبة الذاتية
- التقييم الذاتي
- المسؤولية

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 287 24/06/2025 07:35:16 ص

مخطط التدفق

تستخدم مخططات التدفق رموزًا قياسية لتصور تدفق البرنامج. وتشمل الرموز المستخدمة التشغيل/الإيقاف والعملية والقرار. وتوجه الأسهم التدفق من كتلة لأخرى.

الجدول 36.9 الأشكال المستخدمة في مخططات التدفق. هل يمكنك إنشاء مخطط تدفق لمثال المكبس الهوائي الوارد في الشكل 36.10؟

شكل الكتلة	الوصف
	الشكل البيضاوي يمثل خطوة التشغيل والإيقاف.
	الشكل المستطيل يمثل العملية.
	شكل المعيَّن يمثل إما سؤالًا وإما قرارًا.
	شكل السهم يربط الكتل معًا ويظهر تدفق العملية.
	شكل متوازي الأضلاع يمثل جهاز الإدخال/الإخراج.

تحديد الأنماط المتكررة

يجب عليك تحديد الأنماط المتكررة في التصميم بغرض تحسين كفاءة البرنامج. ويؤدي تحديد هذه الأنماط إلى تحسين قابلية قراءة البرنامج وقابلية توسعه. ويساهم إنشاء كتل الشفرة البرمجية القابلة لإعادة الاستخدام في تعزيز البرمجة المعيارية. كما يمكنك إعادة استخدام هذه الكتل عبر البرنامج نفسه أو أي أنظمة أخرى. يساهم ذلك في تحقيق منطق متسق عبر المؤسسة، كما يُحسّن الكفاءة خلال مراحل التطوير والاختبار. يمكنك بثقة إدراج وحدة شفرات برمجية مطورة ومختبرة ومثبتة توفر وظيفة محددة في المشاريع المستقبلية بسهولة.

التسلسل والاختيار والتكرار

تدعم مجموعة من جمل التسلسل والاختيار والتكرار هيكل البرنامج الذي تعمل على تطويره.

ويمثل التسلسل خطوة من التعليمات أو الإجراءات التي تنفذها. قد يتضمن التسلسل في برنامج المتحكم المنطقي القابل للبرمجة ما يلي:

- قراءة حالة الإدخالات
- تحليل هذه الحالات
- إرسال إشارات إلى أجهزة الإخراج.

الاختيار هو المكان الذي يتخذ فيه البرنامج القرارات ذات الصلة، حيث يقرر البرنامج الإجراء المناسب الذي يجب اتخاذه بناءً على ما إذا كانت الحالة صحيحة أم خاطئة. تشمل أمثلة الاختيار الآتي:

- ضغط شخص على الزر لتشغيل المحرك
- وصول الماء إلى مستشعر المستوى لإغلاق الصمام
- وصول مستشعر إلى درجة الحرارة اللازمة لتشغيل السخان.

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 288 24/06/2025 07:35:17 ص

التكرار هو إعادة تنفيذ سلسلة من الإجراءات حتى تحقيق شرط معين. وقد يلجأ البرنامج إلى استخدام مؤقتات لتنفيذ التكرارات. على سبيل المثال، قد يستخدم البرنامج مؤقتًا للانتظار لمدة خمس ثوانٍ قبل تفعيل السخان داخل الفرن.

خطة الاختبار

إن وضع خطة اختبار خلال مرحلة التطوير يساعد على تحديد المناطق المحتمل تعرضها للعطل قبل تطوير البرنامج. وتتكون خطة الاختبار من حالات اختبار تحتوي على الخطوات والقيم المتوقعة والقيم الاستثنائية.

مثال عملي

المثال عبارة عن تصميم نظام المتحكم المنطقي القابل للبرمجة المسؤول عن تشغيل المحرك وتكرار العملية عندما يضغط شخص ما على زر التشغيل. يتوقف المحرك عندما يضغط شخص ما على زر الإيقاف.

اللغة الإنجليزية المهيكلة

الإدخال:

اقرأ حالة زري التشغيل والإيقاف في الإدخال.

المنطق:

في حالة الضغط على زر التشغيل، ولم يكن المحرك قيد التشغيل،

فابدأ تشغيل المحرك.

استمر في تكرار هذه العملية.

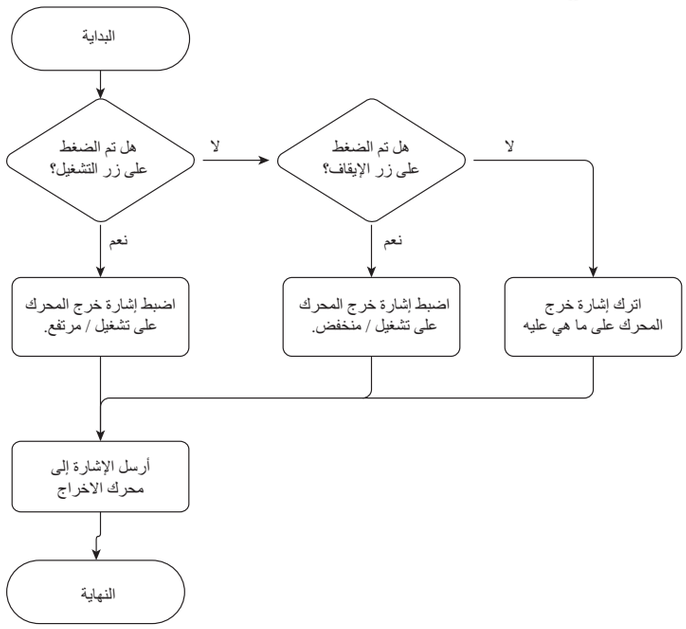
وإلا إذا تم الضغط على زر الإيقاف، وكان المحرك يعمل، فعندئذٍ

أوقف المحرك

الإخراج:

تحكم في المحرك بناءً على حالات الإدخال.

مخطط التدفق



الشكل 36.13 مخطط تدفق لمحرك يتم التحكم فيه بالزر.

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 289 24/06/2025 07:35:17 ص

تحديد الأنماط المتكررة

يُعد "بدء تشغيل المحرك" و "إيقاف المحرك" و "التكرار" من المجالات الرئيسة لتطبيق نظام الوحدات. يمكنك تحويل هذا النشاط إلى روتين فرعي فردي يمكنك تنفيذه دائمًا بشكل متكرر.

خطة الاختبار

حالة الاختبار 1:

الإدخال: يتم الضغط على زر التشغيل، لا يتم الضغط على زر الإيقاف، بينما المحرك قيد الإيقاف.

النتيجة المتوقعة: سيبدأ المحرك في العمل.

حالة الاختبار 2:

الإدخال: يتم الضغط على زر الإيقاف، ولا يتم الضغط على زر البدء، بينما المحرك قيد التشغيل.

المتوقع: سيتوقف المحرك عن العمل.

حالة الاختبار 3:

الإدخال: لا يتم الضغط على زر الإيقاف، ولا يتم الضغط على زر البدء، والمحرك يعمل.

المتوقع: سيستمر المحرك في العمل.

حالة استثنائية:

الإدخال: يتم الضغط على زري التشغيل والإيقاف في الوقت نفسه.

المتوقع: اتبع منطق الأولوية لزر التشغيل فوق زر التوقف.

تطوير البرنامج

المثال المطروح في هذا النقطة عبارة عن تطوير برنامج خاص بنظام بسيط لمراقبة مستوى المياه وضخها. إذا انخفض الماء عن مستوى معين لمدة ثانية واحدة أو أكثر؛ نشط المضخة لزيادة مستوى الماء. أما إذا ارتفع الماء فوق مستوى معين لمدة ثانية واحدة أو أكثر؛ يتعين إيقاف تنشيط المضخة لتثبيت مستوى الماء.

◄ كتابة المبرمج للتعلميات البرمجية.

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 290 24/06/2025 07:35:19 ص

هيكل البرنامج

يجب عليك تطوير البرامج بتنسيق واضح ومقروء يعكس تسلسل البرنامج وتدفقه.

1 البدء

2 قراءة حالات الإدخال: مستشعر مستوى المياه، حالة مضخة المياه، حالة الموقت

3 إذا كان مستشعر مستوى الماء يشير إلى انخفاض في مستوى المياه ولم تكن المضخة قيد التشغيل؛

أ شغل المؤقت

4 إما إذا كان مستشعر مستوى الماء يشير إلى انخفاض في مستوى المياه ولم تكن المضخة قيد التشغيل والمؤقت أقل من ثانية واحدة؛

ب استمر في تشغيل المؤقت.

5 إذا كان مستشعر مستوى الماء يشير إلى انخفاض في مستوى المياه ولم تكن المضخة قيد التشغيل والمؤقت يساوي أو يتجاوز ثانية واحدة؛

ج أوقف المؤقت

د وشغل مضخة الماء

6 إذا كان مستشعر مستوى الماء يشير إلى ارتفاع مستوى المياه وكانت المضخة قيد التشغيل؛

ه أوقف مضخة الماء

7 النهاية

العمليات الحسابية والمنطقية

تستخدم العمليات الحسابية والمنطقية لاتخاذ القرارات في برنامج المتحكم المنطقي القابل للبرمجة بناءً على حالات المدخلات وقيمها.

وأهم العمليات الحسابية و المنطقية التي نستخدمها في برنامج المتحكم المنطقي القابل للبرمجة هي:

- المتوسط: تحسب متوسط مجموعة من القيم، مثل متوسط درجة الحرارة من مجموعة مستشعرات.
- الجمع: تجمع رقمين معًا، مثل جمع القيم من عدادات المخزون للحصول على مستوى المخزون الإجمالي.
- القسمة: تقسّم رقم على آخر، مثل توزيع الكميات بالتناسب في النظام.
- أكبر من: تقارن قيمتين لتحديد ما إذا كانت إحداهما أكبر من الأخرى، على سبيل المثال لتحديد ما إذا كانت قراءة مستوى الماء أعلى من القيمة الحدية.
- أقل من: تقارن قيمتين لتحديد ما إذا كانت إحداهما أقل من الأخرى، على سبيل المثال تشغيل الفرن إذا كانت قراءة مستشعر درجة الحرارة أقل من الحد الأدنى.
- مساوٍ لـ: تقارن قيمتين لتحديد ما إذا كانت إحداهما مساوية للأخرى، على سبيل المثال تنفيذ إجراء إذا كانت قيمة القراءة تساوي قيمة مرجعية.

المثال الآتي هو برنامج يقرأ قيم مدخلات درجة الحرارة، ويحسب متوسطها، وينشط أجهزة الإخراج إذا كان المتوسط أقل من قيمة معينة أوأعلى منها.

1 البدء

2 قراءة قيم الإدخال: مستشعر درجة الحرارة 1، مستشعر درجة الحرارة 2، العتبة

3 احسب متوسط درجة الحرارة: المتوسط = (مستشعر درجة الحرارة 1 + مستشعر درجة الحرارة 2) / 2

4 قارن المتوسط بالعتبة:

أ إذا كان المتوسط أكبر من العتبة

01 اضبط إشارة الخرج على "صحيح".

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 291 24/06/2025 07:35:19 ص

ب إذا كان المتوسط أقل من العتبة

02 اضبط إشارة الخرج على "خاطئ".

ج إذا كان المتوسط يساوي العتبة

03 لا تغيّر حالة إشارة الخرج.

5 النهاية

يحسب هذا التسلسل المتوسط الوارد في السطر 3 عن طريق جمع قيمتين لدرجة الحرارة معًا وتقسيمهما على عدد القيم.

يقارن السطر 4 هذه القيمة مع العتبة باستخدام العمليات المنطقية (أكبر من) و(أقل من) و(مساوٍ لـ).

توجد عمليات حسابية أخرى، تتمثَّل في:

- الطرح: يمكننا استخدامه لحساب قيمة خطأ الموضع في نظام ناقل: قيمة خطأ الموضع = الموضع المرجعي - الموضع الحالي. إذا كانت قيمة خطأ الموضع موجبة، يتحرك الناقل للأمام إلى الموضع المرجعي. إذا كانت قيمة خطأ الموضع سالبة، يتحرك الناقل للخلف إلى الموضع المرجعي.
- النفي: يعكس القيمة من السالب إلى الموجب أو الموجب إلى السالب. يمكننا استخدامه لتغيير اتجاه دوران المحرك، على سبيل المثال في غسالة صناعية.
- الضرب: يضرب القيم معًا. يمكننا استخدامه لحساب سرعة دوران محرك المطلوبة بناءً على إدخال المستخدم.
- باقي القسمة: يحدد القيمة داخل النطاق. على سبيل المثال، يمكننا استخدامه للحد من سرعة المحرك ضمن نطاق يتحكم فيه إدخال المستخدم.

يمكننا استخدام العمليات الحسابية والمنطقية لتنفيذ وظائف المنطق البوليانى مثل:

- AND: تساوي بين قيمتين أو أكثر من القيم المنطقية.

الجدول 36.10 المدخلات والمخرجات لوظائف AND

الدخل أ	الدخل ب	الخرج ج
صحيح	صحيح	صحيح
صحيح	خاطئ	خاطئ
خاطئ	صحيح	خاطئ
خاطئ	خاطئ	خاطئ

- OR: يقارن بين قيمتين أو أكثر من القيم المنطقية.

الجدول 36.11 المدخلات والمخرجات لوظائف OR

الدخل أ	الدخل ب	الخرج ج
صحيح	صحيح	خاطئ
صحيح	خاطئ	صحيح
خاطئ	صحيح	صحيح
خاطئ	خاطئ	خاطئ

- NOT: تعكس حالة القيمة المنطقية.

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 292 24/06/2025 07:35:19 ص

الجدول 36.12 المدخلات والمخرجات لوظائف NOT

الدخل أ	الخرج ب
صحيح	خاطئ
خاطئ	صحيح

- XOR يجري عمليات OR الحصرية على قيمتين أو أكثر من القيم المنطقية.

الجدول 36.13 المدخلات والمخرجات لوظائف XOR

الدخل أ	الدخل ب	الخرج ج
خاطئ	خاطئ	خاطئ
صحيح	خاطئ	صحيح
خاطئ	صحيح	صحيح
صحيح	صحيح	خاطئ

وقفة للتفكير كيف يؤثر اختيار العمليات الحسابية والمنطقية واستخدامها في برمجة المتحكم المنطقي القابل للبرمجة في كفاءة البرنامج ودقته وموثوقيته؟

تلميح فكر في تأثير اختيار العمليات الحسابية والمنطقية في أداء البرنامج في نظام المتحكم المنطقي القابل للبرمجة.

توسيع الأفق ما الإستراتيجيات التي يمكننا استخدامها لتحسين تنفيذ العمليات الحسابية والمنطقية في العمليات الهندسية المعقدة؟

الروتينات الفرعية:

تقسِّم الروتينات الفرعية (أو البرامج الفرعية) داخل برنامج المتحكم المنطقي القابل للبرمجة المهام الشائعة والقابلة للتكرار إلى أجزاء من التعليمات البرمجية.

على سبيل المثال، لتفعيل مضخة ماء عند انخفاض مستوى الماء تحت عتبة معينة، يمكننا هيكلة روتين فرعي كما يلي:

1 بدء تشغيل الروتين الفرعي للمضخات:

أ بدء تشغيل مضخة الماء

ب تسجيل وقت بدء تشغيل المضخة.

2 إيقاف تشغيل الروتين الفرعي للمضخات:

أ أوقف مضخة الماء

ب سجل وقت إيقاف تشغيل المضخة

◀ مضخات مياه.

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 293 24/06/2025 07:35:20 ص

الشروح

نكتب التعليقات والشروح في برامج المتحكم المنطقي القابل للبرمجة باستخدام نصوص عادية أو لغة مفهومة للبشر. ويتجاهلها جهاز المتحكم المنطقي القابل للبرمجة في أثناء التنفيذ. تصف التعليقات الغرض من التسلسل أو كتلة التعليمات البرمجية داخل البرنامج للمساعدة على البرمجة وتصحيح الأخطاء.

نتائج الاختبار وتصحيح الأخطاء

نجري الاختبار على برنامج المتحكم المنطقي القابل للبرمجة بناءً على خطة الاختبار التي تم إنشاؤها في أثناء مرحلة تصميم البرنامج. من المقرر أن تشير نتائج الاختبار إلى ما إذا كان النظام يعمل بشكل صحيح. في حال حدوث أي مشكلات في أثناء التنفيذ والاختبار، يمكن للتصحيح إصلاح الأخطاء وتصحيحها.

تعليمات التشغيل

من المهم تقديم تعليمات تشغيل واضحة وموجزة للمستخدم. وقد يتضمن ذلك معلومات حول صيانة أجهزة الإدخال والإخراج المرفقة وتشغيلها. كما يجب أن تتضمن هذه التعليمات أي احتياطات سلامة يجب على المستخدم اتخاذها في أثناء التشغيل. يجب عليك تخصيص هذه التعليمات وفقًا للمتطلبات المحددة للنظام وأجهزة المتحكم المنطقي القابل للبرمجة، بما في ذلك أي إرشادات إضافية للشركة المصنعة للبيئة.

وقفة للتفكير	كيف يمكن دعم المستخدمين والامتثال للسلامة عن طريق توفير تعليمات تشغيل واضحة ومُخصَّصة تغطي الصيانة وإرشادات التشغيل وإجراءات السلامة؟
تلميح	فكر في تجميع تعليمات التشغيل وأدلة الصيانة والتشغيل وإرشادات الشركة المصنعة واحتياطات السلامة في مجموعة واضحة ومخصَّصة لدعم المستخدمين والامتثال لقواعد السلامة.
توسيع الأفق	ما الإستراتيجيات التي يمكنك تنفيذها لضمان التوافق مع متطلبات النظام وإرشادات الشركة المصنعة؟

اختبار نظام المتحكم المنطقي القابل للبرمجة

خلال مرحلة اختبار واكتشاف الأعطال في نظام المتحكم المنطقي القابل للبرمجة، يجب عليك اختبار متطلبات المشكلة الأولية. يجب أن تشكل خطة الاختبار أساس اختبار النظام. ومع ذلك، لضمان تنفيذ إجراءات التشغيل الآمنة في بيئة هندسية، يجب عليك أيضًا التحقق ما يأتي:

- التأكد من أن جميع التوصيلات مكتملة وآمنة ومتوافقة مع المواصفات المطلوبة والمعايير المحلية. وهذا يشمل جميع التوصيلات الكهربائية والهوائية والهيدروليكية بين المتحكم المنطقي القابل للبرمجة والواقع.
- تطابق جهد مزود الطاقة الوارد مع إعداد الجهد الذي تم تكوينه للمتحكم المنطقي القابل للبرمجة. تأكيد أن الجهد الكهربائي يقع ضمن النطاق المقبول لتجنب تعطل المتحكم المنطقي القابل للبرمجة والأجهزة المتصلة به.
- لقد هيأت جميع أجهزة الحماية، بما في ذلك قواطع الدائرة والصمامات، لإعدادات الفصل الصحيحة. يمكن أن تؤدي الأحمال الزائدة والدوائر القصيرة إلى تعطيل المتحكم المنطقي القابل للبرمجة والأجهزة المتصلة، لذا فإن ضمان وجود أجهزة الحماية في مكانها يُعد أمرًا أساسيًا.
- لقد وصلت جميع أجهزة الإدخال والإخراج بالنقاط الصحيحة على المتحكم المنطقي القابل للبرمجة. اختبر كل جهاز إدخال للتأكد من أنه ينتج الإشارات المتوقعة عند استخدامه. اختبر كل جهاز إخراج للتأكد من أنه يستجيب بشكل صحيح للإشارات الصادرة من المتحكم المنطقي القابل للبرمجة.

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 294 24/06/2025 07:35:20 ص

نتاج التعلم ج

- تعمل أزرار التوقف في حالات الطوارئ على إيقاف عمليات المتحكم المنطقي القابل للبرمجة بشكل فعال. تحقق من أن الضغط على الزر يوقف جميع العمليات ذات الصلة وينشط تدابير السلامة المناسبة.
- مؤشرات وحدة الإدخال لحالة كل جهاز إدخال. حاكي الحالات المفتوحة والمغلقة لكل جهاز إدخال لضمان تشغيلها بشكل صحيح.
- برنامج المتحكم المنطقي القابل للبرمجة باستخدام أدوات بيئة التطوير المتكاملة وبرامج البرمجة. تحقق من أداء البرمجيات للوظائف المطلوبة. استخدم أدوات وتقنيات تصحيح الأخطاء المناسبة لتحديد وتصحيح أي أخطاء أو مشكلات في البرنامج.
- نظام المتحكم المنطقي القابل للبرمجة للتحقق من أنه يعمل كما هو متوقع في ظل ظروف التشغيل العادية باستخدام الاختبار الوظيفي. اختبر سيناريوهات وظروف إدخال مختلفة لضمان استجابة المتحكم المنطقي القابل للبرمجة بشكل صحيح والتحكم في العمليات بفعالية.

وقفة للتفكير	ما التقنيات التي يمكننا استخدامها في أثناء اختبار نظام المتحكم المنطقي القابل للبرمجة لضمان التغطية الكاملة للنتائج المتوقعة وقيم الاستثناء؟
تلميح	فكر في استخدام أدوات المحاكاة واختبار الوحدة والتشغيل التجريبي للنظام، بما في ذلك قوائم مرجعية للخطوات الرئيسة لاختبار التشغيل الآمن والفعال للنظام.
توسيع الأفق	كيف يمكننا تحليل نتائج الاختبار وتفسيرها بشكل فعال للتحقق من وظائف النظام وموثوقية؟

◀ الاختبارات الكهربائية

تطبيق النظرية

تصميم نظام المتحكم المنطقي القابل للبرمجة للسيناريو وتطويره واختباره: إنشاء نظام بسيط لمراقبة مستوى الماء وضخها. إذا انخفض الماء عن مستوى معين لمدة ثانية واحدة أو أكثر؛ نشط المضخة لزيادة مستوى الماء. أما إذا ارتفع الماء فوق مستوى معين لمدة ثانية واحدة أو أكثر؛ يتعين إيقاف تنشيط المضخة لتثبيت مستوى الماء.

تأكد من التزام ممارسات العمل الآمنة طوال النشاط، بما في ذلك مراعاة أجهزة السلامة مثل أزرار التوقف في حالات الطوارئ. يمكنك استبدال أجهزة واقعية في أثناء تنفيذ هذه المهمة: أضواء الإخراج لمحاكاة المضخات والأزرار لمحاكاة مستشعرات المستوى.

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 295 24/06/2025 07:35:21 ص

تمرين تقييمي 36.3

طلبت منك إحدى شركات تركيب الورش تصميم عملية سحب آلية لعملائها. يجب أن يستخدم المنتج جهاز المتحكم المنطقي القابل للبرمجة ذو تكلفة معقولة يتلقى يستقبل مدخلات مستشعر الأشعة تحت الحمراء ويبدأ تشغيل حزام النقل ويوقفه.

طور نظام متحكم منطقي قابل للبرمجة للتحكم في حركة نظام ناقل السحب باستخدام مستشعر الأشعة تحت الحمراء ليكون إدخال.

عزز النظام باستخدام التحسينات الموصى بها. طور السلوكيات ذات الصلة والمهارات الهندسية العامة، مع إظهار ممارسات العمل الآمنة والمهنية طوال الوقت.

أدرج ما يأتي في حافظة أدلتك:

- تحليل شامل، وأسباب اختيار الأجهزة وجهاز المتحكم المنطقي القابل للبرمجة لحل المشكلة الهندسية.
- خطة للأنشطة التي يتعين القيام بها في أثناء تصميم النظام وتطويره واختباره، بما في ذلك الأطر الزمنية والمواعيد النهائية
- مخطط كتلة النظام المشروح
- مخططات الأسلاك المشروحة
- تطوير رمز المتحكم المنطقي القابل للبرمجة باستخدام:
  - التسلسل
  - الاختيار
  - التكرار
  - المنطق الحسابي
  - المنطق مقارن
  - المنطق البولياني
  - التعليقات المناسبة
- صور لتجميع وحدة تحكم المتحكم المنطقي القابل للبرمجة المادية لأغراض الاختبار، مع مراعاة إجراءات التشغيل الآمنة
- تقرير مراقبة
- صور التشغيل الآمن والناجح لبرنامج المتحكم المنطقي القابل للبرمجة
- مقارنة نتائج الاختبار بالمتطلبات، وتصحيح أخطاء الرموز، مع تحليل المجالات التي يمكن تحسينها في وظائف النظام وكفاءته.
- دليل تشغيل يتناول الاستخدام الآمن للنظام، ويستهدف المستخدمين الذين قد لا يكون لديهم فهم تقني للنظام.

د مراجعة تطوير نظام التحكم الصناعي وتقييم الأداء الشخصي

في مجال الهندسة، تُعد مراجعة المشروع والتفكير فيه بعد الانتهاء جزءًا أساسيًا من تنفيذ المشروع. حيث يساعد ذلك على ضمان أن المشروع النهائي يلبي المتطلبات الأولية ويدعم التحسين المستمر للأفراد والعمليات المشاركة.

الدروس المستفادة من تطوير نظام المتحكم المنطقي القابل للبرمجة المستخدم للتحكم الصناعي

من خلال مراجعة المشروع ومناقشته، يمكننا استخلاص الدروس التي تعلمناها، والتي من المقرر أن تفيدك أنت وعميلك ومؤسستك.

ويجب أن تشمل المراجعة النقاط التالية:

مهارات الصحة والسلامة

يمكن أن يشمل تقييم جوانب الصحة والسلامة مراجعة الوثائق. يجب عليك مراجعة تقييم المخاطر الذي أعددته في بداية المشروع. حيث يساعد ذلك على توضيح أي مخاطر محتملة حددتها، فضلًا عن إجراءات المراقبة التي اتخذتها للحد من هذه المخاطر.

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 296 24/06/2025 07:35:21 ص

ربما كان المشروع ينطوي على مخاطر تتعلق بالصحة والسلامة، بما في ذلك إدارة المخاطر الكهربائية، مثل الصدمة الكهربائية. وينبغي أن تتضمن الوثائق تفاصيل حول الإجراءات الطارئة الواجب اتباعها في حال حدوث صدمة كهربائية، ومعدات الوقاية الشخصية المناسبة، فضلًا عن كيفية الحفاظ على منطقة العمل نظيفة ومرتبة.

يتعين عليك، في أثناء مراجعة المشروع، تقييم ما إذا كان جميع المعنيين قد اتبعوا بروتوكولات السلامة. وهذا يشمل الاستخدام الصحيح لمعدات الوقاية الشخصية للنشاط و التزام إرشادات السلامة المتفق عليها.

يجب عليك إجراء جلسات استطلاع رأي مع المشاركين في المشروع لجمع رؤى حول ممارسات الصحة والسلامة المتبعة. يجب تشجيع الحوار المفتوح لأن الهدف من المراجعة هو التعلم والتحسين وليس العقاب.

التأكد من أن جميع أعضاء الفريق التزموا بلوائح الصحة والسلامة وتلقوا أي تحديثات تتعلق بالتشريعات.

وقفة للتفكير	ما أنواع معدات الوقاية الشخصية اللازمة للتشغيل والصيانة الآمنة لنظام المتحكم المنطقي القابل للبرمجة الخاص بك؟
تلميح	راعي تحديد متطلبات معدات الوقاية الشخصية المحددة لكل من المخاطر المرتبطة بنظام المتحكم المنطقي القابل للبرمجة.
توسيع الأفق	كيف يمكن أن يدعم تنفيذ إرشادات معدات الوقاية الشخصية المناسبة سلامة مكان العمل ويخفف من المخاطر المحتملة؟

مهارات نظام التحكم في المتحكم المنطقي القابل للبرمجة

- يجب عليك تقييم مهارات نظام التحكم في المتحكم المنطقي القابل للبرمجة. قيّم ما إذا كنت قد اخترت أجهزة المتحكم المنطقي القابل للبرمجة المناسبة للمشروع. يجب تقييم ما إذا كانت الأجهزة المختارة قد جُمِّعت تجميعًا صحيحًا يناسب نظام التحكم الصناعي.

راجع جودة برمجة المتحكم المنطقي القابل للبرمجة والتأكد من أنها تلبي متطلبات المشروع. قيم ما إذا كان الرمز مقروءًا، وفعالًا، وقابلًا للتطوير ويستفيد بشكل مناسب من ميزات المتحكم المنطقي القابل للبرمجة. راجع التصميم المنطقي للرمز وتأكد من توافقه مع الوظيفة المقصودة.

راجع عملية تصحيح الأخطاء ومدى كفاءة تنفيذها. راجع كيفية تحديد المشكلات وكيفية حلها. قيم فعالية الأدوات التي استخدمتها في أثناء استكشاف الأخطاء وإصلاحها وتصحيح الأخطاء.

المهارات الهندسية العامة

من المهم تقييم مجموعة واسعة من المهارات الهندسية خلال مرحلة الدروس المستفادة من المشروع. يجب عليك تقييم مهارات الرياضيات، مثل النمذجة بدقة وفعالية وتفسير المخططات والرسومات.

يجب أن تفكر مليًا في تقييم دقة النماذج المستخدمة في المشروع، مثل تلك المستخدمة في حساب معلمات النظام ووظائف التحكم ومعالجة الإشارات. يجب مراعاة دقة الحسابات المجراة في أثناء تصميم وبرمجة المتحكم المنطقي القابل للبرمجة. يجب إجراء مقارنات بين القيم المحسوبة المتوقعة وقيم نظام المتحكم المنطقي القابل للبرمجة الفعلية.

يعد تفسير الرسومات والمستندات مهارة أساسية للمراجعة والتقييم. يجب أن تفكر مليًا في فعالية تفسير المخططات الكهربائية المرتبطة بالمتحكم المنطقي القابل للبرمجة. تأكد من أن الأسلاك والمكونات تتوافق مع المتحكم المنطقي القابل للبرمجة ووثائق التصميم.

يجب أن تفكر مليًا في مدى فعالية التواصل طوال المشروع. راجع كيفية تلقي أصحاب المصلحة وأعضاء الفريق للمعلومات الجديدة، والتحديثات، والمشكلات في أثناء التنفيذ.

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 297 24/06/2025 07:35:21 ص

نتائج الدروس المستفادة

وثق نتائج عملية الدروس المستفادة، مع تسليط الضوء على الجوانب الإيجابية للمشروع ومجالات التحسين المستقبلية. يمكنك استخدام التقرير كمرجع للمشاريع المستقبلية للمساعدة على تحسين جودتها وفعاليتها.

وقفة للتفكير	فكر في السيناريوهات التي طورتها في هذه الوحدة. أعد سجل للدروس المستفادة لأحد السيناريوهات.
تلميح	اكتب سجلًا للدروس المستفادة من سيناريو مضخة الماء.
توسيع الأفق	فكر في الطرق التي كان من الممكن أن تحل بها سيناريو مضخة الماء بشكل أكثر فعالية.

الأداء الشخصي في أثناء تطوير نظام المتحكم المنطقي القابل للبرمجة الصناعي

خلال عملية المراجعة، من المهم أن تقيم أدائك الشخصي. حيث يساعدك هذا على النمو بصفتك مهندس وتكوين فهم أفضل لحل المشكلات. سيؤدي ذلك إلى تطوير مهاراتك بشكل أكبر.

الأداء الشخصي لا يقتصر فقط على مدى نجاحك في حل المشكلة، بل يتضمن مراجعة سلوكياتك المهنية وإدارة الوقت ومهارات التواصل والتثقيف.

قيم مهارات تخطيط الوقت وإدارته في أثناء تطوير مشروع المتحكم المنطقي القابل للبرمجة. فكر في ما إذا كنت قد حددت أولويات المهام بفعالية وحققت الأهداف وأدرت العمل بأفضل طريقة ممكنة.

يجب عليك تقييم مهارات التواصل والتثقيف لتحديد مدى فعالية تواصلك مع أعضاء الفريق وغيرهم من المشاركين في المشروع. فكر في ما إذا كنت قد استخدمت التواصل الشفهي بشكل جيد لشرح الأفكار بوضوح وما إذا كنت قد استمعت بنشاط. بالنسبة للعناصر الكتابية للمشروع، فكر في ما إذا كانت واضحة وموجزة ونقلت التفاصيل المطلوبة.

حلل مهاراتك في حل المشكلات وفكر في التحديات التي واجهتها في أثناء المشروع. قيم كيفية تعاملك مع الأخطاء وحلها، مثل أخطاء البرنامج المنطقية والنحوية. قيم ما إذا كان بإمكانك استخدام طرق بديلة، سواء كانت أكثر فعالية أم لا. بالنسبة لأي أعطال في تجميع الأجهزة، يمكنك إجراء مقارنات مع الوثائق والإجراءات التي تم تنفيذها.

وقفة للتفكير	فكر في كيفية تأثير أدائك الشخصي في نتائج الأنشطة التي قمت بها في هذه الوحدة.
تلميح	راجع أداءك في أثناء مهمة مضخة الماء.
توسيع الأفق	فكر في طرق مختلفة كان بإمكانك من خلالها التعامل مع الأنشطة لتجعل نفسك أكثر كفاءة وفعالية. كيف كان يمكن أن يؤثر ذلك في نتيجة المهمة؟

المهارات

- التقييم الذاتي
- اتخاذ موقف

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 298 24/06/2025 07:35:22 ص

تمرين تقييمي 36.4

راجع تطوير نظام المتحكم المنطقي القابل للبرمجة وقيم أداءك الخاص. أعد تقرير يحتوي على تقييمك لعمليات تطوير المشروع.

تأكد من تقييم وتحليل ما يأتي:

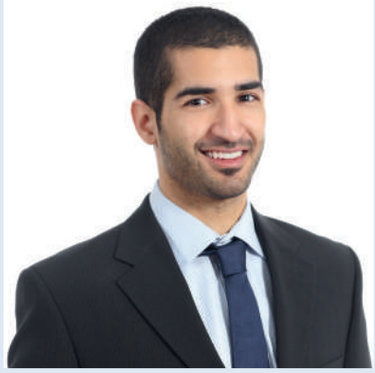
- مهارات الصحة والسلامة
- مهارات نظام التحكم في المتحكم المنطقي القابل للبرمجة
- المهارات الهندسية العامة

في تقريرك، راجع أداءك الشخصي في أثناء المشروع، لا سيما:

- التخطيط وإدارة الوقت
- مهارات التواصل والتثقيف
- مهارات حل المشكلات.

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 299 24/06/2025 07:35:22 ص

فكِّر فيَ المستقبل



أحمد العباد

أحد مبرمجي المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة في شركة تصنيع

بدأت العمل مبرمجًا للمتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة منذ بضع سنوات وما زلت أعمل حتى الآن. تعلمت كيفية برمجة المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة في أثناء دراستي في المدرسة والكلية. عندما بدأت، كنت بالكاد قادرًا على تشغيل المحرك أو الإضاءة باستخدام الأزرار ومفاتيح الضغط. طورت مهاراتي في هذا المجال، وأنا الآن أطور برامج للأنظمة الآلية في أحد مصانع الإنتاج. وأعمل يوميًّا مع الأزرار والمرحلات والمفاتيح والناقلات والمضخات والصمامات والمكابس الهوائية. أشعر أنني أستطيع إظهار مستوى عالٍ من مهارات الكفاءة التقنية في برمجة المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة بانتظام بفضل تعليمي وخبراتي العملية في هذا المجال.

أبدأ يومي بفحص الجدول اليومي وحل أي مشكلات طارئة حدثت في أثناء الليل. وأستمتع بهذا الجزء من اليوم خصيصًا لأنه يطور قدرتي على حل المشكلات المعقدة بفضل مهارات حل المشكلات. في حوالي الساعة 8 صباحًا من كل يوم، أحضر اجتماعًا مع الفريق الهندسي. إن مهارات التعاون والعمل الجماعي أساسية. ونحن نتعاون بنشاط كل يوم. نتناقش حول المشاريع الجارية وأهداف الإنتاج والتحديات التقنية التي تتطلب معالجة عاجلة.

أدون ملاحظات حول أي تغييرات في جدول الإنتاج قد تؤثر في مهام البرمجة التي يتعين علي تنفيذها. تساعد المرونة والقدرة على التكيف على التعامل مع هذه التغييرات في الإنتاج. القدرة على التكيف مع الظروف المتغيرة هي مفتاح العمل في هذا النوع من البيئات. أعمل مع زملائي في فريق أنظمة التحكم، لضمان أن يكون منطق الكود سليمًا ويتوافق مع بروتوكولات السلامة. وأتأكد أنه يمكنني التواصل بفعالية مع الزملاء وتنفيذ الأعمال لضمان تحقيق أهداف الإنتاج.

عندما أشرح وظيفتي لأصدقائي وعائلتي، أستمتع بسرد كيفية حَلّي للمشكلات يوميًا وتأثير عملي الإيجابي في الشركة.

باتباع هذه الاقتراحات، يمكنك أن تصبح مبرمجًا للمتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة مثل أحمد:

- تساعد دورات برمجة المتحكم المنطقي القابل للبرمجة المتقدمة على تعزيز المهارات والبقاء على اطلاع بأحدث اتجاهات وتقنيات هذا المجال. قد تتضمن هذه الدورات برمجة المنطق السلمي المتقدمة أو التحكم في الحركة أو تصميم واجهات الإنسان-الآلة.
- يمكن أن تؤدي الخبرة العملية مع التقنيات الجديدة إلى تعرف التقنيات الناشئة وأنظمة التشغيل الآلي، مثل الروبوتات وإنترنت الأشياء. يخلق التعرض لهذه التقنيات نقاط نقاش في أثناء مقابلات العمل ويجعلك من المطلوبين في سوق العمل.
- يمكن أن تساعد الشهادات في برمجة المتحكم المنطقي القابل للبرمجة والأتمتة الصناعية على إثبات المهارات والخبرات. فالشهادات التي يوفرها موردون مثل: (سيمنز وروكويل أوتوميشن وشنايدر إلكتريك) يمكن أن تعزّز المصداقية وتفتح مسارات مهنية جديدة.
- يمكن أن تساعد الشبكات والتطوير المهني على التواصل مع محترفين آخرين في مجال الأتمتة الصناعية. يمكن أن يساعد حضور الفعاليات الصناعية والندوات وأنشطة التواصل على توسيع شبكتك المهنية.
- يمكن أن يساعد التركيز على تطوير المهارات الشخصية مثل القيادة وإدارة الوقت واتخاذ القرار على التقدم الوظيفي في برمجة المتحكم المنطقي القابل للبرمجة. يمكن أن تسهم هذه المهارات في إعداد محترف شامل.

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 300 24/06/2025 07:35:22 ص

XXXX-3 Engineering Unit 36_AR.indd 301 24/06/2025 07:35:22 ص

تعرُّف الوحدة

في عصر الصناعة 4.0 الذي يهدف إلى ربط غالبية التكنولوجيا الصناعية رقميًّا، تتزايد أهمية الروبوتات الصناعية، فقد أصبحت تُستخدم في العديد من المجالات لتشغيل العمليات آليًّا (أتمتتها) بعد أن كان البشر ينفذها في السابق. ولفهم هذا التقدم التكنولوجي، ستتعرف مختلف أنواع الروبوتات الصناعية وتطبيقاتها أو استخداماتها المُتعددة. وبعد أن تتعلم كيفية العمل بأمان مع الروبوتات الصناعية، ستنجز مهمة برمجة تُمكِّنك من تنفيذ برنامج روبوت لإنجاز مهمة مُحددة.

كيفية إجراء التقييم

التقييم

ستُقَيَّم بسلسلة من الواجبات التي يحددها مُعلمك.

ستُقَيَّم هذه الوحدة بسلسلة من المهام المقيّمة داخليًّا التي يحددها معلمك، وفي أثناء دراستك لهذه الوحدة، ستجد أنشطة عبارة عن تمارين تقييمية تساعدك على إنجاز تقييمك بنجاح. وإنجاز هذه الأنشطة لا يعني أنك قد حصلت على درجة معينة، بل يعني أنك قد نفذت بحثًا أو تدريبًا مفيدًا سيكون مناسبًا عند إنجاز واجبك النهائي. من أجل تنفيذ المهام المحددة في واجبك، من المهم التأكد من أنك قد استوفيت جميع معايير التقييم. ويمكنك تحقيق ذلك بالعمل على الواجبات التي تُكلَّف بها.

إذا كنت تهدف إلى تحقيق درجة التفوق أو الامتياز، فيجب عليك التأكد من تقديم المعلومات في واجبك بالأسلوب الذي يتطلبه معيار التقييم ذي الصلة. فعلى سبيل المثال، يتطلب معيار التفوق منك التحليل، بينما يتطلب معيار الامتياز منك التقييم. ستتألف الواجبات التي حددها معلمك من عدد من المهام المُصمَّمة لتلبية المعايير الواردة في الجدول، ومن المحتمل أن تتخذ شكل تقارير مكتوبة، ولكنها قد تشمل أيضًا أنشطة مثل العروض التقديمية ومهام البرمجة العملية.

معايير التقييم

يوضح لك هذا الجدول ما يجب عليك القيام به من أجل الحصول على درجة النجاح أو التفوق أو الامتياز، وأين يمكنك العثور على أنشطة لمساعدتك.

النجاح	التفوق	الامتياز
نتاج التعلم أ بحث متطلبات الصحة والسلامة والصيانة المرتبطة بالروبوتات الصناعية.		
A.P1 وصف متطلبات الصحة والسلامة للتشغيل الآمن لروبوتات صناعية معينة". **تمرين تقييمي 56.1** **A.P2** وصف إجراءات صيانة روبوتات صناعية معينة. **تمرين تقييمي 56.1**	**A.M1** تبرير مزايا إجراءات الصيانة واستخدام نظام السلامة في تطبيق معين للروبوتات الصناعية. **تمرين تقييمي 56.1**	**A.D1** تقييم إجراءات الصيانة واستخدام نظام السلامة في تطبيق معين للروبوتات الصناعية. **تمرين تقييمي 56.1**
نتاج التعلم ب بحث علمية تصميم وتشغيل الروبوتات الصناعية لتطبيقات مختلفة		
B.P3 شرح مبادئ التشغيل والتصميم لتطبيقين مختلفين على الأقل في الروبوتات الصناعية. **تمرين تقييمي 56.2** **B.P4** وصف أنظمة التحكم، بما في ذلك إشارات الدخل والخرج والتغذية الراجعة، المستخدمة في تطبيقين مختلفين على الأقل في الروبوتات الصناعية. **تمرين تقييمي 56.2**	**B.M2** المقارنة بين التصميم والتشغيل والتحكم في روبوتين صناعيين مختلفين على الأقل، بما في ذلك أنظمة الدفع. **تمرين تقييمي 56.2**	**BC.D2** تقييم روبوتين على الأقل من الروبوتات الصناعية المختلفة من حيث التصميم والتشغيل والتحكم، بما في ذلك استخدام أجهزة الاستشعار في الروبوت وأطراف الروبوت العاملة في مجموعة مختلفة من التطبيقات. **تمرين تقييمي 56.2**
نتاج التعلم ج بحث تشغيل مستشعرات الروبوتات الصناعية وأطراف الروبوت العاملة		
C.P5 شرح مبادئ التشغيل لثلاثة أنواع مختلفة من أجهزة الاستشعار الروبوتية في تطبيقات مختلفة. **تمرين تقييمي 56.2** **C.P6** شرح مبادئ التشغيل لنوعين مختلفين من أطراف الروبوت العاملة في تطبيقات مختلفة. **تمرين تقييمي 56.2**	**C.M3** تقييم استخدام أجهزة الاستشعار الروبوتية وأطراف الروبوت العاملة في تطبيقات مختلفة. **تمرين تقييمي 56.2**	
نتاج التعلم د إعداد برنامج لروبوت صناعي بهدف حل مشكلة هندسية		
D.P7 تصميم برنامج لروبوت صناعي لحل مشكلة معينة. **تمرين تقييمي 56.3** **D.P8** إعداد برنامج لروبوت صناعي خاضع للاختبار في وضع المحاكاة وقد لا يحل المسألة بأمان إلا جزئيًا. **تمرين تقييمي 56.3**	**D.M4** تطوير برنامج وظيفي لروبوت صناعي يعمل على النحو المنشود لحل مسألة معينة بأمان. **تمرين تقييمي 56.3**	**D.D3** تحسين البرنامج الوظيفي لروبوت صناعي عن طريق اختباره للتأكد من أنه يعمل بكفاءة وأمان وعلى النحو المنشود. **تمرين تقييمي 56.3**

بدء النشاط

الروبوتات الصناعية إحدى الطرق المستخدمة في أتمتة إجراءات العمل.
بالعمل في مجموعات، ضعوا قائمة بجميع الأسباب التي تجعلكم تفكرون في أتمتة العمليات. هل توجد أي عيوب لأتمتة عملية ما؟

نتاجات التعلم

ستتعلم في هذه الوحدة:

أ} بحث متطلبات الصحة والسلامة والصيانة المرتبطة بالروبوتات الصناعية

ب} بحث عملية تصميم وتشغيل الروبوتات الصناعية لتطبيقات مختلفة

ج} بحث تشغيل مستشعرات الروبوتات الصناعية وأطراف الروبوت العاملة

د} إعداد برنامج لروبوت صناعي بهدف حل مشكلة هندسية.

أ } بحث متطلبات الصحة والسلامة والصيانة المرتبطة بالروبوتات الصناعية

متطلبات الصحة والسلامة

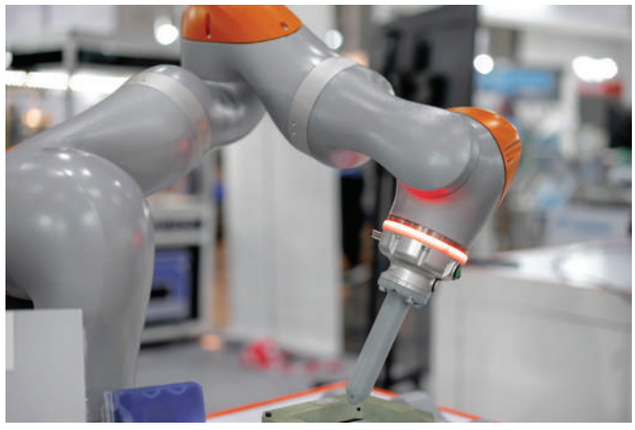
تعريف الروبوتات الصناعية

تنقسم الروبوتات الصناعية في الأساس إلى فئتين:

- الروبوتات المستقلة
- تجهيزات أو خلايا التصنيع.

الروبوتات المستقلة

الروبوتات المستقلة روبوتات فردية لا تشكل جزءًا من نظام أوسع أو خلية إنتاج. وهذه الروبوتات مناسبة للعمل والاستخدام إلى جانب المشغلين البشريين، لأنها تؤدي المهام التي تساعد المشغل، بدلًا من استبدال المشغل تمامًا. وتُعرف هذه الروبوتات باسم الروبوتات التعاونية أو "كوبوتس". وبعكس روبوتات التصنيع الآلية بالكامل، تتمتع الروبوتات التعاونية بميزات أمان إضافية مدمجة خصيصًا لضمان سلامة أي إنسان يعمل بجانبها. وتعمل بسرعات منخفضة، ما يسمح للإنسان الذي يعمل بالتفاعل بسهولة مع حركتها.



◄ روبوت تعاوني (كوبوت).

وتوفر هذه الروبوتات ميزات أمان تحد من القوة، بحيث إذا اصطدم الإنسان بالروبوت أو انحصر عن طريق الخطأ بين جزأين من آلية الروبوت، فإن الروبوت يتوقف تمامًا قبل تطبيق القوة الكافية للتسبب في الإصابة.

تصميمات الروبوتات التعاونية كثيرة ومتنوعة، بعضها يتخذ أشكالًا تقلد المظهر البشري، وذلك يسمح باستخدامها في مجموعة كبيرة من المهام والتطبيقات، ويمكن دمجها في العديد من إعدادات الإنتاج الحالية مع أدنى حد من الاضطراب في منطقة العمل.

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 304 24/06/2025 06:23:36 ص

كان الاعتبار الأهم في تطوير الروبوتات التعاونية هو تقليل السرعة وإضافة ميزات سلامة مُعززة مصممة لإزالة أي خطر على البشر الذين سيعملون بقربها.

صُممت الروبوتات التعاونية للعمل جنبًا إلى جنب مع المشغلين الذين، رغم خبرتهم في العمليات، قد لا يكونون على دراية بالأتمتة الروبوتية. لذلك تتمتع الكوبوتس بعمليات تعلُّم أكثر سهولة وواجهات مستخدم أكثر ملاءمة. وهذا يُسرع عملية التأقلم عند دمج الروبوتات التعاونية في عملية الإنتاج دون الحاجة إلى خبرة في برمجة الروبوتات.

خلايا العمل في التصنيع

تُستخدم خلايا العمل في التصنيع لحماية المشغلين من العمليات الخطرة حيث قد تعمل الروبوتات بسرعة عالية أو تحرك أشياء كبيرة. وفي هذه التجهيزات، يُحظر على البشر دخول خلية العمل في أثناء عملية الإنتاج، وتُدرَج العديد من مكونات السلامة بالغة الأهمية في تصميم الخلية لضمان عدم حدوث ذلك.

إن وجود حواجز مادية حول منطقة عمل الروبوت يضمن عدم تمكن أي فرد من دخول الخلية في أثناء تشغيل الروبوت.

اللوائح ذات الصلة

يمكن للروبوتات تحسين سلامة العمال بأداء وظائف خطيرة بطبيعتها أو تتطلب التنفيذ في بيئات خطرة. ومع ذلك، فإن العديد من الروبوتات كبيرة وسريعة الحركة وتحمل أحمالًا ثقيلة، وكل هذا يشكل مصادر للأخطار.

لا بد أن تُطبق الشركات على جميع أنواع الروبوتات الصناعية أنظمة عمل آمنة لموظفيها يجب التزامها. وتظل جميع التشريعات القياسية المتعلقة بالصحة والسلامة في العمل سارية، ويجب إجراء تقييمات المخاطر لجميع العمليات – كما هو الحال في العمليات غير المؤتمتة. وبالفعل، يعد إجراء تقييم المخاطر أمرًا إلزاميًا من أجل الامتثال لمعايير السلامة الروبوتية الناشئة. على سبيل المثال، تشترط المنظمة الدولية للمعايير (ISO) تنفيذ أن تقييمات المخاطر قبل تثبيت الروبوت الصناعي.

◄ روبوت تعاوني (كوبوت) يعمل على سير ناقل.

◄ تفاصيل مفصل كوبوت.

◄ خلية تصنيع صغيرة.

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 305 24/06/2025 06:23:41 ص

يُعد الخطأ البشري أحد العوامل الرئيسة التي تسهم في الإصابات المرتبطة بالروبوت. فالروبوتات بالنسبة للعديد من المشغلين تكنولوجيا جديدة. وبالتالي، لا يكون المشغلون على دراية بطريقة عمل الروبوتات، مثل سرعتها ومدى وصولها وما الذي يجب البحث عنه عند حدوث أي خطأ أو عملية غير متوقعة. إن تدريب الموظفين على معدات البرمجة والتشغيل وسلامة الروبوت تدريبًا صحيحًا يمكن أن يقلل كثيرًا مخاطر وقوع الحوادث.

وقفة للتفكير	نشرت المنظمة الدولية للتوحيد القياسي معيار ISO 10218 الذي اعتُمد في نطاق واسع عالميًا لتحديد متطلبات السلامة للروبوتات الصناعية. استكشف ما إذا كانت منطقتك اعتمدت معيار ISO 10218 أم تستخدم معايير وطنية أو دولية أخرى.
تلميح	تَقَصَّ معايير السلامة التي تعتمدها صناعة الأتمتة المحلية في منطقتك.
توسيع الأفق	ابحث الاختلافات بين معيار ISO 10218 والمعايير الأخرى الأكثر عمومية ذات الصلة بسلامة العمل مع الآلات مثل المعيار ISO 12100.

حتى عند العمل مع أصغر الروبوتات، يزداد خطر إصابة العمال، لأن الروبوتات لا تمتلك أي وعي متأصل بأي تفاعل غير متوقع مع المشغلين أو الفنيين. وبالتالي، ستستمر في عملياتها بغض النظر عن أي ظروف. على سبيل المثال، إذا كان الروبوت يتحرك لالتقاط قطعة من المعدات وكان هناك شخص في طريقه، فقد لا يتوقع ذلك ويتوقف كما نفعل نحن البشر، بل سيستمر كما لو أن الشخص ليس موجودًا، ما يؤدي إلى إصابة خطيرة لذلك الشخص.

الأخطار البشرية

قد تقتضي الحاجة أحيانًا وجود الموظفين في مساحة عمل الروبوت في أثناء أداء عملياته الآلية.

وقد يكون ذلك من أجل:

- تفاعل المشغل، بتمرير عنصر إلى الروبوت أو أخذ عنصر منه
- الصيانة
- الإصلاح
- البرمجة

في هذه الحالات، لا يُحبذ إيقاف تشغيل الروبوت تمامًا، لأن إعادة تشغيله مرة أخرى قد تستغرق وقتًا ويؤدي ذلك إلى ضياع وقت الإنتاج. ولكن من المهم إيقافه لمنع الإصابة.

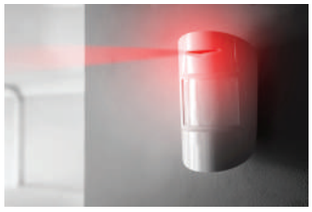
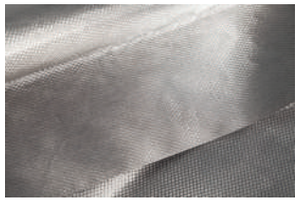
في هذه الحالات، يمكن دمج عدة معدات محددة في تصميم خلية الروبوت للسماح بالتفاعل المحدود بين البشر والروبوت.

أنظمة السلامة

يوضح الجدول 56.1 أمثلة عن معدات السلامة.

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 306 24/06/2025 06:23:41 ص

الجدول 56.1 أمثلة عن معدات السلامة

مكون السلامة والأمان	الوصف	
جهاز التمكين (مقبض الأمان الآلي)	جهاز التمكين جزءٌ من وحدة التلقين المحمولة (سنتناولها لاحقًا في هذه الوحدة). ويتألف من مفتاح ثلاثي المواضع يجب أن يجعله المشغل في المنتصف، وإلا سيتوقف الروبوت على الفور.	
زر التوقف في حالات الطوارئ	يوجد عدد من أزرار التوقف في حالات الطوارئ (e-stop) حول خلية عمل الروبوت. ويؤدي الضغط على أحدها إلى إيقاف الروبوت على الفور.	
زر الإيقاف المؤقت	يمكن استخدام زر الإيقاف المؤقت، عادةً ما يكون زرًا "افتراضيًّا" على شاشة واجهة المستخدم، لإيقاف الروبوت إيقافًا متحكمًا فيه. لاحظ أن الروبوت سيتباطأ ولن يتوقف على الفور، كما هو الحال مع زر التوقف في حالات الطوارئ.	
حصائر استشعار الضغط	حصائر توضع حول الروبوت لاكتشاف وجود العمال على مساحة سطح الحصيرة. مرة أخرى، سيؤدي تنشيط أحد هذه الأجهزة إلى إيقاف الروبوت على الفور.	
واقي ضوء الليزر وستارة الضوء	لكي يتمكن المشغل من إدخال عنصر إلى خلية عمل الروبوت أو إخراجه منها، لا بد من وجود فجوات في السياج للسماح بمرور العنصر. ويجب ألا يتحرك الروبوت عند حدوث ذلك، لضمان عدم تعرض المشغل لخطر الإصابة. تُسلَّط أشعة الضوء المرئي أو الأشعة تحت الحمراء على هذه الفتحات، ويتوقف الروبوت عن الحركة كلما انقطعت هذه الأشعة.	
حاجز المجال الكهرومغناطيسي	غالبًا ما تنتج المكونات الكهربائية عالية الجهد، مثل المحركات الكهربائية، إشعاعًا كهرومغناطيسيًا يمكن أن يتداخل مع المعدات الإلكترونية الحساسة ويسبب مشكلات. ويمكن أن يؤدي استخدام حواجز المجال الكهرومغناطيسي، التي تتكون غالبًا من شبكات معدنية أو شريط موصل، إلى منع المجالات الخارجية من التأثير في عناصر التحكم في الروبوتات الصناعية.	

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 307 24/06/2025 06:23:48 ص

المهارات

- التواصل
- العمل الجماعي
- التعاون
- حل المشكلات

المصطلحات الرئيسة

الصيانة (الوقائية) المخطط لها: مجموعة من إجراءات الصيانة الروتينية التي يجب إجراؤها بوتيرة معينة مُخطط لها مسبقًا لتقليل وقت التوقف عن العمل والإصلاحات.

الصيانة التفاعلية أو التصحيحية: مهمة صيانة أو إصلاح محددة تُنجَز عندما لا يعمل الروبوت على النحو المقصود ويؤثر في الإنتاج.

أ2 الصيانة

لضمان استمرار التشغيل السلس والفعَّال للروبوتات الصناعية، يجب إجراء صيانة شاملة ومنتظمة.

وتُنفذ صيانة الروبوتات عادةً في شكل **صيانة مخطط لها**، وتُعرف أيضًا باسم الصيانة الوقائية.

ولا شك أن الروبوت قد يتعرض لعوائق تمنعه من العمل بأقصى سرعة وكفاءة. عندئذ، سيتدخل فرد أو فريق من مهندسي الصيانة المدربين لتنفيذ **الصيانة التفاعلية**.

غالبًا ما يكون هذا الفريق على أهبة الاستعداد، وجاهزًا للتعامل مع أي أعطال، فكلما طالت فترة توقف الروبوت عن العمل، زاد وقت الإنتاج المُهدر، الأمر الذي قد يكون مكلفًا. فكِّر في مصنع للسيارات يُخرج سيارة واحدة من خط الإنتاج كل دقيقتين. إذا توقف خط الإنتاج لأقل من 30 دقيقة، فسيؤدي ذلك إلى عدم إنتاج 15 سيارة.

إجراءات الفحص الروتينية

تتألف الصيانة الوقائية من إجراءات الفحص الروتينية التي تحدد جميع أجزاء ووظائف الماكينة التي سيجري فحصها بانتظام. ويُدمج هذا في جدول الصيانة الذي يحدد عدد مرات فحص الماكينة. وهذا مهم لضمان استمرار الأداء الأمثل للروبوت، ومهم أكثر لمنع أعطال الروبوت لأنها يمكن أن تصبح مصادر لأخطار كبيرة. على سبيل المثال، يمكن أن ينقسم الخرطوم المعطوب ويتسبب في رش سائل التزليق حول خلية العمل وربما خارجها، وإذا لم يُتحكم فيه، فقد يؤدي أيضًا إلى خروج الروبوت عن الخدمة، ما يؤثر في الإنتاج.

وتختلف وتيرة تنفيذ إجراءات الصيانة من يوميًا (فحوص يومية) إلى سنويًا (فحوص سنوية). تكون الفحوص اليومية بصرية في الأساس، وتكون بالتحقق من المعلومات مثل مؤشرات مستوى البطارية والنظافة وكفاية التشحيم أو التزييت وأجهزة الاستشعار وخلو منطقة العمل من أي عوائق أو أشياء غير متوقعة. وتُراقب بيئة الروبوت بانتظام للتأكد من وقوع عوامل مثل درجة الحرارة والتهوية ضمن مواصفات تشغيل الروبوت وضمان ألَّا يُحدث الروبوت أو المعدات الأخرى ضوضاء كهربائية.

في الغالب لا يحتاج إجراء الفحوص اليومية إلى إيقاف الروبوت أو إيقاف العمل لمدة طويلة .

في الفحوص السنوية، غالبًا ما يجري استبدال عناصر معينة بأخرى جديدة. وتُفحَص المنطقة المحيطة بالمفاصل وداخلها للتأكد من عدم دخول أي جسيمات (مثل البرادة) إليها، وإذا حدث ذلك، فيجب استبدال موانع التسرب المحيطة بالمفاصل. وقد يتطلب الأمر محامل مفصلية جديدة أو ربما استبدال المحركات، خاصةً إذا كانت المفاصل مهترئة نتيجة الاستخدام المستمر وتأثيرات الصدمات والاهتزازات. وتُفحَص أيضًا البطاريات والزيوت والخراطيم والموصلات وأجهزة الاستشعار وتُستبدَل إذا لزم الأمر، وتُفحص أيضًا جميع أدوات التثبيت الميكانيكية والتوصيلات الكهربائية. لاحظ أن العديد من العناصر تُستبدل رغم عدم ظهور أي علامات تلف أو بلى عليها. وتذكر أن هذه صيانة وقائية.

وتتطلب هذه الأنواع من الإجراءات إخراج الروبوت من الإنتاج لفترة طويلة من الوقت (ربما ساعات أو أيام). لذلك، يجب التخطيط لهذه الصيانة في دورة الإنتاج لضمان اتخاذ الترتيبات اللازمة لنقص الإنتاج في هذا الوقت.

ستُثبت عدد المرات التي يتعطل فيها الروبوت الفعالية الشاملة لإجراءات الصيانة. إذا كانت الصيانة الوقائية فعالة، فستقضي حينئذ على الأعطال. ومع ذلك، لا بد من مراجعة الممارسات باستمرار واستخدام أي

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 308 24/06/2025 06:23:48 ص

معلومات موجودة في الفحوص اليومية والسنوية لتحسين إجراءات الصيانة. على سبيل المثال، إذا تبين في الفحص السنوي أن محرك المفصل متآكل بشكل خطير، فإن من المعقول الحرص على تكرار فحص المحرك وربما إجراء المزيد من الفحوص لمعرفة سبب البلى. وبهذه الطريقة، نتجنب الأعطال المحتملة.

وقفة للتفكير	حدِّد إجراءات الفحص الروتينية لآلة في ورشتك.
تلميح	افحص آلة في ورشتك وتحدث إلى الفني الذي يعمل في الورشة.
توسيع الأفق	ماذا يمكن أن يحدث للآلة والمشغل إذا لم تُنفَّذ إجراءات الفحص الروتينية بانتظام؟

قطع الغيار

قد تتطلب صيانة الروبوت استبدال بعض العناصر. ومن النادر أن يحاول المهندسون إصلاح أي مشكلات في الموقع، فغالبًا ما تحتفظ الشركة بعدد كبير من قطع الغيار التي يمكن تبديلها ببساطة ويمكن بعد ذلك إعادة تشغيل الروبوت. يمكن بعد ذلك فحص الجزء الذي أزيل في ورشة العمل، دون أن يتعطَّل تشغيل الروبوت أكثر. غالبًا ما تكون قطع الغيار هذه مواد استهلاكية صغيرة مثل موانع التسرب والمحامل والمحركات الصغيرة وأجزاء الموصلات وربما الخطوط الهيدروليكية أو الهوائية.

◀ مهندسون يفحصون روبوت كبير.

ولكن، في بعض الأحيان، تستدعي الضرورة إزالة جزء كبير من الروبوت واستبداله لإعادة تشغيله في أسرع وقت ممكن. ورغم إنفاق الشركة مبلغًا كبيرًا لتوفير هذا النوع من قطع الغيار، إلا أن تقليل وقت تعطل الروبوت يبرر هذا الإنفاق ويجعله ذو جدوى.

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 309 24/06/2025 06:23:50 ص

وقفة للتفكير	أعِد قائمة بقطع الغيار لآلة في ورشتك.
تلميح	افحص آلة في ورشتك وتحدث إلى الفني الذي يعمل في الورشة.
توسيع الأفق	فكّر في ما إذا كان من المفيد الاحتفاظ بكل هذه القطع في المخزون والآثار المترتبة على تكلفة ذلك على ورشتك.

أدوات الصيانة ومعدات الاختبار ذات الصلة

لا تتطلب غالبية عمليات صيانة الروبوت سوى مجموعة أدوات كهربائية ميكانيكية قياسية لإجرائها. ويجب إيقاف تشغيل الروبوت، وبالتالي يجب اتباع إجراءات العزل الآمن. بعد عزل الروبوت، يمكن تنفيذ مهام الصيانة باستخدام معدات ميكانيكية مثل طقم اللُقم ومفاتيح الألنكيه ومسدسات التشحيم ومعدات الاختبار الكهربائية مثل الملتيميتر.

قد تتطلب بعض أنشطة الصيانة معايرة الروبوت للحفاظ على الدقة والتكرارية في تشغيله. وتعتمد طبيعة هذه المعايرة على نوع الروبوت والعملية التي ينفذها. ومع ذلك، توفر المعدات الرئيسة، مثل المقاييس والأدوات، مراجع معروفة يمكن الاستناد إليها لضبط قاعدة الروبوت والمحاور المختلفة والأدوات، ويكون ذلك غالبًا بالتزامن مع برامج المعايرة الروتينية المدمجة في نظام تشغيل الروبوت.

بعد إنجاز أنشطة الصيانة، من المهم أن تكون مساحة عمل الروبوت جاهزة لاستئناف الإنتاج على الفور. لا بد من الإعداد السليم لعملية الإنتاج لضمان جاهزية كل شيء للعمل بكامل طاقته بمجرد بدء الإنتاج الفعلي. أي نقص أو خطأ في إعادة تركيب المعدات بعد الصيانة سيؤدي حتمًا إلى تأخيرات في الإنتاج إلى حين تصحيح المشكلة.

وقفة للتفكير	أعِد قائمة بأدوات الصيانة لآلة في ورشتك.
تلميح	افحص آلة في ورشتك وتحدث إلى الفني الذي يعمل في الورشة.
توسيع الأفق	هل تعرف كيفية استخدام كل هذه الأدوات؟ إذا لم تكن تعرف، فمن الذي سيدربك على استخدامها الصحيح؟

تطبيق النظرية

فكر في سيارة عائلية.

ما متطلبات صيانتها؟

من يجب عليه إجراء الصيانة ومتى؟

ما الأجزاء التي يجب صيانتها وكم مرة؟

هل يجب تغيير بعض الأجزاء، وإذا كان الأمر كذلك، فما تلك الأجزاء؟

من يتحقق من إجراء الصيانة على الوجه الصحيح؟

ما عواقب الصيانة غير الصحيحة أو المتأخرة؟

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 310 24/06/2025 06:23:50 ص

تمرين تقييمي 56.1 A.P1, A.P2, A.M1, A.D1

تعمل مدير إنتاج في مصنع صغير قرَّر تطبيق التشغيل الآلي على منطقة التعبئة باستخدام خلية عمل روبوت صناعي لوضع الصناديق المعبأة على باليتات جاهزة للإرسال.

طلب منك فريق المشغلين ومهندسو الصيانة إطلاعهم على متطلبات الصحة والسلامة لخلية عمل الروبوت وإجراءات الصيانة المطلوبة.

ما تزال الشركة لا تعرف بالضبط ما هو الروبوت الذي ستستخدمه ولا كيف سيكون تصميم خلية العمل. ولكن في المطلق سيكون روبوتًا مفصليًا كبيرًا، لذلك لن يتمكن الموظفون من البقاء في خلية العمل في أثناء تشغيل الروبوت.

تحتاج إلى إعداد عرض تقديمي مناسب لإلقائه أمام المشغلين وفريق الصيانة لتزويدهم بالمعلومات التي طلبوها.

التخطيط

- ما المهمة المطلوبة؟ ما المطلوب مني؟
- ما المعلومات التي سأحتاج إليها لتنفيذ المهمة؟
- ما مدى ثقتي في قدرتي على العثور على هذه المعلومات وإنجاز المهمة؟ هل ثمة أي جوانب قد أواجه صعوبة فيها؟

التنفيذ

- أعرف ما أفعله وما أهدف إلى تحقيقه.
- يمكنني تحديد أجزاء المهمة التي أجدها جدُّ صعبة ووضع إستراتيجيات للتغلب على هذه الصعوبات.

المراجعة

- يمكنني شرح المهمة المطلوبة وكيف نفَّذتها.
- أستطيع تحديد أجزاء المهمة المنجزة التي يمكن تحسينها وما الأمور التي سأنجزها بطريقة مختلفة في المرة القادمة.

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 311 24/06/2025 06:23:50 ص

ب { بحث عملية تصميم وتشغيل الروبوتات الصناعية لتطبيقات مختلفة

مبادئ التشغيل وتطبيقاتها

دراسة حالة

روبوت موثوق عمل في اللحام لأكثر من 20 عامًا

في مارس من عام 1997، نفذت شركة كاواساكي موتورز للتصنيع روبوتًا من سلسلة J للحام جوانب إطار الدراجات النارية كاواساكي فولكان 800. استمر هذا الروبوت الموثوق في العمل في منشأة كاواساكي لمدة 22 عامًا، وكان ينفِّذ لحام أجزاء مختلفة في المنتج الأكثر طلبًا حينها.

عمل هذا الروبوت في فترة حياته لمدة 38390 ساعة، أي ما يعادل 20 عامًا بدوام لمدة 8 ساعات يوميًّا. ولم يسجِّل سوى 57 إدخالًا للصيانة وأظهر المرونة بالعمل على خطي لحام مختلفين.

تعتبر المعدات الرأسمالية مشتريات كبيرة، لذلك من الطبيعي أن يكون العائد على الاستثمار (ROI) الشغل الشاغل.

قال سكوت جوردون، كبير المهندسين في كاواساكي: "لقد سدَّد الروبوت ثمنه في أقل من عامين في التسعينيات، وفي الأساس كنا نستخدمه مجانًا منذ 22 عامًا". "تستفيد ميزانية المصروفات الرأسمالية جيدًا عندما لا تضطر إلى استبدال شيء كل حين."

عند إنتاج المركبات تحديدًا، يمكن أن تؤدي أي تناقضات أو أخطاء في اللحامات إلى منتج غير آمن. لذلك، أصبح اللحام باستخدام الروبوت أمرًا ضروريًا في المصنع. "عندما نطور منتجًا جديدًا، نحاول أتمتة أكبر قدر ممكن من عمليات اللحام لأجل الحفاظ على الجودة." قال جوردون. "لا يمكن أن يكون اللحام اليدوي متسقًا كل يوم أو حتى من الصباح إلى وقت متأخر بعد الظهر."

تتوافر وظيفة اللحام التكيفي لتعديل موضع الروبوت ونمط درزة اللحام والسرعة في أثناء اللحام لملء الوصلات المتغيرة، وذلك لإنتاج لحامات عالية الجودة في كل دورة.

عندما توقفت كاواساكي عن تصنيع الدراجة النارية فولكان 800 في عام 2004، تمكنت الشركة من إعادة برمجة الروبوت للحام أعمدة التوجيه في منتج كانت شعبيته تزداد كثيرًا، وهو: المركبات الصالحة لجميع التضاريس.

اختبر معلوماتك

في جدول، لخِّص المزايا والعيوب العائدة على الشركة من تنفيذ روبوت اللحام.

الخصائص التشغيلية

يتزايد عدد تطبيقات واستخدامات الروبوتات الصناعية يوميًا، ولا يحد من هذا النمو سوى القدرة على الابتكار لدى القائمين على أتمتة العمليات. يمكن أن تُخفف أتمتة العمليات من العوامل البشرية التي لا مفر منها عندما يُستخدَم الناس لأداء المهام الصناعية. على سبيل المثال، ستحتاج القوى العاملة البشرية إلى ساعات عمل محددة، وفترات راحة منتظمة، وإجازات مرضية، فضلًا عن اعتبارات أخرى.

أيضًا، عندما يكون العمل دقيقًا أو متكررًا أو خطيرًا أو ثقيلًا أو في بيئة سيئة، فقد يعاني المشغلون البشريون أو قد يتعين وضع تدابير إضافية لهم. لكن استخدام الروبوتات سيجعل معظم الاعتبارات المذكورة أعلاه غير ضرورية حيث يمكن للروبوتات العمل لساعات طويلة في المهام المتكررة والمملة دون فقدان التركيز أو الدقة.

وقد أصبحت الروبوتات الصناعية جزءًا أساسيًا من عملية الإنتاج في عدد من الصناعات الرئيسة بسبب الاعتبارات المذكورة أعلاه.

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 312 24/06/2025 06:23:50 ص

المواصفات

يوضح الشكل أدناه (روبوت سداسي المحاور) **ذراع الروبوت** الكلاسيكي الذي يُستخدم في نطاق واسع في صناعة السيارات. إنه يحل محل المشغل البشري من خلال محاكاة وضعيات استخدام ذراع الإنسان، ولكنه أقوى وأسرع وأكثر أمانًا. وإن ما يحدد الطريقة التي يمكن أن ينحني بها الروبوت ويدور هو عدد **المحاور** التي يمتلكها. وهي فعليًا عدد المفاصل التي يمكن أن تتحرك بشكل مستقل. يُطلق على عدد المحاور أيضًا درجات الحرية. تُعرف الروبوتات ذات المفاصل باسم "الروبوتات المفصلية".

هذا مثال على روبوت سداسي المحاور (ست **درجات من الحرية**).

يشير كل سهم من الأسهم الزرقاء إلى محور يدور على النحو الآتي:

- المحور 1 - الدوران من قاعدته
- المحور 2 - التمدد الأمامي والتمدد الخلفي للذراع السفلي
- المحور 3 - رفع وخفض الجزء العلوي من الذراع
- المحور 4 - دوران الجزء العلوي من الذراع
- المحور 5 - رفع وخفض المعصم
- المحور 6 - دوران المعصم. وتُحدد هذه المحاور من حيث **التأرجح والالتفاف والانعراج**.

◄ روبوت سداسي المحاور.

تتوافر روبوتات ذات سبعة محاور، ولكنها ببساطة روبوتات سداسية المحاور على مسار يمكنها التحرك عليه في خط مستقيم على طول جانب خط الإنتاج، على سبيل المثال. لا توجد مفاصل أخرى.

من المواصفات الرئيسة الأخرى للروبوت الصناعي **حمولته**. بشكل عام، ستكون حمولات الروبوتات الأكبر حجمًا أكبر.

المصطلحات الرئيسة

ذراع الروبوت – يتكون الروبوت المفصلي من مفاصل لمحاكاة حركة الذراع البشرية.

المحاور (درجات الحرية) – عدد مفاصل المتحركة في الروبوت.

التأرجح والالتفاف والانعراج – مصطلحات تُستخدَم لوصف حركة مفصل معصم الروبوت.

الحمولة – مقدار الوزن الذي يستطيع الروبوت حمله.

مجال العمل – الفراغ ثلاثي الأبعاد الذي يحدد المدى الكامل للروبوت بما في ذلك أدواته أو ملحقاته.

نصائح للسلامة

قد تكون حمولة الروبوت أهم جانب يجب مراعاته عند تحديد روبوت لمهمة معينة. قد يؤدي تحديد حمولة غير صحيحة إلى إخفاق الروبوت في أثناء رفع قطع العمل الثقيلة. وهذا يعني على الأرجح عدم قدرة مفصل أو أكثر على الاستمرار في رفع الجسم، ما يؤدي إلى سقوط الجسم المرفوع مع ذراع الروبوت، وهذا قد يتسبب في إلحاق الضرر بالعمال أو قطعة العمل أو الروبوت ذاته.

لاحظ أنه عند تحديد الحمولة، يجب تضمين وزن الطرف العامل أيضًا.

عند تحديد روبوت لأداء مهمة، يجب علينا أيضًا مراعاة مدى وصول الروبوت. وعندما نحسب ذلك المدى في ثلاثة أبعاد، فإنه يوضح **مجال عمل** الروبوت. ومع أن الروبوت ذو المدى الطويل في اتجاه معين قد يكون مرغوبًا، إلا أنه عند نقله إلى ثلاثة أبعاد يمكن أن يسبب مشكلات من حيث المساحة الإجمالية المطلوبة ومعدات السلامة اللازمة لمنع أي شيء آخر من دخول هذا المجال.

أنواع وحدات التحكم وذراع المناولة والطرف العاملة/الأدوات

الجزء الأبرز في الروبوت الصناعي هو ذراع الروبوت نفسه. ومع ذلك، هناك العديد من المكونات الأخرى التي تتوافق مع النظام الروبوتي ككل. وأكثرها شيوعًا هي: وحدة التحكم في الروبوت، ووحدة التلقين المحمولة، وذراع المناولة، والطرف العامل. وتعمل هذه العناصر معًا على النحو الموضح في الشكل 56.1 أدناه.

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 313 24/06/2025 06:23:52 ص

الشكل 56.1 مكونات نظام الروبوت.

وحدة التحكم

◄ مهندس يُجري صيانة على وحدة التحكم بالروبوت.

عادةً ما تكون وحدة التحكم عبارة عن خزانة تضم "دماغ" النظام، إلى جانب المعدات الكهربائية والإلكترونية المتخصصة اللازمة للتحكم في حركة الروبوت.

وعادةً ما يكون "الدماغ" عبارة عن حاسوب صغير مُدمج، يعمل هذا الدماغ على تفسير البرنامج الذي أدخله المشغل وإرسال الإشارات ذات الصلة إلى أنظمة الدفع الإلكترونية التي تُحرّك مفاصل الروبوت وفقًا لذلك.

ويراقب أيضًا الإشارات العائدة من الروبوت من حيث موضع المفصل والسرعة وأي إشارات متخصصة أخرى تولدها العملية نفسها.

يحتوي الجزء الخارجي من خزانة وحدة التحكم على عدد صغير من أدوات التحكم والوصلات عادةً للسماح للمشغل بتشغيل نظام الروبوت وإيقافه بأمان، إضافة إلى زر التوقف في حالة الطوارئ (e-stop) للسماح بإيقاف تشغيل الروبوت على الفور إذا لزم الأمر

وتوجد توصيلات بذراع الروبوت نفسه، أي توصيلات التحريك وإشارات التغذية الراجعة. وتوجد توصيلات بوحدة التلقين المحمولة وخيارات أخرى مثل موصلات الشبكة وUSB.

توجد أيضًا مصابيح عرض للإشارة إلى تشغيل طاقة وحدة التحكم وأنظمة تحريك الروبوت أو إيقاف تشغيلها. وتختلف المؤشرات الأخرى بحسب الشركة المصنعة للروبوت.

ذراع المناولة

ذراع المناولة أو المناول هو ما نراه الجسم الرئيس للروبوت نفسه. تُظهر صورة الروبوت السداسي المحاور في الصفحة السابقة ذراع الروبوت باعتباره المناول، والمعروف أيضًا باسم الروبوت المفصلي.

سنرى لاحقًا في هذه الوحدة أن هناك العديد من أنواع أذرع المناولة المختلفة، كل منها مناسب لمهام مختلفة.

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 314 24/06/2025 06:23:55 ص

الطرف العامل/أدوات نهاية الذراع

في نهاية أي ذراع روبوت توجد الواجهة المادية بين الروبوت وأي شيء يعمل عليه، سواء كان ذلك أعمال التقاط أو وضع أو لحام أو لصق أو أي شيء آخر. تُعرف هذه الواجهة المادية **بأدوات نهاية الذراع** أو **الطرف العامل**.

تعد أدوات نهاية الذراع العامل أحد أهم أجزاء الروبوت بأكمله، حيث تمثل الوسيلة التي "يلمس" بها الروبوت هدفه فعليًا. وفي حالة لم يلتقط الروبوت جزء بشكل صحيح، أو لم ينفذ اللحام المناسب أو إضافة الكمية الصحيحة من مانع التسرب، فإن ذلك يجعل العملية الآلية بأكملها غير صالحة.

◄ تعتمد الوظيفة التي يؤديها الروبوت على الطرف العامل.

وتتوافر العديد من الأنواع المختلفة من الأطراف العاملة، كل منها مصمم خصيصًا للمهمة المراد تنفيذها.

الطرف العامل الأبرز هو القابض أو الماسك الذي قد يُشغَّل كهربائيًا أو هوائيًا أو هيدروليكيًا، وذلك بحسب قوة الإمساك المطلوبة. تُستخدم أيضًا أكواب الشفط لالتقاط الأشياء المسطحة والحساسة عندما يتسبب القابض في إتلاف العنصر أو عدم قدرته على الإمساك به بأمان.

سننظر بالتفصيل في الأطراف العاملة المختلفة لاحقًا في هذه الوحدة.

تنظيم مساحة العمل

يعتبر تصميم منطقة عمل الروبوت أحد الاعتبارات الرئيسة عند التشغيل الآلي للعملية. سواء كنت تستخدم روبوتًا مستقلًا واحدًا أو خلية عمل روبوتية أو خط إنتاج كامل، توجد بعض العناصر الأساسية التي يجب مراعاتها. ومن الأمثلة على ذلك:

- حمولة الروبوت: ما الوزن الذي يجب على الروبوت رفعه ولأي مسافة؟ سيؤثر هذا في نوع وحجم الروبوت الذي تحتاج إلى استخدامه.
- كيف تُنقل قطعة العمل إلى الروبوت؟ هل ستصل على سير ناقل، أم ستُدخَل يدويًا بواسطة مشغل أم ستُمرَّر بواسطة روبوت آخر؟
- كيف تؤخذ قطعة العمل من الروبوت؟ هل ستُزال يدويًا أم تُزال بواسطة سير ناقل أو مصعد أو رافعة أو روبوت آخر؟
- إذا كانت العملية تستخدم أكثر من روبوت واحد ، فكيف ستُنظم الخلية لتحسين تفاعلات الروبوتات مع بعضها؟
- هل يجب تعديل لوجستيات مناطق الإنتاج الأخرى لضمان وجود مواد/قطع عمل كافية لتعمل الروبوتات عليها وليكون للأجزاء المكتملة مكان تذهب إليه؟

◄ روبوت كبير يرفع سيارة.

المصطلح الرئيس

الطرف العامل (أدوات نهاية الذراع) – الأداة الطرفية في الروبوت التي تسمح له بالتفاعل مع قطعة العمل لتنفيذ المهام المطلوبة.

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 315 24/06/2025 06:24:02 ص

تطبيقات الروبوتات الصناعية

شهدت صناعة السيارات تحولًا جذريًا بفضل استخدام الروبوتات في عملية التصنيع.

لحام هيكل السيارة السيارة، على سبيل المثال، هو عمل يتطلب من الإنسان اتخاذ احتياطات سلامة متعددة لحماية نفسه من الضوء والحرارة الناتجة عن مسدس اللحام. ومن أجل إنتاج لحامات موثوقة وقابلة للتكرار، يجب تدريب عمال اللحام البشريين على مستوى عالي من المهارة، وحتى مع ذلك يمكن أن تكون جودة الوصلات الملحومة متغيرة.

إن استخدام الروبوتات يزيل الحاجة إلى حماية الإنسان ويضمن أيضًا عمليات لحام أسرع وأكثر دقة وأكثر قابلية للتكرار. إضافة إلى ذلك، فإن الروبوتات لا تحتاج إلى أخذ فترات راحة أو إجازات، ولا تمرض ويمكنها العمل طوال الليل.

يمكن للروبوتات أيضًا اختبار جودة اللحام في أثناء تنفيذه. وهذا يضمن تنفيذ اللحام على الوجه الصحيح وإجراء وصل للجزأين بدقة. عند تنفيذ هذا اللحام يدويًا، سيتعين فحص جميع اللحامات بصريًا، وهذا الفحص يستغرق وقتًا طويلًا ويتطلب من جديد موظفين ذوي مهارات عالية.

تُظهر الصورة أدناه روبوتات لحام تعمل معًا لتجميع هياكل السيارات في أثناء تحركها على طول سير ناقل. لاحظ أن السير الناقل يتحرك باستمرار، ويمكن للروبوتات "اتباع" السيارة في أثناء مرورها. ومن الواضح أن هذا لن يكون ممكنًا مع فريق من عمال اللحام البشريين.

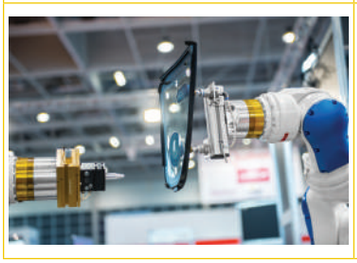
◀ خط إنتاج سيارات.

يسرد الجدول 56.2 عددًا من العمليات الشائعة التي تنفذها روبوتات تصنيع السيارات.

يسرد الجدول المزايا المحددة فحسب. وعلى غرار جميع العمليات الآلية، توجد مزايا أخرى لأن الروبوتات لا تخضع للمرض والتعب ولا تتأثر بالتكرار أو أنماط العمل كما يتأثر البشر.

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 316 24/06/2025 06:24:04 ص

الجدول 56.2 عمليات الروبوت الشائعة

العملية	ميزة استخدام الروبوتات	
اللحام	• السلامة • التكرار • الدقة • السرعة • اختبار اللحام • الصيانة التلقائية لرأس اللحام	
الطلاء	• السلامة من أدخنة الطلاء • جودة التشطيب • التكرار • الحد من نفايات الطلاء • السرعة	
التجميع	• القدرة على تحريك الألواح الكبيرة بسهولة • السلامة • السرعة • الدقة • القدرة على قياس الأجزاء وفحصها في أثناء تجميعها	
اللصق/ منع التسرب	• الدقة في تطبيق حبة مانع التسرب • التكرار • السرعة	
مناولة المواد	• الأمان عند التعامل مع الأشياء الثقيلة أو صعبة المناولة أو الحادة • سرعة ودقة التوضيع • التعرف التلقائي على الأجزاء • سهولة الرفع • الأمان عند التعامل مع الأشياء الثقيلة أو صعبة المناولة أو الحادة / تخزينها في أماكن مرتفعة أو إحضارها منها	

يعد تصنيع المنتجات الإلكترونية أحد المجالات الأخرى التي شهدت تحولًا كبيرًا بفضل استخدام التشغيل الآلي الروبوتي.

لا تستخدم الصناعة أذرع الروبوت الكلاسيكية؛ تُعرف الروبوتات المستخدمة هنا باسم روبوتات **الالتقاط والوضع**. أي أنها تلتقط تلقائيًا مكونًا إلكترونيًا أو ميكانيكيًا من صندوقه أو حامله وتضعه في الموضع والاتجاه الصحيحين داخل التجميع أو على **لوحة الدوائر المطبوعة (PCB)**.

صُمم هذا النوع من الروبوتات خصيصًا لهذا الغرض، وبالتالي يمكنه تحقيق سرعات عالية ودقة عالية متفوقًا على نظيره البشري بكثير.

المصطلحات الرئيسة

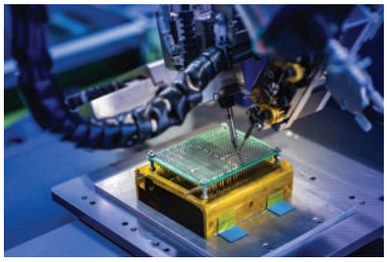
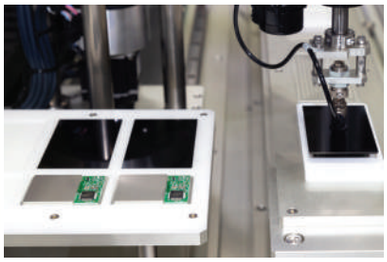
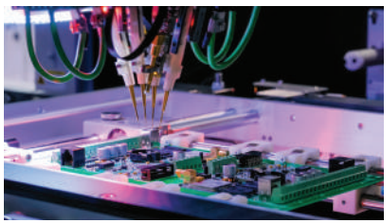
الالتقاط والوضع - حركة متكررة تتكون من التقاط الروبوت عنصرًا من منطقة ووضعه في موضع واتجاه محددين في منطقة مستهدفة.

لوحة الدوائر المطبوعة - لوحة ذات مسارات نحاسية تسمح بتوصيل المكونات ببعضها لتشكيل دائرة إلكترونية. يمكن وضع المكونات على وسادات على اللوحة أو إدخال أسلاك توصيل في فتحات محفورة مسبقًا. ويُستخدم لحام القصدير للحم هذه المكونات باللوحة لتشكيل التوصيل الكهربائي.

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 317 24/06/2025 06:24:08 ص

بعد وضع المكونات، يعمل روبوت اللحام بالقصدير على لحام أي توصيلات كهربائية ضرورية. وعلى غرار اللحام في نطاق واسع في صناعة السيارات، يمكن لروبوت اللحام إنتاج وصلة لحام دقيقة وعالية الجودة وقابلة للتكرار وموثوقة. ويمكنه أيضًا اختبار هذه الوصلة بصريًا وكهربائيًا عند إنجازها، ما يضمن عدم حدوث أي أخطاء بسبب هذه العملية. يسرد الجدول 56.3 عددًا من العمليات الشائعة التي تنفذها روبوتات تصنيع الإلكترونيات. مرة أخرى، لم تُحدد المزايا التي يتفوق بها على العوامل البشرية، ولكنها ما تزال حاضرة.

الجدول 56.3 العمليات التي تنفذها روبوتات تصنيع الإلكترونيات

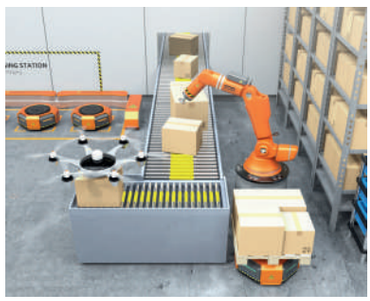
العملية	ميزة استخدام الروبوتات	
توضيع المكونات	• الدقة • التكرار • مناولة المكونات الحساسة.	
اللحام بالقصدير	• السلامة • التكرار • الدقة • السرعة • اختبار وصلة اللحام.	
التجميع الميكانيكي	• دقة المحاذاة • براغي مُحكمة بشكل صحيح • مناولة الأجزاء الحساسة.	
الاختبار	• القدرة على اختبار لوحة الدوائر المطبوعة بصريًا وإلكترونيًا بسرعة وبدقة • يمكن إجراء الفحص المتخصص بالأشعة السينية بأمان.	

تعتبر الروبوتات الصناعية مناسبة بشكل مثالي للعمل في صناعة التعبئة والتغليف، حيث ينصب التركيز على تعبئة المنتجات ووضع ملصقاتها وفرزها وإرسالها بسرعة عالية.

يسرد الجدول 56.4 عددًا من العمليات الشائعة التي تنفذها روبوتات التعبئة والتغليف. مرة أخرى، لم تُحدد المزايا التي يتفوق بها على العوامل البشرية، ولكنها ما تزال حاضرة.

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 318 24/06/2025 06:24:12 ص

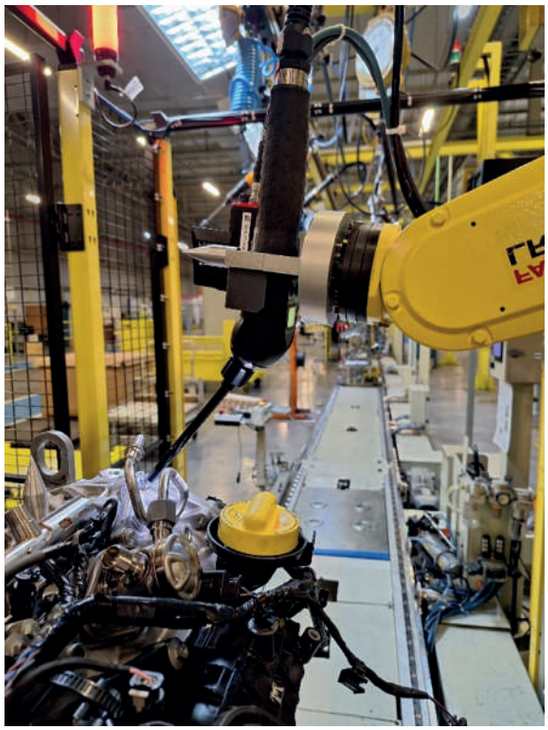
الجدول 56.4 العمليات التي تنفذها روبوتات التعبئة والتغليف

العملية	ميزة استخدام الروبوتات	
الالتقاط والوضع	• القدرة على تحريك الأشياء الكبيرة والثقيلة وصعبة المناولة.	
تعبئة العناصر	• السرعة • التعبئة المنظمة والأنيقة • مناولة العناصر الحساسة.	
فرز العناصر للإرسال	• القدرة على التعرف على الطرود وفرزها لمناطق إرسال مختلفة بسرعة.	
الرَّص على لوح التحميل	• سلامة وكفاءة الرَّص على لوح التحميل.	
التخزين	• السرعة والكفاءة عند نقل العناصر حول المستودعات • السلامة عند العمل على الأرفف العالية.	

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 319 24/06/2025 06:24:20 ص

دراسة حالة

شركة آلفر تكنولوجي تستخدم الروبوت في عملية اختبار التسرب



يُستخدم الهيليوم لاختبار تسرب المكونات الهامة ذات الصلة بالسلامة، على سبيل المثال اختبار محفزات الوسائد الهوائية وأنظمة الوقود وأنابيب توصيل الغاز في مجموعة كبيرة ومتنوعة من عمليات الإنتاج الصناعي.

يجري الاختبار بملء المنتج بالهيليوم المضغوط وفحص الأجزاء التي قد تكون معرضة للتسرب بعناية باستخدام مجس "كاشف" يمكنه اكتشاف أي تسرب للهيليوم. تعتمد حساسية هذه الطريقة ودقة تحديد نقاط التسرب على طبيعة الكاشف المستخدم ووقت استجابة كاشف التسرب المتصل به.

وسيعتمد ذلك أيضًا على السرعة التي يمر بها المجس على نقاط التسرب والمسافة بين طرف المجس وسطح عينة الاختبار.

قامت الشركة البريطانية آلفر تكنولوجي ليمتد بأتمتة هذه العملية باستخدام روبوتات مزودة بمجسات استشعار لاختبار التسرب في مكونات صناعة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء.

توجّه هذه الروبوتات رأس جهاز الاستشعار حول المسار الدقيق للمنتج، ما يضمن تحديد الموضع الدقيق وقابلية تكرار المسار في جميع الأوقات، وهذا يؤدي إلى نتائج اختبار أكثر دقة وموثوقية ويُغني عن الحاجة إلى عامل التشغيل. يُحدَّد المسار استنادًا إلى نموذج المنتج المُصمَّم بمساعدة الحاسوب، ما يضمن أن مسار الروبوت دقيق وقابل للتكرار، ويستغرق وقتًا أقل بكثير من وقت المشغل البشري. تُعرض التسربات التي تمثل عيوب التصنيع على شاشة الحاسوب في الوقت الفعلي، وتوضع علامة باستخدام الأشعة فوق البنفسجية تلقائيًا، ما يسمح بالتحديد غير الدائم لموقع التسرب وإظهار المنطقة الدقيقة التي تحتاج إلى الإصلاح. بعد إصلاح العيب، يمكن للروبوت إعادة إجراء الاختبار نفسه، ومقارنة نتائج كل اختبار تلقائيًا.

بحث

تعتبر صناعة السيارات وتصنيع الإلكترونيات والتعبئة والتغليف من بين الصناعات الرئيسة التي تستخدم الروبوتات الصناعية. ويشهد استخدامها وسعًا سريعًا في العديد من قطاعات الصناعة.

ابحث كيفية استخدام الروبوتات الصناعية في العمليات الآتية:

- التشغيل الآلي للماكينات
- المعالجة الآلية
- تشطيب الأسطح.
- التقطيع
- الرسم/النقش
- الثقب
- الفحص

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 320 24/06/2025 06:24:21 ص

مبادئ التصميم

أنواع الأنظمة الروبوتية

لا تتشابه جميع الروبوتات الصناعية، فقد طُوِّرت أنواع مختلفة من الروبوتات لخدمة الصناعات المختلفة؛ ويمكن تصنيفها عمومًا إلى ستة أنواع.

روبوت مفصلي

لقد تعرفنا سابقًا الروبوتات المفصلية، فهي تُستخدم بشكل شائع للتجهيزات واسعة النطاق على خطوط الإنتاج، حيث تكون المهمة، بشكل فردي، غير مناسبة لمشغل بشري لأن قطعة العمل ستكون ثقيلة جدًا أو البيئة خطيرة جدًا. يُعرَّف مجال عمل الروبوت المفصلي بأنه أقصى مدى للوصول عند مد جميع المفاصل بالكامل في جميع الاتجاهات.

روبوت سكارا

تعني SCARA (سكارا) الذراع الروبوتية التجميعية الانتقائية. وهذا النوع من الروبوتات الأكثر استخدامًا للتصنيع في النطاقات الصغيرة مثل الأجهزة الإلكترونية أو السلع الاستهلاكية.

◄ روبوت سكارا.

لا تتمتع بدرجات الحرية التي تتمتع بها الروبوتات المفصلية وغالبًا ما تكون قادرة فقط على الدوران حول قاعدة ثابتة وتحريك الأداة لأعلى أو لأسفل، وربما مع درجة أخرى من الحرية للسماح بالوصول الدقيق أو المحاذاة. ومع ذلك، فإن هذا يجعلها سريعة وقادرة على تنفيذ عمليات دقيقة بسرعة عالية.

نظرًا لنطاق حركتها المحدود، فإن روبوتات سكارا صغيرة الحجم ومناسبة تمامًا للاندماج في خطوط الإنتاج، حيث تزدحم مساحة العمل.

وهي تقتصر عمومًا على الحمولات الصغيرة، حيث تتطلب تطبيقاتها حركة المكونات الصغيرة أو العناصر التي لا تتطلب أنظمة تحكم معقدة أو عالية القدرة.

روبوت دلتا

تُستخدم روبوتات دلتا خصيصًا لعمليات الالتقاط والوضع، وعادةً ما تلتقط عنصرًا من سطح ما وتضعه بدقة على سطح آخر. تُعرف هذه الروبوتات أيضًا باسم الروبوتات المتوازية، حيث تتحرك بشكل أساسي في المحور الأفقي بالتوازي مع الأسطح التي تعمل عليها، وتتحرك عموديًا فقط لترتفع عند العبور بين مناطق الالتقاط والوضع.

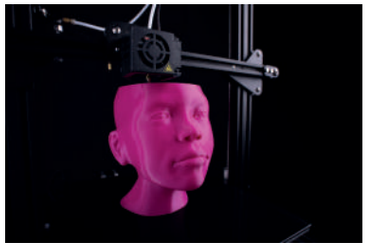
تتكون من ثلاثة أذرع (أو مجموعات من الأذرع) وتتحرك في مساحة عمل محدودة للغاية. تميل روبوتات دلتا إلى أن تكون "مثبتة من الأعلى"، ما يسمح بوضعها فوق سير ناقل ووضع العناصر على الناقل في أثناء تحركه.

بالإضافة إلى ذلك، فإن سرعتها ودقتها تجعلها مناسبة تمامًا لصناعات مثل التصنيع الإلكتروني وإنتاج الأغذية والمشروبات حيث تُنفذ عمليات التوضيع عالية السرعة عادةً على خط الإنتاج.

وعلى غرار روبوتات سكارا، فإن عمل روبوتات دلتا يقتصر على الحمولات الصغيرة. وهذا، إلى جانب بنيتها البسيطة التي تسمح لها بسرعة عالية وحركة دقيقة، ما يجعلها مثالية لحالات الإنتاج التي تكون الإنتاجية عاملًا مهمًا فيها.

روبوت الحركة الخطية (الديكارتي)

يمكن للروبوتات الديكارتية، كما يوحي اسمها، أن تتحرك فقط على طول المحاور الديكارتية الثلاثة - X و Y و Z. وليس لديها حركة دورانية لذلك لا يمكنها الالتفاف أو سلوك مسارات سوى مسارات الخطوط المستقيمة.



◄ روبوت ديكارتي في طابعة ثلاثية الأبعاد.

الشكل التوضيحي الأكثر شيوعًا للنظام الديكارتي هو الطابعة ثلاثية الأبعاد، حيث تتحرك فوهة الطباعة يسارًا ويمينًا، للأمام وللخلف داخل مساحة العمل، وتتحرك لأعلى ولأسفل لبناء العنصر المطبوع ثلاثي الأبعاد.

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 321 24/06/2025 06:24:23 ص

وعلى غرار الطابعة ثلاثية الأبعاد، فإن الروبوتات الديكارتية قادرة على العمل في مساحات عمل ضيقة جدًا. يمكن أيضًا تخصيص مساحات العمل هذه لتناسب تمامًا حجم الجزء الذي يجري العمل عليه، ما يسمح بتقليل الحجم وزيادة الكفاءة.

فضلًا عن ذلك، فإن أنواع حركتها المحدودة تجعل الروبوتات الديكارتية بسيطة نسبيًا في التجميع والصيانة، ما يزيد من فعاليتها من حيث التكلفة لتطبيقات التشغيل الآلي الصغيرة أو متوسطة الحجم. وتُستخدم بشكل أساسي في تطبيقات التصنيع عندما تكون الحاجة إلى الدقة والتكرار أكثر أهمية من التشغيل عالي السرعة، مثل تصنيع الطيران.

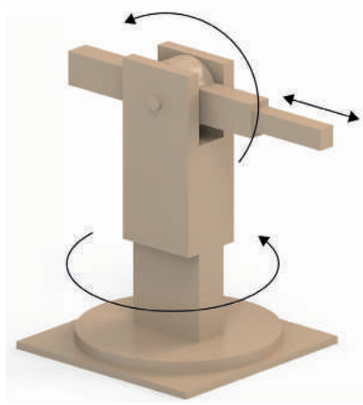
روبوت كروي

تعد الروبوتات الكروية من بين النوع الأول من الروبوتات المطورة للاستخدام الصناعي. وتتميز بأربعة محاور: الدوران حول قاعدة ثابتة، والذراع الذي يدور عند نقطة واحدة، وامتداد للذراع الذي يمكن أن يتحرك إلى الداخل أو الخارج، ومفصل المعصم في نهاية الذراع القابل للتمدد. وهذا يحد من مجال عمل هذه الروبوتات إلى حدود كرة، ومن هنا جاء اسمها.

تُعرف الروبوتات الكروية أيضًا باسم الروبوتات القطبية.

يعتبر الذراع الممتد فريدًا بالنسبة للروبوتات الكروية حيث لا يمكن حتى للروبوتات المفصلية سداسية المحاور تمديد ذراعها في خط مستقيم دون أن يضطر باقي الروبوت إلى التحرك بطريقة ما للسماح بذلك. ونتيجة لذلك، تشتهر الروبوتات الكروية بالتطبيقات التي يصعب الوصول إليها حيث تكون مساحة التنقل بين العوائق أو حولها أمرًا بالغ الأهمية ما يجعل إمكانية الوصول محدودة. وتشمل هذه التطبيقات اللحام والدهان.

نظرًا لبساطتها النسبية مقارنة بنظيراتها المفصلية، يمكن أن تكون الروبوتات الكروية خفيفة الوزن وبالتالي تعمل بسرعات عالية مع تسارع جيد ومقدار قليل من القصور الذاتي. يمكن أن تشغل مساحة صغيرة، وهي مثالية للتطبيقات التي توجد فيها مساحة محدودة.



الشكل 56.2 روبوت كروي.

روبوت أسطواني

الروبوتات الأسطوانية تشبه الروبوتات الكروية؛ ومع ذلك، فهي لا تملك ذراعًا محوريًا عموديًا. ومع ذلك، ما تزال تشتمل على ذراع ممتد أو متصل أفقيًا، والذي إلى جانب القاعدة الدوارة، يحصر مجال عملها في نطاق أسطواني. وتبرز فائدة هذا النوع من الروبوتات عندما تحتاج إلى الوصول إلى مساحة ضيقة.

وقفة للتفكير	ادرس روبوتًا محليًا أو روبوتين في مركزك. حدِّد نوع الروبوتات (على سبيل المثال: مفصلية، أسطوانية، أو أي نوع آخر).
تلميح	افحص الروبوتات المتاحة وناقشها مع المشرفين أو المشغلين.
توسيع الأفق	فكر في سبب اختيار هذه الأنواع من الروبوتات. هل ستكون الأنواع الأخرى مناسبة، وإذا لم تكن كذلك، فلماذا؟

الأطر المرجعية

تحرك مفاصل الروبوت في اتجاهات متعددة، ليس فقط بالنسبة لقاعدة الروبوت، ولكن أيضًا بالنسبة لبعضها البعض وبالنسبة لقطعة العمل. هذا يجعل تحديد موضع الروبوت في أي لحظة أمرًا معقدًا.

للتغلب على هذه الصعوبة، يُستخدم مفهوم الإطارات المرجعية المعروف أيضًا بأنظمة الإحداثيات. تُمكِّن هذه الإطارات من تحديد موضع كل جزء من الروبوت بدقة باستخدام إحداثيات ثلاثية الأبعاد ضمن إطار مرجعي مُحدَّد.

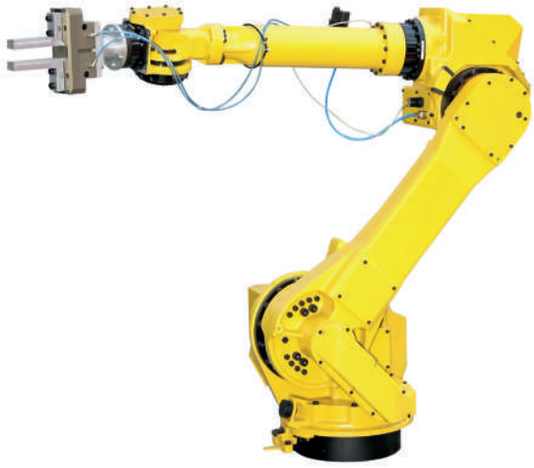
XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 322 24/06/2025 06:24:23 ص

يوضح المثال في الشكل 56.3 عددًا من الإطارات المختلفة على النحو المطبق على الروبوت المفصلي:

- ينطبق الإطار العالمي على مساحة العمل العامة حول الروبوت.
- ينطبق إطار الشفة على طرف المعصم حيث تُثبت الأداة.
- ينطبق إطار الأداة على الأدوات نفسها.
- ينطبق إطار قطعة العمل (أو كائن العمل) فقط على كائن العمل.
- قد تكون هناك أيضًا إطارات مفصلية (غير موضحة في الرسم التخطيطي) للإشارة إلى موضع كل مفصل، إذا لزم الأمر.

قد يبدو هذا معقدًا ولكنه قد يجعل البرمجة أسهل بكثير، خاصةً عند حدوث تغييرات في العملية.

على سبيل المثال، إذا قُدِّمت قطعة العمل إلى الروبوت بزاوية مختلفة قليلًا، فإن التغييرات الوحيدة التي يجب إجراؤها على البرنامج هي إحداثيات إطار قطعة العمل. وإذا كانت أنظمة الإطارات المنفصلة هذه موجودة، فقد يكون من الضروري إعادة برمجة موضع الروبوت بالكامل.



الشكل 56.3 تعريفات عالم الروبوت.

تمفصل المعصم

عند النظر في مفصل المعصم لروبوت مفصلي، فإنه يحتوي على حركات محددة لا تنطبق بالضرورة على المفاصل الأخرى للروبوت.

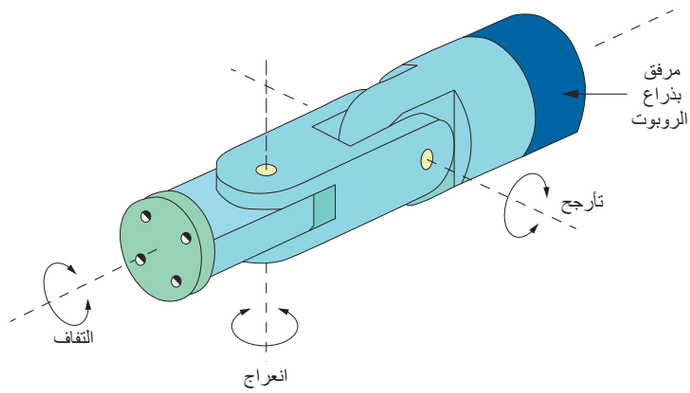
هذا لأن مفصل المعصم يتحكم بشكل مباشر في حركة الأدوات ويحتاج إلى أن يكون قادرًا على القيام بذلك في ثلاثة محاور، بينما تميل المفاصل الأخرى إلى الحركة أحادية المحور فقط.

وتُسمى الأنواع الثلاثة للحركة المرتبطة بمفصل المعصم بالتأرجح والالتفاف والانعراج ويوضحها الشكل 56.4.

الالتفاف هو حركة "دورانية" لمفصل المعصم - ويُعرَف باسم **الدوران**. ويمكن استخدام التأرجح والانعراج لتحقيق الحركة الخطية للمعصم، وتُعرَف باسم **الانتقال**.

المصطلحات الرئيسة

الدوران - التفاف مفصل معصم الروبوت.
الانتقال - الحركة الخطية المحققة باستخدام التأرجح والانعراج.



الشكل 56.4 التأرجح والالتفاف والانعراج.

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 323 24/06/2025 06:24:24 ص

المصطلح الرئيس

نظام الدفع - النظام الذي يحرك مفاصل الروبوت.

أنظمة الدفع

لكي تتحرك مفاصل الروبوت فعليًا، يجب أن تكون هناك إشارة كهربائية مرسلة من وحدة التحكم، ثم تغذي هذه الإشارة **نظام الدفع** الذي يحول هذه الإشارة الكهربائية إلى الحركة الاتجاهية للمفاصل.

وتوجد ثلاثة أنواع رئيسة من أنظمة الدفع: الكهربائية/الميكانيكية والهوائية والهيدروليكية.

الكهربائية / الميكانيكية: هي محركات كهربائية ذات وصلة ميكانيكية مرتبطة تُستخدم لتحريك مفاصل الروبوت و/أو لإجراء العملية في طرف الذراع نفسه. ويمكن أن تكون هذه المحركات الكهربائية إما محركات سيرفو (مؤازرة) ذات تيار متناوب أو محركات سيرفو ذات تيار مباشر أو محركات متدرجة صغيرة. ويعتمد اختيار في ما بينها على حجم الاستخدام والحمولة الصافية للروبوت.

ستكون الوصلة الميكانيكية بالمفصل الفعلي نفسه على شكل براغي كروية أو سلسلة / سير. وسيتصل المحرك غالبًا بالمفصل عبر علبة تروس لإنشاء الحركة المطلوبة من المحرك الدوار.

الهوائية: تستخدم الأنظمة الهوائية الهواء المضغوط لأداء حركة الروبوت أو أدوات عملياته.

الهيدروليكية: تستخدم الأنظمة الهيدروليكية السوائل الهيدروليكية لأداء حركة الروبوت أو استخدام أدوات عملياته.

الجدول 56.5 أنظمة الدفع المختلفة

نظام الدفع	المزايا	العيوب
كهربائي / ميكانيكي	• سهل الاستخدام والصيانة • نظيف وهادئ.	• يمكن أن تكون المحركات الكبيرة ثقيلة ومكلفة • سرعة و/أو قدرة محدودة.
هوائي	• دقيقة • تشغيل عالي السرعة.	• يلزم التزويد بالهواء المضغوط مع صمامات خطوط الهواء المرتبطة وما إلى ذلك. • المزيد من الضوضاء والاهتزازات مقارنة بالمحركات الكهربائية.
هيدروليكي	• القدرة على رفع الأحمال الثقيلة.	• يلزم التزويد بالسوائل الهيدروليكية مع صمامات الأنابيب المرتبطة وما إلى ذلك. • أقل نظافة بكثير من خيارات أنظمة الدفع الأخرى.

غالبًا ما تحدد متطلبات الحمولة الصافية للروبوت أنظمة التحكم المستخدمة لحركته المفصلية والمعدات المساعدة. لتعبئة الزجاجات الفارغة، ستحتاج مفاصل الروبوت فقط إلى محركات كهربائية منخفضة الجهد لتحقيق قوة الرفع المطلوبة. وعلى شاكلة مماثلة، فإن القابض المستخدم لالتقاط الزجاجة سيكون أيضًا خفيف الوزن إلى حد ما في التصميم.

قارن هذا بالروبوت الذي يرفع جسم السيارة. من أجل تحقيق قوة الرفع المطلوبة، ستُستخدم محركات مفصلية أكبر تعمل باستخدام إمدادات كهربائية ثلاثية الطور وتتضمن أنظمة دفع معقدة وأنظمة كبح. ومن أجل التقاط جسم السيارة فعليًا، قد يلزم أن يكون القابض هوائيًا أو هيدروليكيًا لتحقيق قوة الإمساك المطلوبة.

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 324 24/06/2025 06:24:24 ص

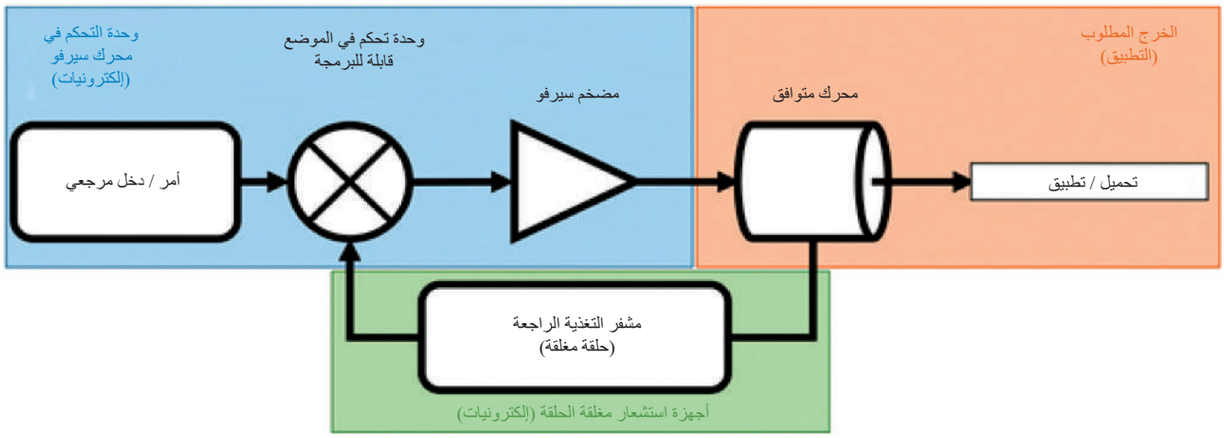
وقفة للتفكير	ادرس الروبوتات المحددة في وقفة للتفكير الواردة في صفحة 322. حدِّد نوع نظام الدفع الذي تستخدمه.
تلميح	افحص الروبوتات المتاحة وناقشها مع المشرفين أو المشغلين.
توسيع الأفق	فكر في سبب اختيار هذه الأنواع من أنظمة التحكم. هل ستكون الأنواع الأخرى مناسبة، وإذا لم تكن كذلك، فلماذا؟

أنظمة التحكم

مغلقة الحلقة

من أجل إدراك المهام التي تنفذها وحدة تحكم الروبوت بالكامل، من المهم استيعاب مفهوم التحكم مغلق الحلقة. وهو عندما "ترسل" وحدة التحكم إشارة إلى كل محرك مفصلي لتحريكه إلى الموضع الصحيح بالسرعة المطلوبة. ترسل مستشعرات الموضع داخل المفاصل المعلومات باستمرار إلى وحدة التحكم، التي تكتشف الأخطاء بين الموضع المطلوب والموضع الفعلي وتحدث الإشارة "المرسلة" وفقًا لذلك.

يمكن أن يحدث هذا آلاف المرات في الثانية، وأحيانًا أسرع. يُطلق على عملية إرسال بيانات الموضع هذه اسم "التغذية الراجعة" وهذا هو الذي يغلق حلقة نظام التحكم.



الشكل 56.5 نظام مغلق الحلقة.

يُعرف هذا النوع من الأنظمة أيضًا باسم آلية السيرفو، مع استخدام مصطلح محركات السيرفو للمحركات الكهربائية التي تشمل مستشعر التغذية الراجعة الموضعية. الرسم البياني الموضح في الشكل 56.5 أعلاه هو مخطط عام يمكن تطبيقه على أي نظام إلكتروني مغلق الحلقة.

تطبيق الرسم التخطيطي على محور واحد من روبوت صناعي:

- يوضح الجزء الأزرق من الرسم التخطيطي ما هو موجود في وحدة التحكم في الروبوت. حيث إن الأمر / الدخل المرجعي هو الأمر الصادر من برنامج الروبوت لتحريك المفصل. على سبيل المثال، تحول وحدة التحكم في الموضع هذا الأمر إلى إشارة كهربائية تُدخَل بعد ذلك في نظام الدفع. ويظهر هذا في الصورة أعلاه كمضخم إشارة بسيط ولكن في الروبوتات الكبيرة يمكن أن يشتمل على دوائر معقدة وعالية الطاقة لتوليد قدرة كافية.

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 325 24/06/2025 06:24:25 ص

- يقع الجزء البرتقالي من الرسم التخطيطي داخل الروبوت نفسه، والمحرك هو محرك مفصلي يحرك الروبوت فعليًا.
- يتكون الجزء الأخضر من إشارات مرسلة من الروبوت إلى وحدة التحكم، لإعطاء معلومات تتعلق بموضع الروبوت. ثم تستخدم وحدة التحكم في الموضع هذه الإشارات لضبط إشارة الخرج وفقًا لذلك.

إشارات الدخل، والخرج، والتغذية الراجعة

باستخدام نموذج تحكم السيرفو مغلق الحلقة، يمكن تحديد تسلسل نقل محور واحد من الروبوت إلى الموضع المطلوب على النحو الآتي:

1. ترسل وحدة التحكم إشارة إلى نظام الدفع (إشارة الدخل).
2. يحرك نظام الدفع المحور إلى الموضع المطلوب (إشارة الخرج).
3. ترسل المستشعرات المعلومات الموضعية مرة أخرى إلى وحدة التحكم (التغذية الراجعة).
4. تستنبط وحدة التحكم الفرق بين الموضع الفعلي والموضع المطلوب (خطأ).
5. ترسل وحدة التحكم إشارة جديدة لتصحيح الخطأ (إشارة الدخل).

تنفذ الخطوات من 2 إلى 5 ثم تكرر ذلك حتى يصبح الخطأ صفرًا أو ضمن التفاوت المطلوب.

التمرين التقييمي

يمكن أن يكون التمرين التقييمي لنتاج التعلم (ب) جزءًا من التمرين التقييمي المجمع 56.2 لنتاجي التعلم (ب) و (ج).

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 326 24/06/2025 06:24:25 ص

ج { بحث تشغيل مستشعرات الروبوتات الصناعية وأطراف الروبوت العاملة

أجهزة الاستشعار

يمكن أن تتضمن أدوات نهاية الذراع أجهزة استشعار تستخدم لفحص المنتجات أو يستخدمها الروبوت للإرشاد.

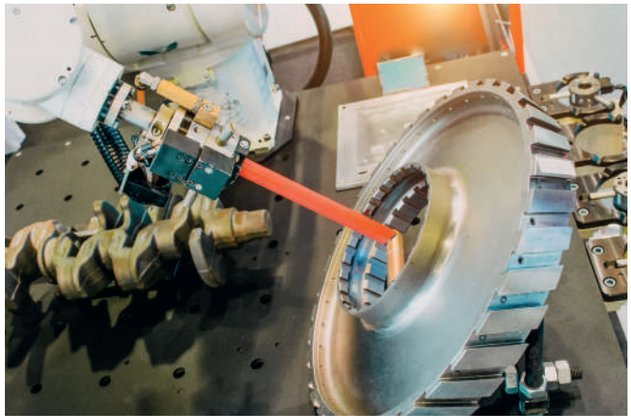
ويمكن استخدام أجهزة الاستشعار لاكتشاف التغييرات في ظروف العملية مثل القوة أو الضغط. يمكن استخدامها أيضًا لفحص قطعة العمل للتحقق من جودة العملية أو وجود أجزاء معينة. يمكن أن تكون أجهزة الاستشعار هذه مكونات فردية مصممة لاستشعار حالة معينة أو يمكن أن تكون كاميرات تستخدم إلى جانب البرامج لتوفير أنظمة الرؤية الكاملة.

قد تكون تكلفة أجهزة الاستشعار وتنفيذها باهظ الثمن في البداية؛ لكن الزيادة في قدرة الروبوت على التكيف وفوائد الإنتاج التي يمكن أن يجلبها ذلك تجعل هذه النفقات الأولية جديرة بالاهتمام.

أنواع أجهزة الاستشعار

مستشعر الضوء

تستخدم الروبوتات مستشعرات الضوء للمساعدة على التوجيه والانتقال واكتشاف الأشياء. عن طريق اكتشاف الضوء المنعكس عن سطح معين، يزوّد المستشعر الروبوت بمعلومات حول المسافة بينه وبين هذا الجسم. هذه المستشعرات غير مكلفة وسهلة التركيب وسهلة التنفيذ. ويمكنها أيضًا العمل على الضوء المرئي أو الأشعة تحت الحمراء، ما يسمح بقياس المسافة دون شعاع مرئي.



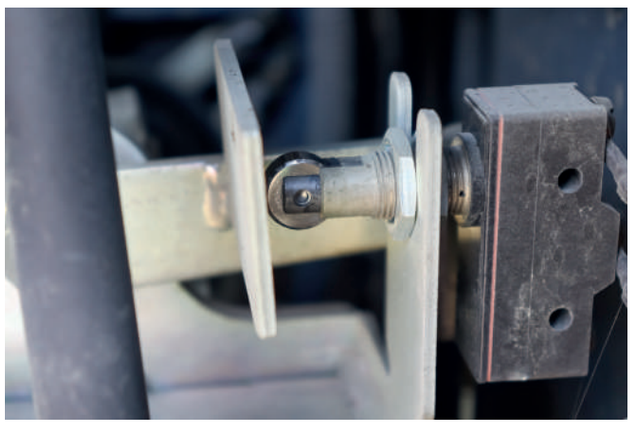
◄ مستشعر الضوء.

مستشعر الليزر

تعد مستشعرات الليزر تطورًا لمستشعرات الضوء البسيطة لأنها تولد شعاعًا من ضوء الليزر ويمكنها قياس المسافة التي ينقطع عندها هذا الشعاع بدقة. ويمكن استخدام مستشعرات ليزر متعددة لإنشاء "خريطة" للروبوت لمعرفة مكانه بالضبط في بيئته في أي وقت.

مستشعرات اللمس (الاتصال)

تُسجل المفاتيح الدقيقة الميكانيكية عندما يلمس الروبوت سطحًا أو كائنًا. وتميل هذه المفاتيح إلى العمل كمفاتيح حدية، أي أنها تخبر الروبوت أنه في حدود تشغيله ويجب ألا يتحرك إلى أبعد من ذلك. عادةً ما تكون المفاتيح الحدية المؤشر النهائي لذلك. سيضمن التصميم الجيد وجود أجهزة استشعار أخرى أو روتينات للبرمجة تضمن توقف الروبوتات تمامًا قبل الضغط على مفتاح الحد.



◄ مستشعر اللمس (الاتصال).

مستشعر القرب

تستخدم مستشعرات القرب السعوية أو الاستقرائية الإلكترونيات الداخلية للتسجيل عندما يكون الكائن في محيطها القريب المباشر. لم تُصمم لقياس المسافة ولكنها طريقة قيّمة لعدم الملامسة للروبوت لمعرفة متى وصل إلى قطعة العمل أو سطح العمل.

مستشعرات القوة / الضغط

يمكن لمستشعرات القوة المدمجة في الروبوتات تحويل عملية تشغيل الروبوت، كما لو أن الروبوت قد طور حاسة لمس تقريبًا. ترسل المستشعرات إشارات إلى وحدة التحكم وتسمح للروبوت بممارسة ضغط أكبر

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 327 24/06/2025 06:24:28 ص

أو أقل على العنصر الممسوك أو القوة على عنصر التجميع، على سبيل المثال. هذا يمنع تلف قطع العمل، والربط المفرط للمثبتات، ووضع العناصر بلطف، واستخدام الضغط الصحيح عند الصنفرة أو تشطيب من السطح وما إلى ذلك.

المصطلح الرئيس

العالم الخارجي - أي شيء لا يرتبط بالروبوت مباشرة ولا يشكل جزءًا من نظام الروبوت.

مناقشة

توجد العديد من أنواع أجهزة الاستشعار الأخرى، ويمكن استشعار كل خاصية تقريبًا من خصائص **العالم الخارجي**. وبالتالي، يمكن للروبوت الحصول على تغذية راجعة قيّمة وتحسين تشغيله. ناقش نوع العمليات الآلية التي قد تستخدم الأنواع الآتية من أجهزة الاستشعار:

- مستشعرات الصوت
- مستشعرات درجة الحرارة
- مستشعرات الميل
- مستشعرات الملاحة/تحديد المواقع (على سبيل المثال GPS)
- مقياس التسارع
- جيروسكوب
- مستشعرات الرطوبة
- مستشعرات الغاز
- مستشعرات المجال المغناطيسي (تأثير هول).

أنظمة الرؤية

باستخدام أجهزة الاستشعار المذكورة سابقًا، يمكن للروبوتات الصناعية أن تصبح أكثر وعيًا ببيئتها المباشرة بعدة طرق.

إن دمج الكاميرا في الروبوت يعزز إدراك الروبوت من خلال تمكينه من "الرؤية" وبالتالي اتخاذ قرارات مستقلة بناءً على مظهر العنصر. ويشتمل هذا، إلى جانب برامج معالجة الصور المتقدمة، على "نظام الرؤية" للروبوت. في ما يأتي الأجزاء المكونة لنظام الرؤية.

التقاط الصور: تُرَكَّب كاميرا واحدة أو أكثر من الكاميرات عالية الدقة على الروبوت، للنظر في الأجزاء الرئيسة من العملية الآلية. يمكن أن تكون هذه الكاميرات ثنائية الأبعاد أو ثلاثية الأبعاد أو حتى كاميرات حرارية، إذا لزم الأمر.

معالجة الصور: تُرسَل الصورة الملتقطة إلى برنامج الرؤية المُبرمج لتحليل الصورة على النحو المطلوب. ثم تُرسل نتائج هذه المعالجة إلى برنامج الروبوت لتحديد الإجراء التالي.

دراسة حالة

مكتبة ماتروكس إميجينج تساعد روبوت دلتا على فرز البسكويت

يعتبر أحد كبار منتجي البسكويت والشوكولاتة في أوروبا من العملاء الذين يتعاونون مع شركة بوش لتحسين كفاءة مصانعهم. ينتج مصنع واحد من مصانع هذه الشركة 30 مليون عبوة سنويًا ويوفر أكثر من 80 نوعًا مختلفًا من أنواع البسكويت. تحتاج هذه الشركة المصنعة إلى حل يمكن أن يدعم مجموعة متنوعة من المنتجات ويحقق إنتاجية عالية.

كان خط آستور للروبوتات هو المرشح المثالي. يتميز آستور بروبوت دلتا الموجه بالرؤية الذي يمكنه التقاط ووضع 140 وحدة في الدقيقة. في تجهيزات تعبئة البسكويت، توجد ثماني خلايا روبوتية في أرضية المصنع تعمل مجتمعة على فرز 1120 قطعة بسكويت في الدقيقة. فتفرز كل خلية نوعًا أو نوعين من البسكويت في العبوة. عندما تمر صينية التعبئة البلاستيكية بكل خلية عمل، يقوم الروبوت بتكديس ثلاثة أو أربعة قطع بسكويت في القسم المناسب من الصينية.

وقبل بدء تعبئة وتغليف الدفعة، يحدد المشغل المنتجات ونوع الصينية التي سيتعامل معها الروبوت. تُثبت الكاميرا داخل حاوية في الجزء العلوي من الجهاز، فتعطي رؤية شاملة للسير الناقل. وفي أثناء

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 328 24/06/2025 06:24:28 ص

انتقال البسكويت على السير، يرسل نظام الرؤية إشارات إلى الكاميرا ويعمل ملتقط الإطارات على التقاط الصور وتمريرها إلى برنامج الحصول على الصور وتحليلها. تحدِّد خوارزميات مطابقة الأنماط الهندسية الشكل وتحدد قطع البسكويت المحددة التي يجب أن يلتقطها الروبوت. يحدد تحليل الصور الإضافي جودة البسكويت وحتى جودة طبقة الشوكولاتة على قطعة البسكويت.

تمنع نتائج التحليل أيضًا الروبوت من وضع قطع البسكويت المكسورة أو المخبوزة بإفراط في العبوة. أخيرًا، يجب على الروبوت أن يضع قطع البسكويت العلوية مع جعل الجانب الأنسب لأعلى في الصينية؛ ما يضمن أن قطع البسكويت المقلوبة لا تصل إلى الموضع العلوي في الرصّة.

اختبر معلوماتك

ناقش مزايا وعيوب القوى العاملة من خلال تقديم حل التعبئة والتغليف الآلي.

الأطراف العاملة

القوابض

إن النوع الأكثر انتشارًا من الأطراف العاملة، عند التفكير في التقاط المواد أو وضعها أو مناولتها عمومًا، هو القابض الميكانيكي.

وتميل القوابض إلى أن تتكون من زوج من "الكماشة" أو "الأصابع" التي يمكن فتحها أو إغلاقها حول قطعة العمل، ويعني وصفها بأنها "ميكانيكية" أنها تغلق حول قطعة العمل (بدلًا من التقاطها عن طريق الشفط أو المغناطيسية).

تتوافر أنواع القابض الأخرى بأكثر من أصبعين، إذا كانت قطعة العمل ذات شكل معين أو عندما لا يؤدي استخدام أصبعين إلى الحفاظ على ثبات قطعة العمل أو تثبيتها بإحكام.

أيضًا، نظرًا للتشغيل المباشر لنظام القابض، فمن السهل تصنيع ملحقات القابض المخصصة لإنشاء أشكال محددة من القابض لتناسب قطع العمل المحددة.

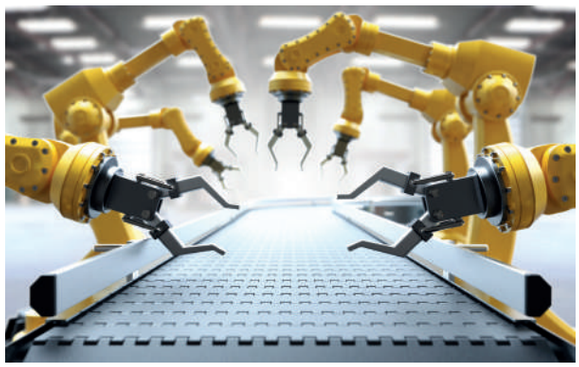
يمكن تشغيل القوابض الميكانيكية كهربائيًا أو هوائيًا أو هيدروليكيًا، اعتمادًا على الاستخدام وما يلزم الإمساك به.

تتميز القوابض الهوائية بأنها صغيرة الحجم وخفيفة الوزن ما يجعلها مناسبة للاندماج في المساحات الصغيرة.

ويمكن أن توفر القوابض الهيدروليكية أكبر قوة إمساك. ومع ذلك، نظرًا لاستخدامها للسوائل الهيدروليكية، فإنها تتسمى بالفوضى ويجب تغيير السائل بشكل منتظم.

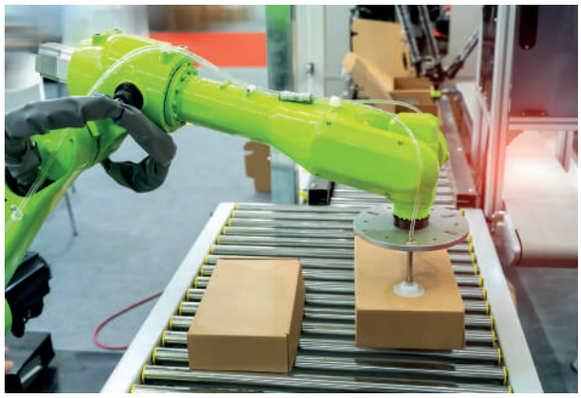
تتمتع القوابض الكهربائية بميزة تتمثل في أنه من خلال دمج سيرفو في محرك القابض، يمكن التحكم في مقدار الإغلاق وقوة الإغلاق - على عكس القوابض الهوائية والهيدروليكية المفتوحة أو المغلقة.

◄ قابض كهربائي بثلاثة أصابع.

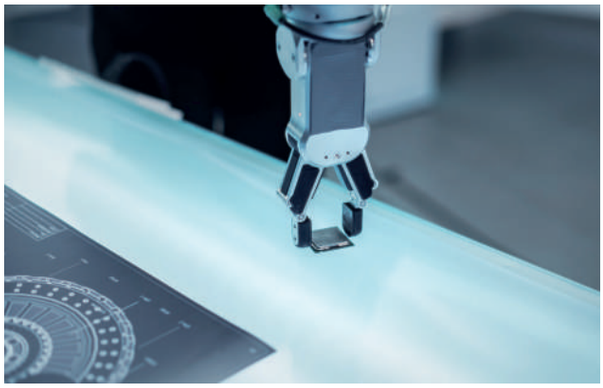


◄ قوابض ميكانيكية.

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 329 24/06/2025 06:24:29 ص

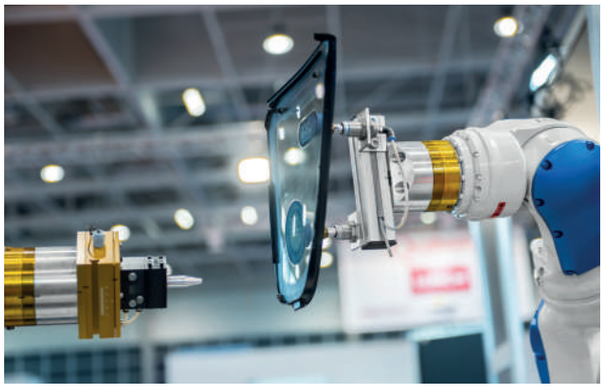


◀ قابض فراغي يناول صناديق.



◀ قابض كهربائي بأصبعين.

◀ قابض فراغي يناول شاشة هاتف محمول.



◀ قابض فراغي يناول لوح زجاجي.

وتتميز القوابض الكهربائية بسهولة التحكم فيها، وبأنها مرنة للغاية وتسمح بتحمل مختلف قطع العمل.

غالبًا ما تُستخدم القوابض الفراغية عند استخدام الروبوتات للتعامل مع الأشياء الكبيرة أو الهشة أو الحساسة. وغالبًا ما تكون القوابض الميكانيكية غير مناسبة لأن قطعة العمل هشة جدًا بحيث لا يمكن الإمساك بها بشكل فعال أو قد تتسبب القوابض في إتلاف السطح.

وتستخدم هذه الروبوتات أكواب الشفط، والتي تكون إما متصلة بأنظمة تزويد الهواء الخارجية لتوفير الضغط السلبي والإيجابي اللازم للإمساك والإفلات بشكل متكرر، أو بالمضخات الكهربائية الصغيرة التي يمكنها القيام بذلك أيضًا.

ما ورد أعلاه هو أكثر أنواع القوابض شيوعًا. وتشمل الأنواع الأخرى القابض المغناطيسي، الذي يسمح للروبوت بتحريك الأجسام الحديدية مثل الصفائح المعدنية، والقابض اللاصق، حيث تُستخدم مادة "الزجة" طبيعية لالتقاط الأشياء. ومن أجل إفلاتها، يجب وضع الكائن في مشبك يثبت الكائن في مكانه ما يسمح للقابض اللاصق بالانسحاب بعيدًا.

وقفة للتفكير في رأيك، ما النقاط الرئيسة التي يجب مراعاتها عند اختيار القابض؟

تلميح فكِّر في عدد من تطبيقات الروبوتات التي تتطلب التقاط شيء ما.

توسيع الأفق ابحث الشركات المصنعة لأنواع القوابض التي حدَّدتها.

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 330 24/06/2025 06:24:34 ص

مسدسات اللحام

لإجراء **اللحام** بالقوس الكهربائي، يحتوي مسدس اللحام (أو الشعلة / التورش) على قطب كهربائي خاضع لجهد عالي. وعندما يقترب بدرجة كافية من السطح المعدني، تقفز الكهرباء عبر الفجوة الهوائية بين القطب والمعدن، مكونة القوس والحرارة الناتجة. حيث يوجه هذا القوس على طول خط الوصلة لتشكيل اللحام.

لإجراء اللحام الموضعي (النقطي)، يحتوي مسدس اللحام على زوج من الأقطاب الكهربائية التي تُوضع على كل جانب من الأسطح المراد وصلها. ثم يُمرر تيار كهربائي عالي بين الأقطاب الكهربائية وتؤدي مقاومة المادة بينهما إلى توليد الحرارة لإجراء اللحام. ويُنفذ ذلك في نقاط متعددة على طول الأسطح المراد وصلها، ما يؤدي إلى إنشاء خط من اللحامات الموضعية بدلًا من وصلة فردية واحدة.

المصطلح الرئيس

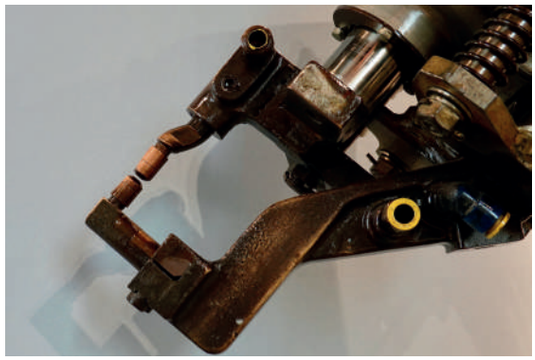
اللحام - عملية ضم جزأين معدنيين أو أكثر عن طريق تسخين المعادن إلى أن تذوب لتشكل معًا وصلة عندما تبرد.

لقد أدى اللحام باستخدام الروبوتات إلى تغيير التصنيع من خلال السماح للروبوتات بتنفيذ ما كان في السابق نشاطًا ذا مهارات عالية ولكنه خطير على البشر. من أجل تحقيق ذلك، تم تطوير أدوات نهاية الذراع المتخصصة للسماح بإجراء أنواع مختلفة من اللحام بواسطة الروبوتات.

◄ اللحام بالقوس.

وتوجد العديد من المزايا لاستخدام الروبوتات لإجراء عمليات اللحام بدلًا من البشر. وإليكم بعض الأمثلة:

- **جودة لحام أكثر اتساقًا:** فحتى جودة اللحام عند عمال اللحام ذوي المهارات العالية تتفاوت. لكن الروبوت سينتج جودة اللحام نفسها في كل مرة.
- **خطر أقل على المشغلين:** لا يتعين عليهم التواجد في المنطقة المجاورة للقوس.
- **إنتاجية أعلى:** تستطيع الروبوتات اللحام بشكل أسرع من البشر.
- **استخدام مواد أقل:** يمكن أن يؤدي استخدام الروبوتات في عملية اللحام إلى تحسين كمية المواد المستخدمة لإنجاز اللحام.
- **خفض تكاليف التشغيل:** بعد شراء نظام اللحام الآلي، تصبح تكاليف التشغيل أقل من تكاليف الموظف البشري.
- **القدرة على التحقق من جودة اللحام في الموقع:** يمكن أيضًا تزويد طرف الروبوت العامل للحام بأجهزة استشعار قادرة على التحقق من جودة اللحام في أثناء تنفيذه. وهذا يقلل فرصة عدم ملاحظة اللحامات ذات الجودة الرديئة ويزيل أيضًا الحاجة إلى فحص اللحامات بصريًا في المستقبل.



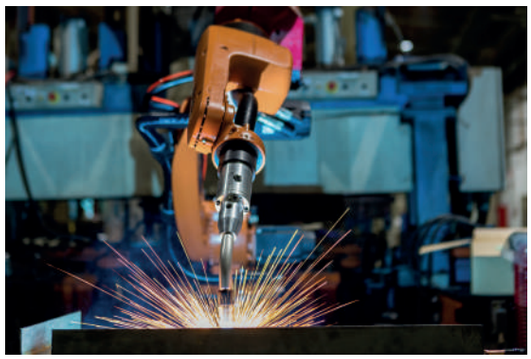
◄ أداة اللحام النقطي بالروبوت.

مرشّات الطلاء

إن تركيب مسدس رش الطلاء كطرف عامل للروبوت يحوّل الروبوت من آلة تصنيع إلى أداة تشطيب عالية الجودة،

حيث سيوجه مسدس الرش الآلي طلاء نفثي أو رذاذي مُقاس ومنظم للغاية على السطح المراد تغطيته. يمكن أن تحاكي الحركة السلسة المستمرة للروبوت حركة مرش الطلاء البشري ولكن مع كل المزايا التي يمكن أن يوفرها التشغيل الآلي للعملية. تشمل المزايا ما يأتي:

- **تغطية أكثر اتساقًا:** يمكن للروبوت مراقبة كمية الطلاء المرشوش وتنظيمها من خلال دمج أجهزة استشعار؛ مثل أجهزة مراقبة التدفق وأنظمة الرؤية. وهذا يضمن تحقيق تشطيبات عالية الجودة خالية من القطرات أو الفقاعات أو العيوب الأخرى.
- **خطر أقل على المشغلين:** لا يتعين عليهم التواجد في المنطقة التي تتولد فيها أبخرة الطلاء السامة. في الصورة أعلاه، يمكن ملاحظة أنه حتى الروبوت يجب أن يُزود "بسترة" لضمان عدم وصول المواد الكيميائية الضارة في الطلاء إلى آليات المفاصل.



◄ تنفيذ اللحام النقطي بالروبوت.

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 331 24/06/2025 06:24:36 ص

◄ رش الطلاء بالروبوت.

- **إنتاجية أعلى:** تستطيع الروبوتات الطلاء بشكل أسرع من البشر.
- **استخدام مواد أقل:** يمكن للروبوت تنظيم تدفق الطلاء لضمان استخدام الكمية المثلى من الطلاء، مع الاستمرار في تحقيق التغطية الكاملة.
- **خفض تكاليف التشغيل:** بعد شراء نظام الطلاء الآلي، تصبح تكاليف التشغيل أقل من تكاليف الموظف البشري.
- **إمكانية وصول أفضل:** يمكن تصميم الروبوتات خصيصًا للسماح بالوصول إلى الأماكن الضيقة التي قد يجد البشر صعوبة في الوصول إليها. وعلى شاكلة مماثلة، يمكن للروبوتات رش الطلاء على مساحات كبيرة يستحيل على البشر الوصول إليها بحركة واحدة.

وقفة للتفكير

اللحام ورش الطلاء من الوظائف التي تتطلب مهارات فنية عالية، وقد يؤدي إدخال الروبوتات في المصنع لأداء هذه الوظائف إلى فقدان بعض العمال لوظائفهم.

كيف يمكن الاستمرار في استخدام الأشخاص الذين يتمتعون بهذه المهارات داخل المصنع؟

تلميح فكِّر في مهارات عامل اللحام ورش الطلاء البشري، وفي أي مراحل من هذه العملية قد تظل هذه المهارات مطلوبة.

توسيع الأفق ما التدريب الذي يحتاجه عامل اللحام أو رش الطلاء من أجل تولي الدور (الأدوار) الجديد الذي حددته؟

الاختبار

تتطلب معظم العناصر التي تأتي من بيئة الإنتاج عنصر الاختبار. وقد تكون هذه لوحات الدوائر الإلكترونية، التي تحتاج إلى اختبار وظيفي قبل تجميعها في منتج، أو قد تكون منتجات تحتاج إلى اختبار مادي للتأكد من أنها قوية واعتمادية. يوضح الشكل الظاهر على اليمين روبوتًا يمرر درجًا بشكل متكرر إلى الداخل والخارج. وهذه المهمة لن تكون ممتعة للإنسان ولكنها مثالية للتشغيل الآلي.

مع نمو عدد تطبيقات الروبوتات الصناعية، يزداد أيضًا نطاق الأطراف العاملة اللازمة لإنجاز هذه المهام الجديدة.

في ما يأتي قائمة بالأطراف العاملة التي أصبحت الآن شائعة الاستخدام.

- **الموزعات:** تُستخدم لتوزيع كميات منظمة من السوائل؛ مثل المواد اللاصقة أو المواد المانعة للتسرب أو مواد التشحيم على الأسطح أو حول حواف قطع العمل.
- **أدوات القطع:** تُستخدم هذه لقص أو تشكيل جميع أنواع المواد. ويمكن إجراء عمليات قطع متسقة وآمنة وإزالة الحواف الحادة كجزء من العملية.
- **أدوات التشطيب:** تعتبر جميع العمليات مثل التجليخ والصنفرة والتلميع وإزالة الحواف الخشنة مناسبة تمامًا للتشغيل الآلي باستخدام الروبوت - مرة أخرى مع خيار إضافة أجهزة استشعار إلى الطرف العامل لمراقبة جودة التشطيب الذي تم الحصول عليه.
- **أدوات التجميع:** تعتبر العمليات مثل فك البراغي وتركيب البراشيم والتدبيس وإحكام ربط المسامير مناسبة للتشغيل الآلي باستخدام الروبوت. على سبيل المثال، يمكن تحقيق ربط متسق ومحكم للبراغي بسهولة أكبر بكثير من استخدام مفك يدوي.
- **تجهيزات متعددة الأدوات:** عندما يكون الجزء ذو شكل معقد أو هش، فقد يحتاج إلى نقاط رفع متعددة لتحريكه دون انحناء. وتُصنَّع التجهيزات ذات الأطراف العاملة المتعددة بحسب الترتيبات المطلوبة.

يوضح الشكل الظاهر على اليسار أربعة قوابض مثبتة على إطار تجهيزة. ستُمسِك جميع القوابض الأربعة بالكائن وتُفلِت في الوقت نفسه، ما يسمح للروبوت بتحريك كائن حيث تكون هناك حاجة إلى أربع نقاط اتصال للرفع المستقر.

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 332 24/06/2025 06:24:37 ص

- **محطات تغيير الأدوات:** تُستخدم للسماح لروبوت واحد بإجراء عمليات متعددة. فكِّر في عملية تحتاج فيها صفائح معدنية إلى القطع إلى شكل معين، ثم إزالة الحواف الخشنة. قد يتمثل أحد الخيارات في تنفيذ الروبوت عملية القطع، ثم يجري روبوتًا آخر عملية إزالة الحواف الخشنة. ويتمثل الخيار المفضل في أن يقوم روبوت القطع بعد ذلك بتحريك ذراعه إلى "محطة تغيير الأدوات" حيث يقوم تلقائيًا بفك تركيب أداة القطع وتركيب أداة إزالة الحواف الخشنة. بهذه الطريقة، يمكن للروبوت نفسه إجراء عمليات متعددة، وبالتالي توفير التكلفة والوقت.

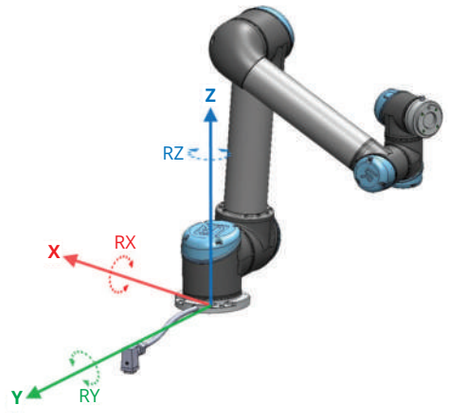
يمكن أيضًا استخدام محطات تغيير الأدوات للسماح للروبوتات بتغيير أداتها إلى أداة جديدة من النوع نفسه. على سبيل المثال، عندما تضعف حدة أداة القطع، يمكن تغييرها تلقائيًا إلى أداة حادة جديدة، أو يمكن تغيير رأس اللحام.

◄ روبوت يختبر درجًا.

نقطة مركز الأدوات

عند كتابة برنامج روبوت، من المهم أن نفهم أن "الحركة" ترتبط دائمًا بالموقع المحدد في الطرف العامل الذي يؤدي المهمة. تُعرف هذه النقطة بنقطة مركز الأدوات (TCP).

هنا يمكن رؤية نقطة مركز الأدوات، وينبثق من هذا نظام إحداثيات ثلاثي الأبعاد، يمثله اتجاهات x و y و z. من خلال تحديد x و y و z، من الممكن تحديد المكان الذي يجب أن تكون فيه نقطة مركز الأدوات الخاصة بالروبوت بالضبط لأداء مهمته المحددة.



الشكل 56.6 نظام إحداثيات الروبوت.

وتتمثل ميزة ذلك في أنه عند تغيير أداة (على سبيل المثال لأداة بنصف طول تلك الموضحة أعلاه)، يمكن استيراد بيانات الأداة ببساطة وإنشاء نقطة مركز أدوات جديد تلقائيًا، ما يوفر الحاجة إلى إعادة كتابة برنامج الروبوت بالكامل.

يشكل تأكيد ومعايرة نقطة مركز الأدوات لكل أداة يستخدمها الروبوت جزءًا من إجراءات الصيانة للروبوت وسيتم تنفيذه على أساس مجدول كما هو موضح سابقًا. قد يشمل ذلك استخدام مقاييس وأدوات رئيسة لا تُستخدم قط في الإنتاج ويُحتفظ بها فقط لضبط دقة نقطة مركز الأدوات والحفاظ عليها.

◄ روبوت مزود بجهاز تثبيت متعددة الأدوات.

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 333 24/06/2025 06:25:05 ص

تمرين تقييمي 56.2 B.P3, B.P4, B.M2, C.P5, C.P6, C.M3, BC.D2

تعمل مهندسًا في شركة صغيرة ترغب في أتمتة أنظمتها باستخدام الروبوتات الصناعية لأنها تعتقد أن هذا سيعزز الكفاءة.

تُنتج الشركة مجموعة صغيرة من الصلصات المعبأة في زجاجات وترغب في استخدام الروبوتات للمهام الآتية:

- أخذ الزجاجات من رف التخزين ووضعها على سير ناقل. لاحظ أن هذه الزجاجات هشة وقد تنكسر إذا تعرضت لقوة شديدة.
- تعبئة الزجاجات الممتلئة في صناديق بلاستيكية على سير ناقل ووضعها في صناديق من الكرتون، تحتوي كل منها على 100 علبة. لاحظ أن أنواعًا مختلفة من الصلصات سيتعين وضعها في صندوقها الخاص. تحتوي مختلف أنواع الصلصة على ملصقات بألوان مختلفة وتحتوي على معلومات تعريفية مثل الباركود.
- رفع صناديق الزجاجات الممتلئة على أرفف التخزين لانتظار الإرسال.

عليك إنتاج تقرير مكتوب عن كل استخدام مما سبق يحتوي على المعلومات الآتية وشرح للحل الذي اخترته:

- التصميم المناسب للروبوت
- نظام التحكم المطلوب للروبوت
- إشارات الدخل والخرج والتغذية الراجعة
- الأطراف العاملة المطلوبة
- أجهزة الاستشعار المطلوبة.

بعد إنجاز هذا التقرير، يرغب مديرو الشركة في تقييم الحلول الروبوتية التي حددتها من حيث التصميم والتشغيل والتحكم.

التخطيط

- ما المهمة المطلوبة؟ ما المطلوب مني؟
- ما المعلومات التي سأحتاج إليها لتنفيذ المهمة؟
- ما مدى ثقتي في قدرتي على العثور على هذه المعلومات وإنجاز المهمة؟ هل ثمة أي جوانب قد أواجه صعوبة فيها؟

التنفيذ

- أعرف ما أفعله وما أهدف إلى تحقيقه.
- يمكنني تحديد أجزاء المهمة التي أجدها جدًّ صعبة ووضع إستراتيجيات للتغلب على هذه الصعوبات.

المراجعة

- يمكنني شرح المهمة المطلوبة وكيف نفَّذتها.
- أستطيع تحديد أجزاء المهمة المنجزة التي يمكن تحسينها وما الأمور التي سأنجزها بطريقة مختلفة في المرة القادمة.

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 334 24/06/2025 06:25:05 ص

د إعداد برنامج لروبوت صناعي بهدف حل مشكلة هندسية

بيئة التطوير المتكاملة

بيئة التطوير المتكاملة هي المكان الذي تتوفر فيه جميع وظائف تطوير برنامج الروبوت، مثل تحرير الكود والنمذجة الافتراضية والتشغيل المحاكي والاختبار وتصحيح الأخطاء. أصبحت محاكاة الروبوت في حالة التشغيل الكامل الآن واقعية جدًا ودقيقة لدرجة أن المطورين يطلبون الآن من العملاء اعتماد التشغيل المحاكي للنظام، وهم واثقون من أن هذا التشغيل سيماثل التشغيل بعد تثبيت النظام في الموقع.

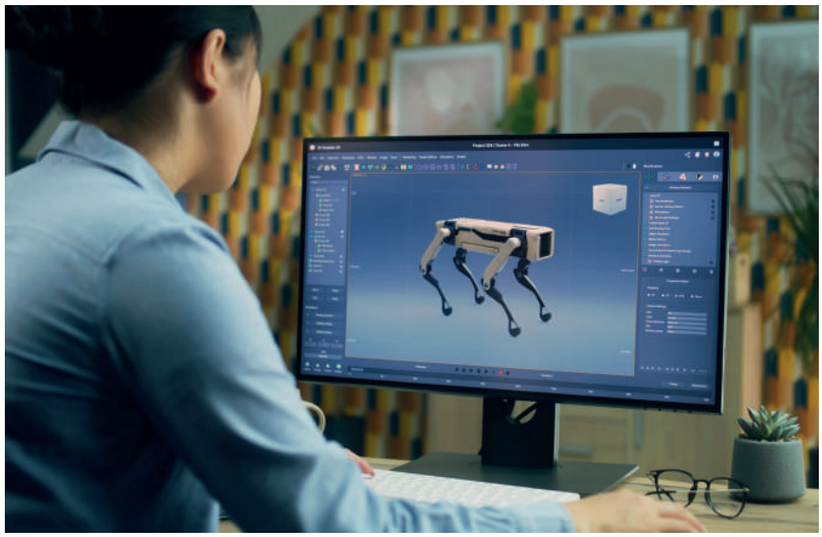
تُعرف القدرة على القيام بذلك باسم "البرمجة خارج بيئة الإنتاج". تستخدم البرمجة خارج بيئة الإنتاج لغة برمجة خاصة بالروبوتات الصناعية. وتحتوي على أوامر معالجة البيانات القياسية مثل لغات البرمجة الأخرى إلى جانب هياكل أوامر محددة تتعلق بالتحكم في الحركة (الموضع والسرعة والمسار) والدخل/الخرج (للتحكم في الأطراف العاملة أو قراءة بيانات المستشعر) وخيارات أمان كبيرة للسماح بالاختبار والتشغيل الآمن.

تسمح بيئات التطوير المتكاملة بإنشاء تمثيلات افتراضية لبرمجة الروبوتات.

تسمح بيئة التطوير المتكاملة للمبرمج برؤية محاكاة ثلاثية الأبعاد للروبوت ومساحة عمله، واستخدام هذا التمثيل الافتراضي لبرمجة الروبوت. وسيسمح ذلك برؤية نتائج البرمجة بينما يتحرك الروبوت المحاكي تمامًا كما يتحرك الروبوت الحقيقي بمجرد نقل البرنامج.

المصطلح الرئيس

بيئة التطوير المتكاملة - تطبيق حاسوبي يسمح بعرض جوانب مختلفة من برمجة الروبوت والعمل عليها في الوقت نفسه. وقد تشمل هذه الجوانب تصميم خلية عمل الروبوت، واختيار نوع الروبوت، وكتابة البرنامج، واختبار العمليات الفردية أو الشاملة.



مهندس يستخدم نمذجة الروبوت.

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 335 24/06/2025 06:25:07 ص

مبادئ البرمجة والتنفيذ

لقد رأينا كيف يمكن تخصيص الروبوتات الصناعية، والاستخدامات التي يمكنها تحقيقها، وأنها تتكون من عدة أجزاء. ولم نتناول بعد كيف يعرف الروبوت ما يحتاج إلى فعله. وهذا هو الجانب الذي يجب أن تُنفذ فيه "برمجة" الروبوت.

أنواع البرمجة

البرمجة بالتوجيه اليدوي

كجزء من نظام الروبوت الصناعي، إلى جانب الروبوت نفسه ووحدة التحكم في الروبوت، ستكون هناك وحدة تلقين محمولة.

وهي عبارة عن جهاز محمول باليد، متصل سلكيًا بوحدة تحكم الروبوت، ما يسمح لمشغل الروبوت ببرمجة مواضع الروبوت وتصرفاته وسرعاته مع رؤية الروبوت أو، في حالات معينة، مع الروبوت. وتتكون من شاشة ولوحة مفاتيح وعصا تحكم (أو مفاتيح الأسهم) وبعض خصائص الأمان التي سنتناولها لاحقًا.

لا يلمس المشغل الروبوت، بل يمكنه بدلًا من ذلك **"التحريك التدريجي"** للروبوت بزيادات صغيرة باستخدام المفاتيح أو عصا التحكم في وحدة التلقين المحمولة. يمكن بعد ذلك تخزين هذه المواضع في ذاكرة الروبوت والإشارة إليها داخل برنامج الروبوت نفسه.

وتسمح وحدة التلقين المحمولة للمستخدم بتسجيل هذه المواضع وتشغيلها بالتتابع لاختبار العمليات الصغيرة بمعزل عن غيرها لتحسين تشغيلها. بهذه الطريقة، يُسمح للروبوت بالعمل بشكل مستقل في أثناء وجود المشغل في مساحة العمل الخاصة به. ومع ذلك، في وضع "التلقين"، سيقتصر الروبوت على التشغيل بسرعة منخفضة جدًا.

نظرًا لأن المشغل قد يكون في مساحة عمل الروبوت، فإن وحدة التلقين المحمولة تتوافر مجهزة بجهازي أمان. يوجد جهاز التمكين وزر التوقف في حالات الطوارئ (e-stop). ويمكن الضغط على هذا في أي وقت لإيقاف الروبوت على الفور، وإذا لزم الأمر، قم بتنشيط مكابح مفاصل الروبوت لضمان عدم "تراخي" الذراع أو إفلات القوابض لقطعة العمل. غالبًا ما يلزم هذا عند تلقين الروبوت، حيث قد لا تكون الحركة الناتجة في بعض الأحيان على النحو المتوقع.

إن الكتابة بالإحداثيات الدقيقة أو استخدام حركات تدريجية صغيرة لمحاذاة الروبوت بدقة مع هدفه تجعل برمجة وحدة التلقين المحمولة خيارًا شائعًا لمهام البرمجة الصغيرة.

يوضح الشكل 56.9 أدناه شاشة التحريك في وحدة التلقين المحمولة "ABB FlexPendant".

يمكننا أن نرى أن الروبوت يتحرك حاليًا في حركة مفصلية، حيث تعطي نافذة "الموضع" مواضع المحاور بالدرجات.

تعرض الشاشة المحاور التي يتم تحريكها (المحاور 1-3). حيث ستُحرك بواسطة عصا التحكم في وحدة التلقين المحمولة، وستظهر نافذة "اتجاهات عصا التحكم" كيفية تحرك المحاور باستخدام أوامر عصا التحكم.

سيؤدي تحريك عصا التحكم عموديًا لأعلى ولأسفل إلى تحريك المحور 2.

سيؤدي تحريك عصا التحكم أفقيًا إلى اليسار واليمين إلى تحريك المحور 1.

سيؤدي تدوير (لف) عصا التحكم في اتجاه عقارب الساعة وعكس اتجاه عقارب الساعة إلى تحريك المحور 3.

المصطلح الرئيس

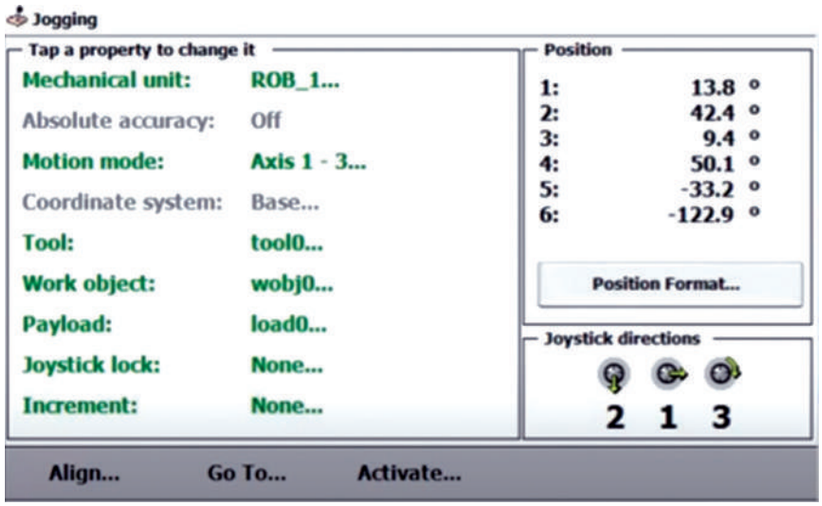
التحريك التدريجي - تطبيق حركة صغيرة تدريجية على الروبوت. تستخدم لنقل الطرف العامل إلى الموضع المطلوب في ظروف خاضعة للرقابة بخطوات صغيرة.

المهارة

- التوجيه الذاتي

◄ وحدة التلقين المحمولة.

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 336 24/06/2025 06:25:08 ص

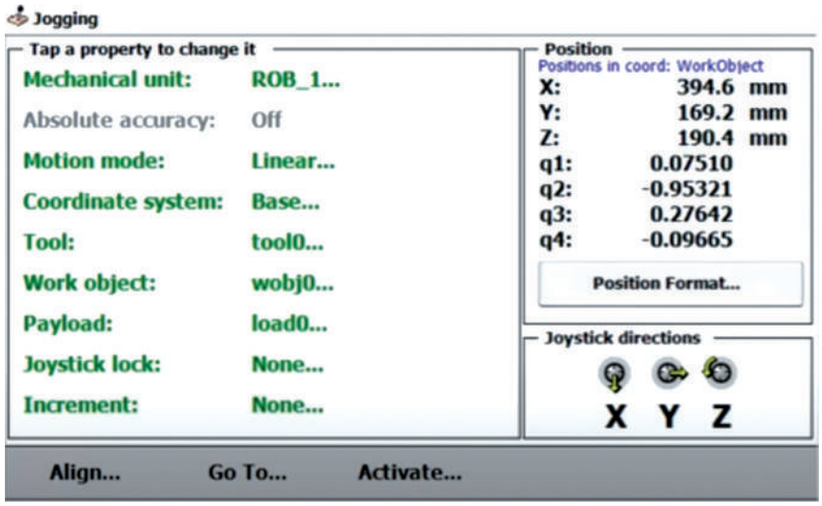


الشكل 56.7 وضع المفصل.

يوضح الشكل 56.8 أدناه شاشة التحريك في وضع الحركة الخطية.

سيؤدي تشغيل الروبوت الآن إلى تحريك نقطة مركز الأدوات باستخدام إحداثيات ثلاثية الأبعاد، وستتحرك جميع المحاور وفقًا لذلك لتحقيق حركة نقطة مركز الأدوات الخطية المطلوبة

تعرض نافذة الموضع الآن نقطة مركز الأدوات من حيث المليمترات في كل محور.



الشكل 56.8 شاشة التحريك في وضع الحركة الخطية.

لاحظ أنه لا يمكن استخدام الروبوت للإنتاج في أثناء تعليمه باستخدام وحدة التلقين المحمولة. هذا مثال على البرمجة "داخل بيئة الإنتاج".

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 337 24/06/2025 06:25:12 ص

الجدول 56.6 برمجة وحدة التلقين المحمولة

المزايا	العيوب
يمكن محاذاة الروبوت بدقة باستخدام زيادات موضعية صغيرة.	قد يكون من الصعب العمل مع الروبوتات الكبيرة.
تتطلب القليل من الخبرة في البرمجة المتخصصة لتحقيق ذلك.	تعطل خط الإنتاج في أثناء برمجة الروبوت.
يمكن اختبار الإجراءات الروتينية أو المهام الفرعية بسرعة منخفضة قبل التنفيذ بأقصى سرعة لضمان الدقة والسلامة.	يمكن أن تكون البرمجة بطيئة إذا كانت الحركات الصغيرة المتكررة مطلوبة للدقة.

البرمجة بالتوجيه اليدوي

هذه طريقة برمجة يوجّه فيها المشغل الروبوت يدويًا من خلال المواضع والإجراءات التي يرغب في أن ينفذها الروبوت. ويقوم الروبوت "بحفظها" عن طريق كتابة المواضع في ذاكرة الحاسوب الموجودة في وحدة التحكم. وبعد ذلك يعيد الروبوت إنتاج هذه الإجراءات تلقائيًا وبشكل متكرر تمامًا، ما يسمح له بمحاكاة عمل المشغل البشري.

غالبًا ما تُستخدم هذه الطريقة عندما تكون تصرفات الإنسان معقدة ومحددة لتطبيق معين، على سبيل المثال رش الطلاء أو تلميع الأسطح.

بخلاف هذه الأنواع من المهام، فإن نقص الدقة الصحيحة والمخاطر المحتملة لنقل الروبوتات الكبيرة يدويًا يعني أن البرمجة بالتوجيه اليدوي أصبحت الآن أكثر شيوعًا عند العمل مع الكوبوتس.

◀ مشغل يُنفذ برمجة بالتوجيه اليدوي.

وعلى غرار البرمجة باستخدام وحدة التلقين المحمولة، لا يمكن استخدام الروبوت للإنتاج في أثناء التعليم، وبالتالي فهي أيضًا طريقة برمجة داخل بيئة الإنتاج.

الجدول 56.7 البرمجة بالتوجيه اليدوي

المزايا	العيوب
سيحاكي الروبوت بدقة تصرفات المشغل البشري.	يصعب توجيه الروبوتات الكبيرة يدويًا ويمكن أن يكون نقلها خطيرًا.
لا تتطلب خبرة برمجة متخصصة لتحقيق ذلك.	تعطل خط الإنتاج في أثناء برمجة الروبوت.
يمكن أن تكون طريقة البرمجة هذه أسرع بعد التوجيه اليدوي للروبوت خلال العملية.	سيعيد الروبوت أي أخطاء طفيفة تحدث في التشغيل بالتوجيه اليدوي.

البرمجة خارج بيئة الإنتاج

لقد رأينا بالفعل أنه يمكن استخدام بيئة التطوير المتكاملة لمحاكاة الروبوت. وتسمح طريقة البرمجة هذه خارج بيئة الإنتاج ببرمجة الروبوتات بعيدًا عن خط الإنتاج، مع إنشاء الكود المطلوب على نظام منفصل، ثم تنزيله إلى الروبوت بعد إنجازه. هنا يجب أن يكون الروبوت خارج الخدمة لفترة قصيرة فقط في أثناء تحميل برمجته الجديدة.

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 338 24/06/2025 06:25:14 ص

الجدول 56.8 البرمجة خارج بيئة الإنتاج.

المزايا	العيوب
يمكن أن تتم البرمجة دون أي توقف في الإنتاج، ما يتيح الوقت لتحسين العملية.	التدريب ضروري لتعلم تقنيات البرمجة خارج بيئة الإنتاج.
يمكن محاكاة العمليات المعقدة باستخدام روبوتات متعددة واختبار كيفية تفاعل الروبوتات مع بعضها ومع البيئة المحيطة بها.	قد يكون من الصعب تصور العمليات دون الوجود فعليًا في مساحة عمل الروبوت.
البرمجة آمنة تمامًا. يمكن رؤية أي تصادم للروبوتات أو حالات الخطأ الوشيك افتراضيًا وتجنبها قبل الانتقال إلى النظام الحقيقي.	يلزم توفير معدات حاسوب إضافية وبرامج وتراخيص مرتبطة بها.
يمكن للعملاء "اعتماد" تشغيل نظام الروبوت قبل الاضطرار إلى رؤيته في الحياة الواقعية. يمكن القيام بذلك عن بُعد إذا لزم الأمر.	
يمكن محاكاة الروبوتات الكبيرة أو قطع العمل الكبيرة أو كليهما، ما يقلل أي مواقف خطيرة قد تحدث مع طرق البرمجة داخل بيئة الإنتاج.	
يمكن محاكاة الحلول المختلفة للوصول إلى الحل الصحيح. على سبيل المثال، يمكن تجربة عدد من أنواع الروبوتات المختلفة التي لا يمكن تجربتها بأي طريقة أخرى غير المحاكاة.	

وقفة للتفكير هل يمكنك شرح الاختلافات الرئيسة بين البرمجة داخل بيئة الإنتاج والبرمجة خارج بيئة الإنتاج؟

تلميح دون النظر إلى الكتاب المدرسي، أعِد قائمة بمزايا وعيوب البرمجة داخل بيئة الإنتاج والبرمجة خارج بيئة الإنتاج.

توسيع الأفق ما المعدات والتدريب الذي يحتاج إليه المبرمج في كل طريقة من طرق برمجة الروبوت؟ كيف يؤثر ذلك في قرار الاستخدام؟

تصميم البرامج من موجز

قبل أن تتم البرمجة الفعلية، من المهم فهم ما هو مطلوب من البرنامج تحقيقه. ولتحقيق ذلك، نحتاج إلى فهم طبيعة المشكلة التي يُطلب منا حلها باستخدام روبوت صناعي. عادةً ما يأخذ هذا شكل "موجز العميل"، حيث يكون العميل هو الشخص الذي يطلب منك حل المشكلة، ويجب أن يتضمن الموجز جميع المعلومات التي تحتاجها لفهم ماهية المشكلة.

المهارات
- التفسير

من الضروري فهم موجز العميل قبل البدء في العمل. قد يشمل ذلك طرح أسئلة متكررة على العميل لتوضيح أي نقاط غير واضحة على الفور.

مواصفات التصميم

بعد فهم موجز العميل، يمكن إنشاء مواصفات التصميم. ويتطلب هذا تحديد نطاق المشروع: هذا هو ما يشمله الحل المقترح.

إن تحديد نطاق المشروع مقدمًا يساعد مطور البرامج على البقاء على المسار الصحيح وتجنب "الحيود عن النطاق". وهذا يعني إضافة ميزات، غير مطلوبة في البداية، والتي من المحتمل أن تؤخر إنجاز الحل.

يجب أن تتضمن مواصفات التصميم جميع مدخلات النظام (على سبيل المثال مدخلات المستشعر أو نتائج نظام الرؤية أو مدخلات المستخدم) والمخرجات من النظام (على سبيل المثال إشارات الطرف العامل أو المصابيح أو الصفارات). لاحظ أن الإشارات لتحريك الروبوت فعليًا وإشارات التغذية الراجعة الموضعية المرتبطة بها يُفترض أنها متأصلة في عملية الروبوت؛ بحيث لا يلزم إدراجها بشكل منفصل.

من المهم أيضًا تحديد نوع الروبوت الذي سيُستخدم، حيث سيؤدي ذلك إلى توجيه عملية تطوير البرنامج إضافة إلى لغة البرمجة التي ستُستخدم.

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 339 24/06/2025 06:25:14 ص

المهارات

- الإبداع
- الابتكار

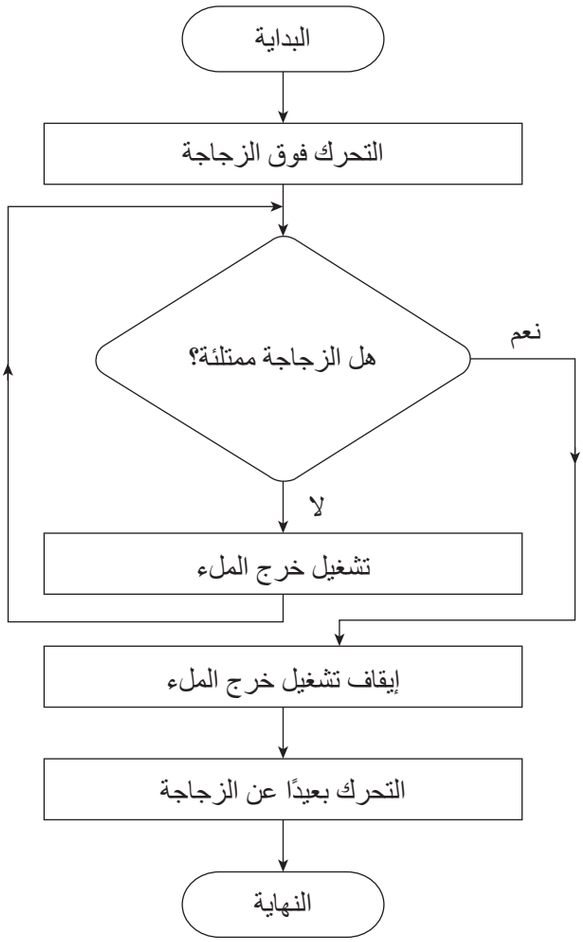
إلى جانب التشغيل الكامل للحل، من المهم الاتفاق على جدول زمني. عادةً باستخدام التشغيل الآلي، سيضغط العميل للإنجاز المبكر حتى يتمكن من بدء الإنتاج. والأمر متروك لمطور البرامج (ومثبت الأجهزة في حالة وجود أجهزة جديدة أو إضافية ستُثبت، على سبيل المثال الروبوت الجديد أو أداة نهاية الذراع الجديدة) لعدم الرضوخ للضغط وتحديد تاريخ إنجاز واقعي. قد يؤدي إغراء الموافقة على تاريخ إنجاز مبكر إلى أخطاء في البرمجة وعدم وجود اختبار شامل، ما يؤدي إلى تعطل الروبوت وفقدان سمعة المورد.

يوجد عدد من الطرق لبرمجة الروبوت فعليًا، والتي سنتناولها لاحقًا. ومع ذلك، قبل كتابة أي كود فعليًا، من الجيد أن تبدأ في تصميم البرنامج على الورق حيث يمكن القيام بذلك حتى لو لم يكن نوع الروبوت معروفًا بعد لأنه ليس خاصًا بأي لغة برمجة.

طريقتان لتحقيق ذلك هما؛ المخطط الانسيابي أو باستخدام اللغة الإنجليزية المهيكلة (المعروفة أيضًا باسم الكود الزائف).

المخطط الانسيابي (خريطة المسار)

هذا تمثيل رسومي لبرنامج أو جزء من البرنامج. يستخدم مجموعة من الرموز الموحدة لتمثيل مدخلات/مخرجات البرنامج والقرارات التي يتعين اتخاذها والمهام التي يتعين تنفيذها. ويوضح الشكل 56.9 أدناه مثال على روتين لملء زجاجة بسائل



الشكل 56.9 مخطط انسيابي لملء زجاجة.

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 340 24/06/2025 06:25:14 ص

اللغة الإنجليزية المهيكلة (التركيبية)

هذا مخطط غير رسمي للبرنامج يُعبر عنه بلغة طبيعية. ويجب ألا يحتوي على أي أوامر بلغة البرمجة.

يوضح الشكل 56.10 أدناه مثال المخطط الانسيابي السابق المعبر عنه باللغة الإنجليزية المهيكلة.

```
Move above the bottle

While the bottle is not full

Turn on the filling output

End while

Turn off the filling output

Move away from the bottle
```

الشكل 56.10 تعليمات اللغة الإنجليزية المهيكلة لملء زجاجة.

اعتبارات السلامة

يجب مراعاة جانب السلامة في التشغيل النهائي وذلك في كل مرحلة من مراحل تطوير برنامج الروبوت. لقد رأينا بالفعل كيف يراعي تصميم مساحة العمل سلامة المشغل، إلى جانب تضمين مكونات الأجهزة الخاصة بالسلامة (ستائر الضوء وحصائر استشعار الضغط وما إلى ذلك). ومع ذلك، من المهم أيضًا التأكد من أن برنامج الروبوت يعمل بطريقة آمنة. على سبيل المثال، سيكون من الضروري أن يتحرك الروبوت بسرعة معينة لأداء المهمة المطلوبة بكفاءة. ومع ذلك، من المهم عدم تحريك الروبوت بسرعة كبيرة لأن ذلك قد يتسبب في عدم استقرار أي عنصر يحمله؛ إما في أثناء تحرك الروبوت أو في أثناء تسارعه أو تباطؤه.

المهارات

- التواصل
- حل المشكلات

فكِّر مليًّا

تتطلب عملية تصميم أي تطبيق تخطيطًا مكثفًا، لا سيما في مجال تحديد متطلبات العميل وتحليلها وفهم تعقيدات لغة البرمجة المختارة.

رغم أنه من المغري البدء الفوري في برمجة الروبوت، إلا أن التخطيط المُسبق والمُحكم يُؤدي إلى توفير الوقت والجهد على المدى الطويل عن طريق وقع أي مشكلات أو مسائل تتطلب عناية خاصة.

ويمكنك أيضًا مشاركة تصميم البرنامج مع العميل قبل بدء البرمجة، وذلك لإتاحة الفرصة له لإبداء ملاحظات يمكن أن تسترشد بها في عملية البرمجة، ما يمنحك الثقة في أن الحل النهائي سيلبي احتياجاته.

يعزِّز التسجيل الدقيق والشامل لمراحل التصميم القدرة على حل المشكلات من خلال توفير أساس جيد لبدء البرمجة الفعالة.

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 341 24/06/2025 06:25:14 ص

يمكنك البدء في برمجة الروبوت بعد فهم موجز العميل، وكتابة مواصفات التصميم وتصميم البرنامج من خلال مخطط انسيابي أو لغة إنجليزية مهيكلة. ويوجد عدد من الطرق التي يمكن من خلالها تنفيذ برمجة الروبوت.

كتابة البرامج

سواء استُخدِمت البرمجة داخل بيئة الإنتاج أو البرمجة خارج بيئة الإنتاج، فإن النتيجة النهائية هي إنشاء أسطر من الكود التي يمكن لوحدة التحكم في الروبوت تفسيرها لتشغيل الروبوت حسب الرغبة. ومن أجل أن تكون أسطر الكود هذه قابلة للقراءة من قبل البشر، فقد طُورَت لغات برمجة الروبوت. لا يوجد حاليًا معيار للغات برمجة الروبوت، ونتيجة لذلك طورت كل شركة روبوتات لغتها الخاصة.

تستخدم "ايه بي بي روبوتكس" لغة برمجة تسمى "RAPID". وتستخدم "فانوك" لغة تُسمى "TP"، بينما يُطلق على لغة "كوماو" اسم "PDL2". وفي حين أن هذه اللغات تختلف في الصياغة الدقيقة، فهي تشترك جميعها في المبادئ المشتركة للغات البرمجية عالية المستوى، وسيكون أي شخص على دراية بهذه المبادئ قادرًا على برمجة معظم الروبوتات بمجرد تحديد الاختلافات بين الأوامر نفسها.

من أجل توضيح تنوع الأوامر داخل لغة الروبوت والممارسات الجيدة التي يجب الالتزام بها، ستستخدم لغة ايه بي بي 'RAPID' على سبيل المثال مقتطفات الكود.

تُعرف لغات برمجة الروبوت باللغات عالية المستوى، وهو مصطلح يُستخدم في جميع برمجة الحاسوب. ويشير هذا إلى حقيقة أن اللغة تتكون من صيغة يمكن للبشر قراءتها، على عكس نظام الأرقام أو "الآحاد والأصفار"، المعروف باسم النظام الثنائي. بعد كتابة الكود عالي المستوى، فإنه يُجمع في كود منخفض المستوى حتى يتمكن الحاسوب من فهمه.

وعلى غرار اللغات الأخرى عالية المستوى، تدعم برمجة الروبوت استخدام كلمات الأوامر والثوابت والمتغيرات وأنواع البيانات والعبارات والعمليات المنطقية وتعليمات تدفق البرنامج.

كلمات الأوامر هي كلمات محجوزة داخل لغة البرمجة تتطلب إجراءً معينًا. سنرى أمثلة لاحقة مثل MOVEJ و SET و WAITDI. لا يمكن استخدام هذه الكلمات لأغراض أخرى داخل الكود.

تُمثل المعرّفات كمية مخزنة داخل ذاكرة الحاسوب. ويمكن أن تكون هذه **ثوابت** (قيم لن تتغير في أثناء تشغيل البرنامج)، أو **متغيرات** (قيم قد تتغير في أي وقت).

تحدد أنواع البيانات نوع القيمة التي يمكن تخزينها في المُعرّف. أنواع البيانات الشائعة هي الأعداد الصحيحة (الأرقام الكاملة) والنقطة العائمة (الأرقام ذات المنازل العشرية) والسلسلة (مجموعة من الأحرف القابلة للقراءة) والقيمة المنطقية (قيمة يمكن أن تكون صحيحة أو خاطئة فقط).

العبارات هي الجانب الأساسي للغة البرمجة لأنها تحدد الإجراءات الأساسية التي يمكن تنفيذها. سنرى أمثلة على العبارات مثل تعليمات الحركة وتعليمات الدخل / الخرج وما إلى ذلك.

تُدمج العمليات المنطقية مثل AND و OR و NOT مع عبارات القرار، مثل IF و WHILE، للسماح باتخاذ القرار بناءً على عوامل مختلفة.

الروتينات الفرعية والدوال والإجراءات هي المصطلحات المستخدمة عند تقسيم الكود إلى عدد من الوحدات المختلفة. حيث يسمح هذا بكتابة إجراءات معينة في شكل وحدات مستقلة واختبارها على هذا النحو. ويسمح أيضًا بكتابة الإجراءات المتكررة مرة واحدة ثم استدعاؤها عدة مرات، بدلًا من الاضطرار إلى كتابة الإجراء مرة أخرى في كل مرة تكون هناك حاجة إليها.

التعليقات هي طريقة يقوم بها المبرمج بإضافة شروح على الكود للسماح للآخرين بفهم دالة سطر الكود أو الروتين بالضبط. من المهم أن تتذكر أن الشخص الذي يكتب الكود الأصلي قد لا يكون هو الشخص نفسه

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 342 24/06/2025 06:25:15 ص

الذي يعمل عليه لاحقًا. وقد يُطلب من المبرمجين أو الفنيين الآخرين إجراء تعديلات أو إضافات على الكود في المستقبل، لذلك، سيساعد التعليق على الكود على القيام بذلك.

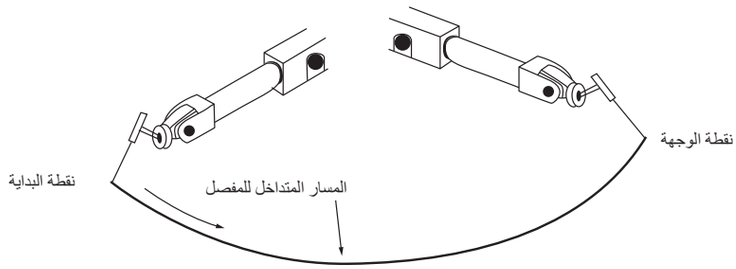
أوامر الحركة

من أجل تحريك الروبوت في محور واحد أو أكثر، توجد أوامر ينصب التركيز فيها على تحديد هذه الحركة فحسب.

توجد ثلاثة عوامل أساسية مشمولة في إرسال الروبوت إلى موضع معين: الموضع نفسه، وكيفية وصوله إلى هناك (المسار)، والسرعة التي يحتاج إليها إلى التحرك هناك. ويعد مراعاة مسار الروبوت أمرًا بالغ الأهمية حيث قد توجد عوائق يحتاج الروبوت إلى تجنبها، أو مساحات ضيقة يحتاج إلى دخولها، أو اتجاه معين يحتاج إلى الاقتراب منه أو حتى التفكير في كيفية تفاعله مع الروبوتات الأخرى في مساحة العمل نفسها.

عادةً ما يُعرف المسار باعتباره أحد ثلاثة خيارات - مفصلي (من نقطة إلى نقطة) أو خطي أو دائري.

تؤدي تعليمات المسار المفصلي ببساطة إلى تحريك نقطة مركز الأدوات حول محور روبوت واحد



الشكل 56.11 حركة مفصلية.

في ما يأتي صيغة RAPID للحركة المفصلية: **MOVEJ p, v, z, t**

حيث إن

p = نقطة الوجهة، المعرفة مسبقًا على أنها إحداثيات x و y و z

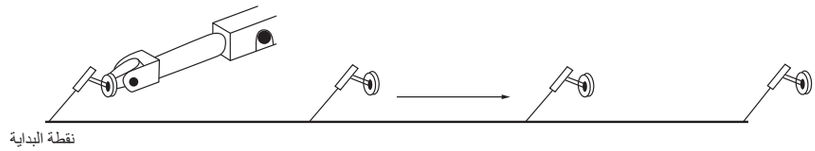
v = سرعة الحركة

z = بيانات المنطقة (تسمح للمستخدم ببرمجة المناطق التي يمكن/لا يمكن لنقطة مركز الأدوات الانتقال إليها). تم تحديد المنطقة بالمليمتر، أو "fine" تمثل عدم وجود منطقة تخفيف سرعة

t = بيانات الأداة - تُستخدم لحساب نقطة مركز الأدوات.

على سبيل المثال **MOVEJ p1, v200, z30 , tool2;**

تحرك التعليمات الخطية نقطة مركز الأدوات في خط مستقيم



الشكل 56.12 حركة خطية.

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 343 24/06/2025 06:25:15 ص

في ما يأتي صيغة RAPID للحركة الخطية:

MOVEL p, v, z, t

حيث إن

p = نقطة الوجهة، المعرفة مسبقًا على أنها إحداثيات x و y و z

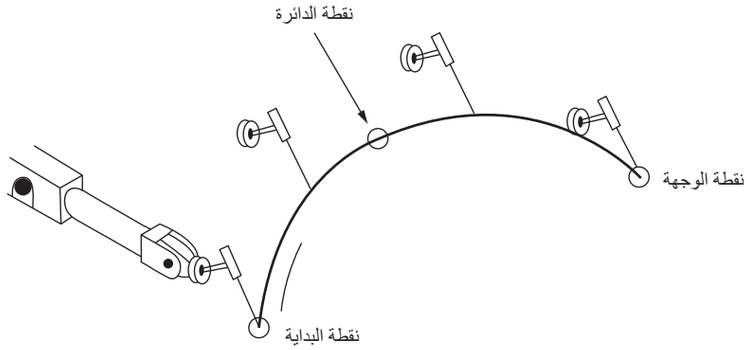
v = سرعة الحركة

z = بيانات المنطقة

t = بيانات الأداة

على سبيل المثال **MOVEL pickuppoint ,v ,z10 ,t_gripper;**

تحرك التعليمات الدائرية نقطة مركز الأدوات في مسار دائري (يُعرف أيضًا باسم القوس)



الشكل 56.13 حركة دائرية.

في ما يأتي صيغة RAPID للحركة الدائرية:

MOVEC p1, p2, v, z, t

حيث إن

p1 = نقطة الوجهة، المعرفة مسبقًا على أنها إحداثيات x و y و z

p2 = نقطة الدائرة

v = سرعة الحركة

z = بيانات المنطقة

t = بيانات الأداة

على سبيل المثال **MOVEC p_end, p_via, v10, fine, t_weld;**

أوامر خلية العمل

بعد أن تصل نقطة مركز الأدوات إلى حيث يجب أن توجد، سيلزم تنفيذ نوع من الإجراءات، وربما نوع من التغذية الراجعة من الطرف العامل أو من المستخدم لاعتماد ما إذا كانت المهمة قد أُنجِزت.

ستكون هذه الإشارات خارج الروبوت نفسه وتُعرف بإشارات الدخل أو الخرج (**إشارات I/O**). عادةً ما يكون للعمليات المعقدة، مثل اللحام أو تطبيق مانع التسرب، روتينات كود خاصة بها مصممة خصيصًا للمعدات الإضافية المطلوبة. ومع ذلك، يمكن تخصيص فتح أو إغلاق بسيط للقابض لخرج رقمي (تشغيل أو إيقاف) من وحدة تحكم الروبوت وتنشيطه في البرنامج حسب الحاجة.

المصطلح الرئيس

إشارات I/O– إشارات الدخل أو الخرج، تُستخدم للتحكم أو مراقبة أي شيء متصل بنظام الروبوت، ولكنها ليست جزءًا من الروبوت نفسه.

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 344 24/06/2025 06:25:15 ص

في ما يأتي صيغة RAPID لتشغيل الخرج الرقمي:

SET d

حيث إن

d = الخرج الرقمي

على سبيل المثال **SET d_gripper;**

وبالمثل، فإن صيغة RAPID لإيقاف الخرج الرقمي هي:

RESET d

على سبيل المثال **RESET d_gripper;**

قد تحتاج العملية أيضًا، على سبيل المثال، إلى مراقبة ما إذا كان المشغل قد أغلق الفتحة بعد تحميل جزء أو ما إذا كانت القوة التي يمارسها القابض قد وصلت إلى المستوى الذي يكون فيه رفع الجزء آمنًا. وهذه إشارات دخل رقمية.

ينتظر الأمر RAPID الآتي حتى تعين الدخل الرقمي:

WAITDI d, state

حيث إن

d = الدخل الرقمي

state = الحالة (مرتفع أو منخفض) التي ننتظرها

على سبيل المثال **WAITDI di_hatch, high;**

قد يكون من الضروري أيضًا أن ينتظر البرنامج فترة زمنية محددة، على سبيل المثال حتى يستقر جزء آخر من العملية.

WAITTIME t

حيث إن

t = عدد الثواني للانتظار

state = الحالة (مرتفع أو منخفض) التي ننتظرها

على سبيل المثال **WAITTIME 1.5;**

استخدام الروتينات الفرعية والبرامج الفرعية

يجب أن تشكل تسلسلات التعليمات المتكررة التي تحدث بشكل متكرر في البرنامج الروتينات الخاصة بها. يسمح هذا بكتابة الكود ذي الصلة واختباره بشكل منفصل إذا لزم الأمر ويجعل البرنامج ككل أسهل في القراءة.

فكِّر في البرنامج الآتي، الذي يلتقط زجاجة بقابض، وينقلها إلى موضع آخر، ثم يضعها. ثم يعود لالتقاط زجاجة أخرى وهكذا. يمكن أن يبدو البرنامج على النحو الآتي:

```
MOVEJ bottle_pickup_area, v200, fine, t_gripper;
MOVEL bottle_height, v200, fine, t_gripper;
SET d_gripper;
WAITTIME 1;
MOVEJ packing_area, v200, fine, t_gripper;
MOVEL bottle_height, v200, fine, t_gripper;
RESET d_gripper;
WAITTIME 0.5;
MOVEJ park_area, v200, z30, t_gripper;
```


XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 345 24/06/2025 06:25:15 ص

يتعلق الجزء من البرنامج الموضح باللون الأحمر بالتقاط الزجاجة ولن يتغير أبدًا. وعلى شاكلة مماثلة، فإن الجزء الموضح باللون الأزرق يتعلق فقط بوضع الزجاجة. ويمكن كتابتهما في شكل روتينات على النحو الموضح أدناه:

```
PROC pick_bottle()
MOVEL bottle_height, v200, fine, t_gripper;
SET d_gripper;
WAITTIME 1;
ENDPROC

PROC place_bottle()
MOVEL bottle_height, v200, fine, t_gripper;
RESET d_gripper;
WAITTIME 0.5;
ENDPROC
```

يصبح البرنامج بعد ذلك:

```
MOVEJ bottle_pickup_area, v200, fine, t_gripper;
pick_bottle;
MOVEJ packing_area, v200, fine, t_gripper;
place_bottle;
MOVEJ park_area, v200, z30, t_gripper;
```

إضافة إلى تسهيل قراءة البرنامج، يجعل هذا النهج المقسم لوحدات الاختبار أسهل وأكثر أمانًا. يمكن اختبار روتين pick_bottle بمفرده لضمان التقاط الزجاجة بشكل صحيح، دون الحاجة إلى تشغيل البرنامج بأكمله. وبالمثل مع روتين place_bottle، ما يسمح بمزيد من الثقة في تشغيل البرنامج بأكمله بعد التحقق من صلاحية الروتينات الفردية.

بحث

التعليمات السابقة جزء من كُل، فلغة برمجة الروبوتات RAPID، على سبيل المثال، تحتوي على أكثر من 450 تعليمة.

ببحث هذه اللغة أو لغات برمجة الروبوت الأخرى، حدِّد الأوامر التي قد تكون مفيدة في الاستخدامات الآتية:

- عَدُّ العناصر الخارجة من خط الإنتاج
- ملء زجاجة لمدة 3 ثوان بالضبط
- اتخاذ القرارات بناءً على حالة الدخل الرقمي
- ضبط سرعة السير الناقل الخارجي باستخدام خرج تناظري.

أهمية تجنب التفردات في أثناء البرمجة

مثلما رأينا، يمكن تحريك الروبوت الصناعي باستخدام حركة مفصلية أو خطية. عند استخدام الحركة الخطية، أي تحديد الإحداثيات ثلاثية الأبعاد، قد يتوقف الروبوت ويرفض السير في اتجاهات معينة. هذا لأن الروبوت واجه **التفرد**.

أي روبوت مفصلي له حالات تفرد. من السهل للغاية تحديد بعض التفردات، بينما يستحيل وصف بعضها الآخر دون استخدام الصيغ المعقدة. ومع ذلك، من المهم أن تكون على دراية بموضع التفردات مع الروبوت المستخدم، حيث إن محاولة التحرك من خلالها يمكن أن تؤدي إلى تدهور أداء الروبوت بشكل كبير من حيث الموضع والدقة.

المصطلح الرئيس

تفرد الروبوت – تكوين الموضع الذي تتعطَّل فيه حركة الطرف العامل للروبوت في اتجاهات معينة. في حالة التفرد، يفقد الطرف العامل درجة واحدة أو أكثر من الحرية.

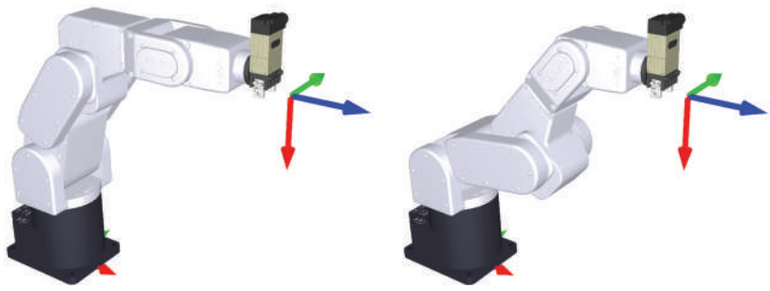
XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 346 24/06/2025 06:25:15 ص

تحدث التفردات التي يسهل اكتشافها عندما تجد مفاصل معينة نفسها مرتبة في خط مستقيم. في الشكل 56.14، يكون الموضع المركزي هو تفرد المعصم، وبالتالي يجب تجنب هذا الموضع. يتضمن ذلك عندما يشكل الموضع عن غير قصد جزءًا من حركة خطية أكبر.

لتجنب هذه التأثيرات، يجب على المبرمج التأكد من اختيار مواضع المفاصل البديلة التي تحقق موضع الطرف العامل نفسه دون أن تكون في حالة تفرد.

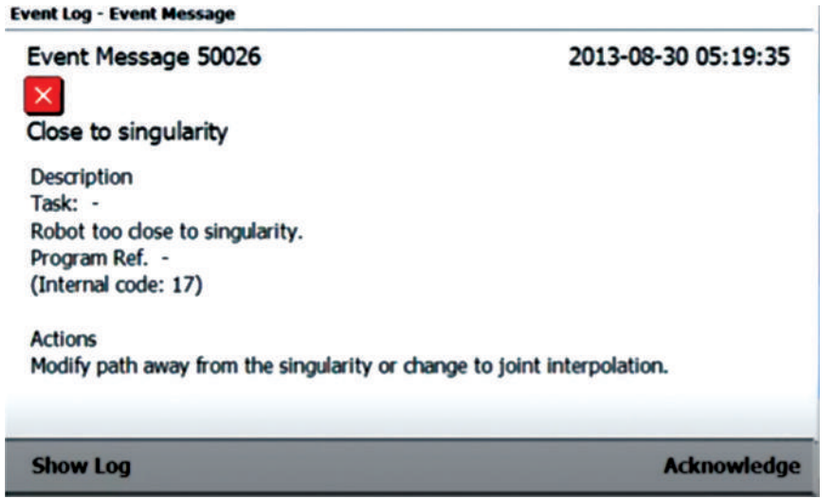
يوضح الشكل 56.15 أدناه هذا. على الرغم من أن الطرف النهائي في الموضع نفسه في كلتا الحالتين، فالتكوين الموجود على اليمين يتجنب تفرد المعصم على اليسار.

الشكل 56.14 تفرد المعصم.



الشكل 56.15 تجنب التفرد عن طريق تغيير التكوين.

يوضح الشكل 56.16 رسالة خطأ ناتجة عن محاولة المشغل التحريك عبر نقطة تفرد.



الشكل 56.16 رسالة خطأ ناتجة عن التفرد.

اختيار البرنامج

بعد كتابة الجزء التشغيلي من البرنامج، من المهم النظر في السياق الأوسع للبرنامج مثل كيفية بدء البرنامج وإيقافه.

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 347 24/06/2025 06:25:24 ص

غالبًا ما يتعين على الروبوت أداء مهام مختلفة، اعتمادًا على طبيعة قطعة العمل المقدمة إليه. على سبيل المثال، قد يتطلب ضم جزئين من هيكل السيارة معًا أن يستخدم الروبوت أداة مختلفة والتحرك في مسار مختلف. بدلًا من إيقاف الروبوت وإعادة برمجته في كل مرة تتغير فيها طبيعة المهمة، ستحتفظ وحدة التحكم في الروبوت ببرامج متعددة وستختار البرنامج المطلوب بناءً على متطلبات المهمة.

بدء التشغيل

بعد اختيار البرنامج وجاهزيته للعمل، من المهم مراعاة شروط بدء التشغيل. على سبيل المثال، هل يحتاج الروبوت إلى أداء أي مهام أولية، هل يحتاج إلى الانتقال إلى موضع معين للبدء به أم يحتاج إلى أن يحمل بأي عناصر استهلاكية مطلوبة للمهمة مثل مسامير البرشام والبراغي والمواد المانعة للتسرب وما إلى ذلك؟

التعديلات

قد يحتاج برنامج الروبوت إلى تغيير تشغيله ديناميكيًا في أثناء تشغيل البرنامج. على سبيل المثال، إذا احتاج روبوت ملء الزجاجات إلى ملء زجاجات بأحجام مختلفة، فبعد وضع الزجاجة في مكانها، يجب أن يكون التغيير الوحيد في البرنامج هو الوقت الذي تكون فيه فوهة الملء نشطة، ما يؤدي إلى تغيير كمية السائل الموزع. يمكن كتابة البرنامج لتلقي التغذية الراجعة من أجهزة الاستشعار التي تأخذ المعلومات من قطعة العمل لتغيير تشغيلها وفقًا لذلك.

التشغيل

عادةً ما تكون هناك عدة جوانب لبرنامج الروبوت، مثل اختيار قطعة العمل، وأداء المهمة، وما يجب فعله بالعنصر المكتمل، وأي تفاعل للمشغل وقيود التوقيت المطلوبة، والتفاعل المحتمل مع الروبوت الثاني وكيفية مزامنتها من خلال البرامج وما إلى ذلك.

ومن المهم أن يفهم المبرمج تمامًا التشغيل الكامل للبرنامج من أجل اختباره بفعالية، حتى يتمكن من الرد عن الأسئلة التشغيلية بعد تشغيله وإجراء أي تعديلات أو إصلاح أي مشكلات بعد التشغيل.

الاختبار

بعد كتابة البرنامج، فإنه يحتاج إلى اختبار.

في حال كتابة البرنامج باستخدام البرمجة داخل بيئة الإنتاج، فمن المحتمل أن تكون العديد من العمليات قد خضعت للاختبار مع تقدم البرمجة. وعند استخدام حزمة برمجة خارج بيئة الإنتاج، تُختبَر أجزاء من الوظائف أو كلها في المحاكاة. في هذه الحالة، يجب تحميل البرنامج إلى الروبوت نفسه للاختبار في العالم الحقيقي.

نصائح للسلامة

من الممارسات الجيدة عند اختبار برامج الروبوت إجراء الاختبارات الأولية دون وجود قطعة العمل وبسرعة منخفضة، مع إمكانية تنفيذ المشغل اختبار روتينات فردية في البداية.

في مثال البرمجة أعلاه، يجب إجراء الاختبار مبدئيًا دون وجود زجاجات في منطقة الالتقاط. يمكن للمشغل بعد ذلك التأكد من أن نقطة مركز أدوات الروبوت تتحرك إلى المكان الصحيح وفق المسار الصحيح وأن القوابض تفتح وتُغلق على النحو المتوقع.

وعند الاختبار بسرعة منخفضة، يمكن أيضًا توقع أي تصادمات محتملة، وإيقاف الروبوت وتعديل البرنامج قبل حدوث أي ضرر.

وبعد إنجاز الاختبارات السابقة بنتيجة مُرضية، يمكن إدخال قطعة العمل، وبعد التعامل معها تعاملًا صحيحًا، يمكن زيادة السرعة وتقليل تدخل المشغل حتى يعمل الروبوت باستقلالية تامة وبكامل سرعته.

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 348 24/06/2025 06:25:24 ص

بغض النظر عن طريقة البرمجة المستخدمة، قد ما تزال هناك حاجة إلى أجهزة وبرامج من أطراف ثالثة (على سبيل المثال، معدات السلامة واختبار البرنامج) يجب دمجها في الحل النهائي. قد يُبين الاختبار بأقصى سرعة، مع وجود جميع الأجزاء وتحريك المعدات داخل وخارج خلية الروبوت من أجزاء أخرى من العملية، مناطق في الكود لم تراعي ظروفًا معينة. من المهم التأكد من السماح بجميع التوليفات الممكنة من المدخلات والمخرجات والمواقف وتفاعلات المشغل والحركات غير المتوقعة في الاختبار.

غالبًا ما يكون من المفيد إعداد جدول اختبار حيث يمكن التحقق من العمليات في أثناء اختبارها لضمان عدم تجاهل سيناريوهات الاختبار.

بعد أن يخضع الكود للاختبار الوظيفي، ستبدأ مرحلة الاختبار النهائية لضمان تشغيل الحل الكامل على النحو الذي يطلبه العميل. قد يشمل ذلك تنفيذ العميل الإجراءات الروتينية للاختبار الرسمي الذي سيشكل اختبار قبول المصنع (FAT).

وقفة للتفكير هل يمكنك كتابة جدول اختبار لتطبيق تعبئة الزجاجات المذكور؟

تلميح اعمل على كل جزء من الكود وحدد الجوانب التي ستحتاج إلى رؤيتها تعمل للتحقق من التشغيل الصحيح.

توسيع الأفق لماذا من المهم اختبار جميع عناصر الكود مرة أخرى إذا أجريت تغييرًا لإصلاح جزء صغير؟

المهارات

- المبادرة
- التوجيه الذاتي
- التقييم الذاتي
- التفكير الناقد

بعد اكتمال البرنامج وتشغيله على النحو المطلوب، قد تظهر جوانب يمكن تحسينها. ويُعرف تحسين كفاءة العملية.

وقد تكون هذه تحسينات تشغيلية؛ مثل تغيير مسار الروبوت إلى مسار مباشر بدرجة أكبر أو زيادة سرعة الروبوت في أوقات معينة أو تحسين الطريقة التي يلتقط بها الروبوت قطعة أو جزءًا.

يمكن أيضًا إجراء تحسينات على الكود، مثل استخدام الإجراءات الروتينية لأجزاء البرنامج التي تُكرر.

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 349 24/06/2025 06:25:24 ص

خطوة بخطوة

يجب عليك كتابة برنامج روبوت لالتقاط رغيف خبز من سير ناقل ونقله إلى طاولة مجهزة لتغليفه يدويًا.

اعرض الخطوات التي ستتخذها لكتابة هذا البرنامج.

1 راجع موجز العميل.

يمكننا طرح أسئلة حول مدخلات النظام ومخرجاته.

وهذا يوفر المعلومات الآتية:

- سيُزوَّد الروبوت بمستشعر ليخبره عندما يكون الخبز في مكانه أسفل القابض.
- يجب رفع الخبز بمقدار 300 مم من السير الناقل قبل نقله بعيدًا إلى منطقة التغليف.
- يجب عدم الإمساك بالخبز بشدة، لذلك زُوِّد القابض بمستشعر القوة لتحديد القوة المناسبة لإغلاقه.

2 اكتب مواصفات التصميم:

الدخل:

مستشعر "الخبز جاهز" في الدخل الرقمي 1

مستشعر "القابض مفتوح" في الدخل الرقمي 2

مستشعر "القابض مغلق" في الدخل الرقمي 3

الخرج:

القابض مفتوح في الخرج الرقمي 1

القابض مغلق في الخرج الرقمي 2

نوع الروبوت:

ABB IRB2000

3 صَمِّم البرنامج.

خطة اللغة الإنجليزية المهيكلة:

انتقل إلى وضع "فوق الخبز"

شَغِّل "فتح القابض"

انتظر مستشعر "القابض مفتوح"

أوقف تشغيل "فتح القابض"

انتظر مستشعر "الخبز جاهز"

تحرك عموديًا لأسفل إلى موضع الخبز

شَغِّل "إغلاق القابض"

انتظر مستشعر "القابض مغلق"

أوقف تشغيل "إغلاق القابض"

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 350 24/06/2025 06:25:24 ص

تحرك عموديًا لأعلى إلى موضع "فوق الخبز"

انتقل إلى موضع "تغليف الخبز".

شَغِّل "فتح القابض"

انتظر مستشعر "القابض مفتوح"

انتقل إلى موضع "التجميع"

4 بَرمِج الروبوت.

حَدِّد المستخدم روبوت ABB IRB4000. وهذا ليس روبوتًا تعاونيًا (كوبوت)، وبالتالي لا يمكن برمجته يدويًا عن طريق التوجيه. نظرًا لأن هذه عملية بسيطة ولها خطوات قليلة نسبيًا، فإن استخدام وحدة التلقين المحمولة لبرمجة الروبوت ستكون نقطة بداية جيدة لتعليم الروبوت مختلف المواضع المطلوبة. ولأن هذا روبوت ABB، فستكون لغة البرمجة RAPID.

حرِّك الروبوت إلى كل موضع من المواضع المطلوبة واحفظه في ذاكرة الروبوت، مع تسمية كل منها باسم مناسب.

p_above_bread
p_bread
p_packing
p_parked

5 يمكننا الآن كتابة الكود. (لاحظ أن الكود الآتي يمثل "أساس" ما هو مطلوب. عند كتابة البرنامج على أرض الواقع، سيحتاج المبرمج أولًا إلى تعيين العديد من المعلمات على النحو الذي يتطلبه الروبوت نفسه – في هذه الحالة بيانات الأداة للقابض. سنفترض أن هذا قد أُعِدَّ بالفعل في t_gripper).

تظهر التعليقات في RAPID بعد علامة التعجب "!".

```
MoveJ p_above_bread, v200, fine, t_gripper;
! انتظر مستشعر الخبز
WaitDI di1, high;
! فتح القابض
Reset do2;
SetDO do1;
! انتظر مستشعر القابض مفتوح
WaitDI di2, high;
! تحرك عموديًا إلى موضع الخبز
MOVEL p_bread, v200, fine, t_gripper;
! أعد تعيين القابض المفتوح ثم أغلق القابض
Reset do1;
SetDO do2;
! انتظر مستشعر القابض مغلق
WaitDI di3, high;
! إيقاف إغلاق القابض
```


XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 351 24/06/2025 06:25:24 ص

```
Reset do2;
! تحرك عموديًا إلى موضع فوق الخبز
MOVEL p_above_bread, v200, fine, t_gripper;
! الانتقال إلى منطقة التعبئة والتغليف
MoveJ p_packing, v200, fine, t_gripper;
! فتح القابض
SetDO do1;
! انتظر مستشعر القابض مفتوح
WaitDI di2, high;
!الانتقال إلى منطقة التجميع
MoveJ p_parked, v200, fine, t_gripper;
```

6 اختبر البرنامج.

يجب اختبار كل جزء فردي من البرنامج عند تطويره. في هذا المثال عن البرمجة داخل بيئة الإنتاج، يمكن اختبار الروبوت بسرعة منخفضة للتأكد من عدم إلحاق أضرار بسبب عملية غير متوقعة للروبوت. وباكتساب الثقة مع كل عملية، يمكن زيادة مقدار أجزاء البرنامج المختبرة وسرعة الاختبار.

يجب أن يكون الاختبار النهائي بأقصى سرعة مع الأجزاء التمثيلية (على سبيل المثال، أرغفة الخبز).

إذا كان التطوير باستخدام برمجة خارج بيئة الإنتاج، فحينئذ سيُشغَّل الكود على أنه محاكاة توضح كيفية عمل الروبوت. وسيماثل الكود تمامًا كود تشغيل الروبوت في العالم الحقيقي، ومن الممارسات الجيدة اختبار أجزاء صغيرة من الكود في أثناء كتابته. ومع ذلك، في المحاكاة لا توجد فرصة للضرر المادي.

7 حسّن كفاءة البرنامج.

سيوضح لنا تشغيل الروبوت ما إذا كانت هناك أي تحسينات وظيفية يمكن إجراؤها.

بالنظر إلى الكود نفسه، يمكننا إضافة بعض الروتينات لمنع تكرار أوامر الفتح والإغلاق والانتظار المتعلقة بالقابض. على سبيل المثال:

```
PROC_wait_for_bread
! انتظر مستشعر الخبز
WaitDI di1, high;
! فتح القابض
Reset do2;
SetDO do1;
! انتظر مستشعر القابض مفتوح
WaitDI di2, high;
ENDPROC
```


XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 352 24/06/2025 06:25:24 ص

تمرين تقييمي 56.3 D.P7, D.P8, D.M4, D.D3

باستخدام معدات الروبوتات المتاحة لك، صمِّم روبوتًا صناعيًا لحل مشكلة طرحها عليك معلمك.

في هذه الحالة، يؤدي معلمك دور "العميل" ويجب عليك اتباع كل خطوة من خطوات البرمجة الموضحة سابقًا، أي فهم موجز العميل، وكتابة مواصفات التصميم، وتخطيط البرنامج، وكتابة الكود، والاختبار وتحسين كفاءة البرنامج.

التخطيط

- ما المهمة المطلوبة؟ ما المطلوب مني؟
- ما الأدوات والمعلومات التي سأحتاج إليها لتنفذ المهمة؟
- ما مدى ثقتي في قدراتي على العثور على هذه المعلومات؟
- ما مدى ثقتي في استخدام أدوات البرمجة اللازمة؟
- هل ثمة أي جوانب قد أواجه صعوبة فيها؟

التنفيذ

- أعرف ما أفعله وما أهدف إلى تحقيقه.
- يمكنني تحديد أجزاء المهمة التي أجدها جدُّ صعبة ووضع إستراتيجيات للتغلب على هذه الصعوبات.

المراجعة

- يمكنني شرح المهمة المطلوبة وكيف نفَّذتها.
- أستطيع تحديد أجزاء المهمة المنجزة التي يمكن تحسينها وما الأمور التي سأنجزها بطريقة مختلفة في المرة القادمة.

فكِّر مليًّا

قد لا تكون في أرض المصنع أو تعمل مباشرةً مع العملاء عند تطوير برنامج للروبوتات الصناعية، ومع ذلك سيؤثر كل ما ستضيفه للكود في العميل ولو بقدر يسير.

سيكون عليك اتباع الآتي:

- حاول ألا تقلق إذا لم يستجب الروبوت في البداية على النحو المتوقع، واستوعب أن هذا جزء لا يتجزأ من عملية التطوير
- احترم الآخرين واحترم آراءهم، خاصةً عندما يقدمون لك تعليقات أساسية حول برنامجك وتشغيل الروبوت ومدى ملاءمته عند تقييمه مقارنة باحتياجات المستخدم الأصلية
- قيِّم النتائج لمساعدتك على تبرير توصياتك وقراراتك، لا سيما في ما يتعلق بتصميم حَلِّك أو تنفيذه
- اعمل مع زملائك بروح الفريق الواحد. وتبرز أهمية هذا عند الإسهام في مهمة أكبر، فقد تطور جانبًا واحدًا أو وحدة من الكود تتطلب الاندماج في برنامج أكبر.

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 353 24/06/2025 06:25:24 ص

فكِّر في المستقبل

مهندسة روبوتات

زارا بشار

بدأت مسيرتي في هندسة الروبوتات بعد تخرجي من المدرسة. وإلى جانب الدراسة للحصول على مؤهلاتي الهندسية، عملت في عدد من الأقسام المختلفة داخل الشركة لاكتساب معرفة شاملة بعلم الروبوتات الصناعية والأتمتة.

وقد بدأت في قسم أسلاك الألواح، فأكسبني ذلك فهمًا جيدًا لكيفية تنفيذ الإشارات الإلكترونية التي يستخدمها الروبوت في تطبيقات مختلفة. تمكنت بعد ذلك من زيارة الموقع والمساعدة في تثبيت الروبوتات وتشغيلها. لقد اكتسبت هناك فهمًا لكيفية الاختبار واكتشاف الأعطال في نظام ينتظر العميل إنجازه، حتى يتمكن من بدء الإنتاج في أقرب وقت ممكن. إضافة إلى تعلم البرمجة داخل بيئة الإنتاج لأداء روتينات اختبارية مختلفة، اكتسبت أيضًا فهمًا متعمقًا لمتطلبات السلامة اللازمة عند تصميم خلية عمل الروبوت واستخدامها.

انتقلت بعد ذلك إلى محاكاة الروبوت، حيث زودها العميل بمتطلبات الاستخدام، وطُلب مني تطوير حل خارج بيئة الإنتاج ضمن بيئة تطوير متكاملة. لم أتعلم فقط البرمجة خارج بيئة الإنتاج، بل اكتسبت أيضًا خبرة في التفاعل مع العملاء ودمج احتياجاتهم في الحل. في وظيفتي الحالية، أقوم بعد إنجاز الحل المطلوب مني تصميمه بالاتصال بمهندسي التثبيت والتشغيل لتحويل حل المحاكاة الذي طورته إلى واقع. ويمكنني في وظيفتي الاستفادة من جميع المهارات التي تعلمتها عندما كنت جزءًا من هذا الفريق والتأكد من أن حل المحاكاة الذي طورته مصمم مع مراعاة سهولة التثبيت والاختبار والتشغيل.

في ظل تقدم علم الروبوتات الصناعية، أحرص بشدة على مواكبة التكنولوجيا الجديدة من خلال حضور دورات تدريبية منتظمة. وهذا يسمح لي بتطوير معرفتي، وضمان أن الشركة لديها قاعدة المهارات للعمل في تطبيقات الصناعة المختلفة والبقاء أيضًا في طليعة التكنولوجيا الناشئة.

تركيز مهاراتك

حتى تصبح مهندس روبوتات

توجد العديد من الجوانب التي تدخل في إنجاز مشروع أتمتة بنجاح، وفهم هذه الجوانب يعتبر ذا قيمة كبيرة إذا كنت ترغب في أن تصبح مهندسًا متمكنًا في مجال الروبوتات.

ومن المهم أن تفهم متطلبات العميل، حتى تتمكن من تحديد المواصفات الصحيحة لأنظمة الروبوت والتحكم الدقيق، إلى جانب الفهم المتعمق للعملية نفسها لضمان الاختيار الصحيح للأطراف العاملة وأجهزة الاستشعار.

ستكون قادرًا على تحديد الجوانب الرئيسة لتفاعل المشغل حتى تضمن بقاء سلامة الإنسان دائمًا أولوية قصوى طوال تصميم الحل وتنفيذه.

سيضمن الفهم الشامل للنظام كله كتابة برنامج الروبوت بدقة وكفاءة، مع مراعاة تقنيات البرمجة المهيكلة التي تسمح للآخرين بالعمل على البرنامج عند الحاجة.

وهذا بدوره سيسهل التثبيت والاختبار والتشغيل التجريبي واكتشاف الأعطال في المشروع المكتمل، وسيسمح لك فهمك للمشروع بتكييف

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 354 24/06/2025 06:25:26 ص

التصميم الأولي وتحسينه في أي لحظة.

سواء كنت تعمل على توصيل نظام التحكم في الروبوت، أو برمجة الروبوت داخل بيئة الإنتاج أو خارج بيئة الإنتاج، أو اختبار النظام أو تشغيله، فإن فهمك للنظام كله سيكون مهمًا لجعل جزئك من العملية يعمل بسلاسة.

في عالم الروبوتات، تتقدم التكنولوجيا بسرعة. وتوجد عمليات جديدة باستمرار تتطلب الأتمتة وطرق جديدة لتحقيق ذلك. لذلك، من المهم مواكبة هذه التطورات التكنولوجية عن طريق التدريب والتطوير الشخصي حتى تصبح مهندس روبوتات مؤهلًا تأهيلًا يناسب الحاضر والمستقبل.

XXXX-3 Engineering Unit 56_AR.indd 355 24/06/2025 06:25:26 ص

مسرد المصطلحات

بوابة AND – تنتج خرجًا بقيمة 1 فقط عندما يكون كلا الدخلين بقيمة 1.

الأنود – الاتصال بالمادة من النوع P.

القوة الدافعة الكهربائية العكسية – جهد كهربي في الاتجاه العكسي ينشأ نتيجة تبديل أو تغيير التيار المار عبر محث.

جهد الحاجز – الحد الأدنى لجهد الانحياز الأمامي اللازم لبدء التوصيل.

الجبر البولياني – جبر منطقي ذو حالتين (سُمي على اسم جورج بول).

الكاثود – هو الاتصال بالمادة من النوع N.

الدائرة المنطقية التوافقية – دائرة مكونة من عدة بوابات منطقية. وللتوضيح، لا تُظهر الدوائر المنطقية دائمًا توصيلات الإمداد.

الموصل – مادة لها مقاومة منخفضة للغاية وتسمح بمرور التيار الكهربائي بسهولة. وتكون معظم الموصلات الجيدة على هيئة معادن، مثل النحاس والألومنيوم والفضة.

الانحياز الأمامي – يصف الصمام الثنائي (دايود) في الحالات التي يكون فيها الأنود أكثر إيجابيةً من الكاثود.

العازل – مادة لها مقاومة عالية للغاية، وعادةً ما تكون غير معدنية. ويُعد البلاستيك والمطاط من أمثلة العوازل الجيدة.

البوابة المنطقية – دائرة تنفذ دالة منطقية بولينية.

حاملات الشحنة الأكثرية – حاملات الشحنة الناتجة عن عملية التشويب، وتكون عبارة عن فجوات في المواد من النوع p وإلكترونات في المواد من النوع n.

حاملات الشحنة الأقلية – الفجوات في المادة من النوع n والإلكترونات في المادة من النوع p الناتجة عن أزواج الفجوات–الإلكترونات المتولدة حراريًا في الشبكة البلورية للسيليكون.

MOSFET – ترانزستور الأثر الحقلي لأكسيد المعادن وأشباه الموصلات.

بوابة NOT – تنتج خرجًا معاكسًا للدخل.

بوابة OR – تنتج خرجًا بقيمة 1 فقط عندما يكون الدخلين مختلفين.

الانحياز العكسي – يصف الصمام الثنائي (دايود) في الحالات التي يكون فيها الأنود أكثر سلبيةً من الكاثود.

أشباه الموصلات – مادة مثل السيليكون (Si) أو الجرمانيوم (Ge) أو زرنيخيد الغاليوم (GaAs) لها خصائص كهربائية تقع بين خصائص الموصلات والعوازل.

- تُسمى مواد أشباه الموصلات النقية بأشباه الموصلات **الداخلية**.
- تحتوي أشباه الموصلات **الخارجية** على كميات ضئيلة جدًا من الشوائب المُختارة لزيادة الموصلية. يطلق على عملية إدخال كميات مُقاسة من الشوائب مصطلح **التشويب**.

TTL – منطق ترانزستور - ترانزستور القائم على الترانزستورات الوصلية.

كسب الجهد – نسبة خرج الجهد إلى دخل الجهد.

السعة المعدلة (AM) – إشارة راديو تُعدل فيها سعة التردد الراديوي الناقل بإشارة صوتية.

غير مستقرة – دائرة دون حالة خرج مستقرة. يتبدل الخرج باستمرار بمعدل يحدده مزيج المقاوم والمكثف.

توهين – انخفاض قدرة الإشارة في النظام.

مرشح ترددات النطاق – مرشح يسمح بمرور الترددات بين قيمة أقل وقيمة أعلى ويمنع الترددات الأخرى.

النطاق الترددي – نطاق التردد بين تردد القطع السفلي والعلوي (الزاوي).

ترانزستور وصلي ثنائي القطب (BJT) – جهاز شبه موصل ثلاثي الأطراف. بنيته "طبقة بينية"من مادة npn أو pnp. وتُسمى أطرافه الثلاثة القاعدة والباعث والمجمع. يكون التحكم في التيار في منطقة المجمع بواسطة تيار أصغر في منطقة القاعدة.

ثنائية الاستقرار – دائرة ذات حالتين مستقرتين. يمكن تنشيطها للوصول إلى حالة مستقرة. تظل في هذه الحالة حتى تتم إعادة ضبطها إلى حالتها الأصلية.

مخطط بود – مخطط الكسب (التوهين) والطور مقابل التردد.

لوحة التجارب – لوحة توصيل قبسي لبناء دائرة إلكترونية نموذجية من دون لحام قصدير.

دائرة العزل (بفر) – مكبر جهد ذو كسب وحدة، مع معاوقة دخل عالية ومعاوقة خرج منخفضة.

مُكبر من الفئة A – مُكبر طاقة يُوصِّل فيه العنصر النشط (الترانزستور) 360 درجة كاملة من الإشارة.

مُكبر من الفئة AB – مُكبر طاقة يُوصِّل فيه كل عنصر نشط (ترانزستور) أكثر من 180 درجة من الإشارة لتقليل التشوه المتقاطع.

مُكبر من الفئة B - مُكبر طاقة يُوصِّل فيه كل عنصر نشط (ترانزستور) 180 درجة من الإشارة.

مُكبر من الفئة C - مُكبر طاقة يكون فيه الجهاز النشط (الترانزستور) في وضع انحياز للتوصيل لأقل من نصف دورة. وبالتالي، فإن الخرج عبارة عن نبضة تتراوح بين 80 درجة و 120 درجة من إشارة الدخل. نتيجةً لذلك، تكون إشارة الخرج غير خطية.

كسب الحلقة المغلقة – كسب الجهد لمُكبر ذو تغذية راجعة.

مُذبذِب كولبيتس – مُذبذِب بدائرة مضبوطة باستخدام مكثفين ومحث واحد في دائرة خازنة.

المقارِن – يقارن بين جهدين ويُعطي خرج جهد يشير إلى أيهما أكبر.

قيمة مكوِّن – قيمة المكوِّن في الرسم التخطيطي (على سبيل المثال 22 كيلو أوم، 10 ميكروفاراد). يمكن أن يكون لأكثر من مكون القيمة نفسها.

التطوير المهني المستمر (CPD) – الحفاظ على المعرفة والمهارات وتطويرها، لضمان الضمان الحفاظ على كفاءتك بصفتك مهندسًا أو فنيًّا محترفًا.

إدارة المسار الحرج – أو CPM، أداة إدارة تُستخدم لتخطيط المشاريع وجدولتها وتنفيذها. تستخدم إدارة المسار الحرج توقيتات ثابتة للأنشطة عند تحديد وإدارة الحد الأدنى من الوقت المطلوب لإنجاز المشروع.

Glossary.indd 356 24/06/2025 06:47:58 ص

مسرد المصطلحات

مُذبذِب بلوري – مُذبذِب يستخدم بلورة كهروضغطية (عادة كوارتز) للتحكم في التردد.

تردد القطع (الزاوي) – يُسمى أحيانًا نقطة نصف الطاقة. التردد الذي يتم عنده توهين الطاقة بنسبة 50 في المائة. توهين الجهد هو 3- ديسيبل.

بث صوتي رقمي (DAB) – طريقة رقمية لنقل البيانات الصوتية. وتشابه الصيغة MP3.

شبكة كهربائية – مكونات كهربائية/إلكترونية متصلة ببعضها، عادةً لتشكيل دائرة.

عامل التغذية الراجعة – جزء إشارة الخرج التي يتم إرجاعها إلى الدخل.

ترانزستور الأثر الحقلي (FET) – جهاز شبه موصل ثلاثي الأطراف. تسمى الأطراف الثلاثة البوابة والمصدر والتفريغ. يتدفق التيار عبر قناة من النوع p أو n بين التفريغ والمصدر الذي يتحكم فيه الحقل الكهربائي على البوابة.

مرشح – دائرة يمكنها تمرير ترددات محددة أو حجبها.

التردد المعدل (FM) – إشارة راديو يُعدل فيها التردد الراديوي الناقل بإشارة صوتية.

استجابة التردد – رسم بياني للكسب (التوهين) مقابل التردد.

نظام مزدوج الاتجاه – نظام اتصال بين جهازين يمكن فيه الاتصال في كلا الاتجاهين. يمكن للجهازين الإرسال والاستقبال في الوقت نفسه.

تقويم كامل الموجة – دائرة مقوم تحول جهد التيار المتناوب الكامل ليمر كنبضات تيار مستمر.

منتج النطاق الترددي للكسب – المنتج المتحصَّل عليه بضرب النطاق الترددي للمكبر في كسب الجهد في هذا النطاق الترددي.

نظام أحادي الاتجاه – نظام اتصال بين جهازين يمكن من خلاله إجراء الاتصال في كلا الاتجاهين، ولكن بجهاز واحد فقط في كل مرة. عندما يرسل أحدهما فإن الآخر.

تقويم نصف موجي – دائرة مقوم تسمح فقط بمرور نصف دورة واحدة من جهد التيار المتناوب.

مُذبذِب هارتلي – مُذبذِب بدائرة مضبوطة باستخدام محثين ومكثف واحد في دائرة خازنة.

مرشح تمرير الترددات العالية – مرشح يسمح بمرور الترددات التي تزيد عن قيمة معينة ويمنع الترددات المنخفضة.

خصائص الدخل – رسم بياني يظهر العلاقة بين تيار الدخل وجهد الدخل عند جهد خرج معين.

مُكبر عاكس – مُكبر جهد ينتج جهد خرج مُكبر يكون مختلف الطور 180 درجة مع الدخل.

مرشح تمرير الترددات المنخفضة – مرشح يسمح بمرور الترددات التي تقل عن قيمة معينة ويمنع الترددات الأعلى.

أحادية الاستقرار – دائرة ذات حالة مستقرة واحدة. يمكن تنشيطها للوصول إلى حالة شبه مستقرة لفترة زمنية محددة بواسطة مزيج المقاوم والمكثف قبل أن ترتاح مرة أخرى وتعود إلى حالتها المستقرة.

هزاز متعدد التوافقيات – مُذبذِب يُنتج خرجًا غير جيبي (موجة غير جيبية). عادةً ما يكون الناتج عبارة عن موجة مربعة يمكن تشكيلها بواسطة مكونات أخرى لموجة سن منشار أو موجة مثلثة.

قائمة شبكية – قائمة بالمكونات والعقد في الشبكة وكيفية توصيلها.

عقدة – نقطة يُوصل فيها مكونين أو أكثر في شبكة.

مكبر غير عاكس – مُكبر جهد ينتج جهد خرج مُكبر متفق الطور مع الدخل.

كسب الحلقة المفتوحة – كسب الجهد لمُكبر دون تغذية راجعة.

مُكبر عملياتي – دائرة متكاملة (IC) ذات كسب جهد عالي جدًا. يمكن توصيله لتنفيذ عمليات (وظائف) مختلفة.

المُذبذِب – دائرة تُنتج شكل موجي ذو تيار متناوب متذبذب بتردد معين.

OSH – السلامة والصحة المهنية. إطار التشريعات واللوائح لحماية القوى العاملة من الأذى.

خصائص الخرج – سم بياني يظهر العلاقة بين تيار الخرج وجهد الخرج عند جهد دخل معين.

طريقة تقييم ومراجعة برامج المشاريع – أو بيرت، تُستخدم لتخطيط المشاريع وجدولتها وتنفيذها. تتشابه طريقة تقييم ومراجعة برامج المشاريع مع إدارة المسار الحرج من نواح كثيرة ولكنها تراعي عدم اليقين في توقيت الأنشطة، باستخدام التقديرات الأكثر تفاؤلًا والأكثر تشاؤمًا والأرجح لتوليد الأوقات الأكثر احتمالية لإنشاء مسار حرج.

مُذبذِب ذو إزاحة طورية – مُذبذِب يستخدم شبكة تغذية راجعة لمقاوم ومُكثف.

بلورة كهروضغطية – بلورة تُغير شكلها قليلًا عند تطبيق مجال كهربائي. سيتردد رنين البلورة في مجال كهربائي متناوب بالتردد الصحيح. وتولد مجالًا كهربائيًا عند ضغطها أو ضربها.

معدات الحماية الشخصية – لحماية المستخدم من مصادر الخطر.

إدارة المشروع – عملية منظمة للتخطيط والتنظيم والإشراف على المشروع لتلبية متطلبات المشروع بكفاءة وفعالية.

عامل Q – مقياس انتقائية الدائرة المضبوطة. يمثل عامل Q المرتفع كسبًا عاليًا ونطاقًا ترددًا ضيقًا (ذروة حادة). يمثل عامل Q المنخفض كسبًا منخفضًا ونطاقًا ترددًا مرتفعًا (ذروة مسطحة).

نقطة السكون – تُعرف أيضًا باسم نقطة الانحياز. جهد التيار المستمر في طرف ترانزستور معين دون تطبيق دخل إشارة.

مُقوِّم – مكوّن أو نظام يحول جهد التيار المتناوب إلى جهد تيار مستمر.

اسم مرجعي – اسم يُستخدم لتحديد مكوّن في رسم تخطيطي (مثل R1 و C2). لكل مكون اسم مرجعي فريد.

الممارس التفكيري – الشخص الذي يتبع نهجًا يتمثل في مراجعة أفعاله وتحليل ما تعلمه من التجربة وكيفية تطبيق الدروس في ممارسته المهنية.

تقييم المخاطر – طريقة لتحديد مصادر الخطر والمخاطر المرتبطة بها عند تنفيذ نشاط ما، بهدف إزالتها أو الحد منها عن طريق تطبيق تدابير الرقابة.

RoHS – توجيه السلامة والصحة المهنية بشأن الحد من المواد الخطرة. يشير إلى إزالة الرصاص والمعادن الثقيلة الأخرى من المواد، على سبيل المثال اللحام "الخالي من الرصاص".

Glossary.indd 357 24/06/2025 06:47:58 ص

مسرد المصطلحات

رسم تخطيطي – رسم تخطيطي يستخدم الرموز القياسية لتمثيل عناصر نظام ما. مخطط دائرة.

نظام بسيط – نظام اتصال بين جهازين يمكن فيه الاتصال في اتجاه واحد فقط.

محاكاة – استخدام الحاسوب لنمذجة تشغيل الدائرة للتنبؤ بكيفية عملها. وتسمح المحاكاة للمستخدم بتجربة أسئلة "ماذا لو" قبل إنشاء دائرة حقيقية.

التنعيم – مكون أو دائرة تعمل على تنعيم نبضات جهد خرج التيار المستمر.

المواصفات – المتطلبات التي يجب يُلبيها منتج أو خدمة معينة.

محول خافض – محول يقل فيه الجهد الثانوي عن الجهد الابتدائي.

محول رافع – محول يزيد فيه الجهد الثانوي عن الجهد الابتدائي.

لوحة الشرائح (فيروبورد) – نوع من الألواح المعزولة تضم مصفوفة من الثقوب متباعدة بمقدار 0.1 بوصة (2.54 مم). وتحتوي على شرائط متوازية من المسار النحاسي على جانب واحد بتباعد يبلغ 0.1 بوصة (2.54 مم).

دائرة خازنة – دائرة مكثف ومحث مضبوطة (LC).

التفاوت – مدى اختلاف القيمة المقاسة للمكون عن قيمته النظرية المحسوبة كنسبة مئوية.

محول – جهاز كهربائي يستخدم مجالًا مغناطيسيًا لنقل الطاقة الكهربائية من دائرة التيار المتناوب الابتدائية إلى دائرة التيار المتناوب الثانوية.

الأدوات/الأجهزة الافتراضية – الأدوات الإلكترونية المصممة باستخدام البرنامج عند تنفيذ المحاكاة (على سبيل المثال، ملتيميتر، راسم الذبذبات، مولد الإشارات، مخطط بود).

الفحص البصري – طريقة فحص أساسية تُستخدم في مراقبة الجودة، للبحث عن العيوب أو الاختلالات، مثل وجود مكونات في مكان أو اتجاه خطأ، ووصلات اللحام السيئة، والكسور في المسارات، وذلك باستخدام العين المجردة ومعدات الفحص غير المتخصصة.

منظم الجهد – مكون أو نظام يحافظ على الجهد عند قيمة ثابتة.

مُذبذب قنطرة وين – مُذبذب موجة جيبية يستخدم مُكبرًا غير عاكس وشبكة قنطرة مقاوم ومكثف لمسار التغذية الراجعة.

دايود زينر – صمام ثنائي مصمم لإعطاء جهد مرجعي ثابت عند توصيله في انحياز عكسي.

دائرة متكاملة بمؤقِت 555 – دائرة متكاملة مشتركة يمكنها إنتاج تيار مستمر من النبضات أو نبضة خرج ذات مدة زمنية ثابتة أو تقيس المدة الزمنية لحدث الدخل.

تناظري ورقمي – الإلكترونيات التناظرية والرقمية أساسية في الهندسة الإلكترونية. يتعامل التناظري مع الإشارات المستمرة عبر تغير الجهد أو التيار، بينما يعالج الرقمي الإشارات الثنائية المنفصلة (التشغيل أو الإيقاف). وكلاهما حيوي في التكنولوجيا الحديثة – التناظري للصوت وأجهزة الاستشعار والاتصالات؛ والرقمي لأجهزة الحاسوب والهواتف الذكية ومعالجات الإشارات.

المعايرة – الطريقة المستخدمة للتحقق من صحة ودقة نتائج القياس المعروضة على الشاشة. ويستلزم ذلك ضبط الإعدادات المختلفة مثل الجهد والقاعدة الزمنية والتنشيط للتوافق مع القيم المرجعية المحددة. وتعد المعايرة بالغة الأهمية لدعم موثوقية راسم الذبذبات وضمان القياسات الدقيقة لتشخيص المشكلات وإجراء التحليلات وتجربة الدوائر والأنظمة الإلكترونية.

الحذر – الانتباه الدقيق للمخاطر المحتملة أو مصادر الخطر لمنع الحوادث أو الإصابات.

CMOS – أشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة، القائمة على ترانزستورات الأثر الحقلي لأكسيد المعادن وأشباه الموصلات (MOSFET)

مقارِنة – يتعلق بالمقارَنة بشيء آخر أو يتضمنها.

التشخيص – تحديد طبيعة أو سبب المشكلة أو العطل.

الفحص – عملية التفتيش أو التدقيق في شيء ما عن كثب.

اكتشاف الأعطال – عملية تحديد الأعطال أو المشكلات داخل النظام وتصحيحها.

الضبط الدقيق – لإجراء تعديلات أو تحسينات صغيرة من أجل تحقيق النتيجة المرجوة.

لقراءات الفورية – عرض القياسات في الوقت الفعلي على ملتيميتر وتحديثها باستمرار مع تغير القياسات. يقارن السياق المقدم الحركة المستمرة للمؤشر على شاشات العرض التناظرية مع التحديثات الرقمية على شاشات العرض الرقمية.

معاوقة الدخل والخرج – تشير معاوقة الدخل إلى المقاومة التي يتعرض لها مصدر الإشارة في أثناء إرسال إشارة إلى الجهاز، أما معاوقة الخرج فتشير إلى المقاومة التي تواجهها الإشارة عند الخروج من الجهاز. تحدد معاوقة الدخل سهولة قبول الإشارة، بينما تؤثر معاوقة الخرج في كفاءة توصيل الإشارة إلى المراحل اللاحقة. وهذه العوامل مهمة في بناء دوائر إلكترونية فعالة.

التكرار – عملية متكررة لاختبار الإستراتيجيات وتحليلها وتعديلها من أجل تحديد الأعطال وحلها. تتضمن هذه الطريقة المنهجية تحسين التقنيات وتضييق نطاق المشكلات المحتملة حتى تحديد السبب الجذري وتصحيحه. ويضمن التكرار الدقة في تشخيص الأعطال، ما يؤدي إلى حلول فعالة وأداء موثوق للنظام.

عداد LCR – أداة تقيس الحث (L) والسعة (C) والمقاومة (R) في المكونات الإلكترونية.

التخفيف من المخاطر – يشير إلى تقليل المخاطر أو الآثار الضارة بتطبيق إستراتيجيات مثل الحجب أو العزل. ويعمل هذا النهج الاستباقي على تعزيز السلامة والموثوقية، ما يضمن الأداء الأمثل وطول عمر الأنظمة الإلكترونية.

العقد – النقاط التي تتصل فيها المكونات، فتسمح للتيار الكهربائي أو الإشارات بالتدفق. وهي ضرورية لوظيفة الدائرة، لأنها تتيح نقل الطاقة والمعلومات. لا بد من فهم العقد لتحليل الأنظمة الإلكترونية وتصميمها واستكشاف أعطالها وإصلاحها.

المخاطر – تشير إلى المخاطر أو مصادر الخطر المحتملة التي قد تنشأ في أثناء تصميم الأنظمة الإلكترونية أو تجميعها أو تشغيلها. ويمكن أن تشمل هذه المخاطر الصدمات الكهربائية والحرائق وأعطال المعدات وفقدان البيانات. يعد فهم المخاطر والتخفيف من حدتها أمرًا ضروريًا لضمان سلامة وموثوقية وأداء الأجهزة والأنظمة الإلكترونية.

مسرد المصطلحات

السبب الجذري – يشير إلى المصدر الأساسي أو السبب الأساسي وراء عطل أو مشكلة داخل نظام. يعد تحديد السبب الجذري ضروريًا لاستكشاف الأعطال وإصلاحها بفعالية لأنه يسمح للفنيين بمعالجة المشكلة الأساسية بدلًا من علاج الأعراض فحسب.

بروتوكولات السلامة – تهدف إلى تقليل المخاطر المرتبطة بالأعمال الكهربائية. وتشمل تدابير مثل العزل والتأريض وارتداء معدات الحماية الشخصية لمنع الحوادث. يعد التزام هذه البروتوكولات أمرًا جوهريًا لحماية الأفراد والمعدات والبيئة في أثناء تنفيذ المهام الإلكترونية.

الاستبدال – عملية استبدال مكون أو عنصر بآخر لأغراض الاختبار أو استكشاف الأعطال وإصلاحها.

الأنظمة الفرعية – أجزاء فريدة من النظام ذات وظائف محددة مثل التزويد بالقدرة أو الاتصالات أو معالجة الإشارات.

الاختبار – تقييم أو تقدير أداء أو جودة أو وظيفة شيء ما.

القاعدة الزمنية – في راسمات الأشعة المهبطية، تؤدي القاعدة الزمنية دورًا مهمًا في تمثيل الوقت على طول المحور الأفقي. فتنظيم السرعة التي يتحرك بها شعاع الإلكترون عبر الشاشة يؤثر مباشرةً في الفترات الزمنية المعروضة. ويسمح تعديل القاعدة الزمنية للمستخدمين بمراقبة ترددات الإشارات والمدد المختلفة، ما يجعلها ضرورية لتحليل وقياس الشكل الموجي بدقة داخل الدوائر والأنظمة الإلكترونية.

التحقق – تأكيد أو ضمان دقة أو حقيقة شيء ما.

زمن الالتقاط – الوقت الذي يستغرقه محول الإشارات التناظرية إلى إشارات رقمية لالتقاط جهد الدخل بغرض أخذ العينات.

التشويش – تحديد تردد الإشارة التناظرية بشكل غير صحيح بسبب عدم ملائمة تردد العينة.

السعة – الحد الأقصى للإزاحة من الموضع الأوسط.

الإشارة التناظرية – جهد أو تيار يمكن أن يتغير مقداره باستمرار مع مرور الوقت.

الأرقام الثنائية (وحدات البت) – وحدة بيانات واحدة. يمكن أن يكون لوحدة البت القيمة المنطقية 0 أو 1 فقط.

مخطط الكتلة – مُخطَّط تُمَثِّل فيه الكُتَل عمليات/وظائف في نظام.

التعبير البولياني – عبارة منطقية نتيجتها إما صحيحة (منطق 1) وإما خاطئة (منطق 0).

المسح – إشارة تحكم تعيد ضبط الخرج المنطقي على المنطق 0.

مغلق الحلقة – نظام تحكم مع تغذية راجعة.

منطق CMOS – عائلة من البوابات المنطقية تعتمد على ترانزستورات الأثر الحقلي لأشباه الموصلات ذات الأكاسيد المعدنية المتتامة (CMOS).

المنطق التوافقي – دائرة تجمع بوابات منطقية. تُعطي الدائرة الخرج نفسه دائمًا لمجموعة الإدخالات نفسها، وذلك لعدم وجود تغذية راجعة من الخرج إلى الدخل.

نظام التحكم – نظام إلكتروني يتحكم في سلوك نظام آخر.

مزيل التعديل – دائرة تستعيد إشارة التردد الصوتي الأصلية من إشارة التردد الوسيط.

الإشارة الرقمية – إشارة تمثل البيانات كسلسلة من القيم المنفصلة.

الضوضاء الكهربائية – اضطراب غير مرغوب فيه في إشارة كهربائية.

إشارة الخطأ – الفرق بين نقطة الضبط وإشارات التغذية الراجعة. ويطلق عليها أحيانًا إشارة التشغيل.

الأجهزة الحساسة للتفريغ الكهروستاتيكي – هي الأجهزة التي يمكن أن تتلف بسبب التفريغ الكهروستاتيكي.

زمن الهبوط – الزمن المستغرق للهبوط من تسعين بالمئة إلى عشرة بالمئة من المنطق 1.

الحد الأقصى للدخل (Fan-in) – هو عدد الإدخالات المنفصلة للبوابة المنطقية.

الحد الأقصى للخرج (Fan-out) – هو الحد الأقصى لعدد الإدخالات (الحمل) التي يمكن توصيلها بخرج البوابة دون التأثير في التشغيل السليم.

القلاب – دائرة ثنائية الاستقرار؛ أي لها حالتان ثابتتان. ويمكنها تخزين بت واحد من البيانات.

التردد – عدد مرات تكرار شكل موجي دوري في الثانية. ويُقاس التردد بوحدة (هيرتز).

مصادر الخطر – الأشياء التي يمكن أن تسبب الضرر.

التصميم الهرمي – تصميم مبني على مستويات. تُمَثِّل رموز الكتل الوظيفية أجزاءً مُختلفة من التصميم. والمستوى الأعلى في التسلسل الهرمي هو نظرة عامة على النظام بأكمله.

الأعطال المتقطعة – الأعطال التي يمكن أن تظهر على فترات غير منتظمة، ثم يبدو أنها تتلاشى، وهو ما قد يجعل من الصعب تحديدها.

خريطة كارنوف – طريقة لكتابة جدول الحقيقة بحيث يكون لكل «مربع» في الخريطة اختلاف في متغير واحد فقط عن المربعات المحيطة به من اليسار واليمين والأعلى والأسفل. وتستخدم لتقليل التعبير المنطقي.

التثبيت – ثبات خرج الدائرة المنطقية دون تغيير بعد نبضة الساعة.

العلاقة الخطية – خرج يزداد بخطوات متساوية لقيم الدخل الرقمية. وكل خطوة تساوي 1 بت من وحدات البت الأقل أهمية (LSB).

المحلل المنطقي – أداة اختبار معقدة تلتقط العديد من الإشارات في وقت واحد وتعرضها على الشاشة.

البوابات المنطقية – الدوائر الرقمية التي تسمح بمرور البيانات. تستخدم البوابات المنطقية المنطق البولياني لتحديد ما إذا كانت الإشارة سيجري تمريرها أم لا.

المجس المنطقي – جهاز يعطي مؤشرًا مرئيًا حول ما إذا كانت الإشارة عند المستوى المنطقي 0 أو المستوى المنطقي 1.

النابض المنطقي – جهاز يدخل نبضة واحدة أو نبضات متتابعة عند نقطة اختبار في الدائرة.

البت الأقل أهمية (LSB) – الرقم ذو الثقل الثنائي الأدنى.

رتيب – استمرار قيمة الخرج في الارتفاع (أو الانخفاض) دون انحراف.

Glossary.indd 359 24/06/2025 06:47:59 ص

مسرد المصطلحات

التغذية الراجعة السالبة – التغذية الراجعة التي تكون فيها إشارة التغذية الراجعة معاكسة لإشارة الدخل في الطور بمقدار 180 درجة.

الإزاحة – مقياس يحدد مدى بُعد دالة عن الأصل.

مفتوح الحلقة – نظام تحكم دون تغذية راجعة.

الذروة إلى أدنى نقطة في قاع الشكل الموجي. وتبلغ قيمة الذروة إلى الذروة ضعف سعة الموجة الجيبية النقية.

الشكل الموجي الدوري – جهد أو تيار يكرر تسلسل القيم بدون أي تغيير، وتستغرق كل دورة الوقت نفسه.

الأعطال الدائمة – الأعطال التي تعطي دائمًا السلوك نفسه.

فرق الطور – الزاوية (أو الزمن) التي تسبق أو تتأخر بها موجة دورية عن موجة أخرى لها التردد نفسه.

إعادة الضبط المسبق – إشارة تحكم تضبط خرجًا منطقيًّا على المنطق 1.

الخطأ الكمي – خطأ ناتج عن حصر تحليل القيم التناظرية فقط إلى أقرب مستوى مسموح به. حيث تُقرَّب إما لأعلى أو لأسفل إلى أقرب وحدة بت من الوحدات الأقل أهمية (LSB). ويبلغ الخطأ الكمي ±0.5 وحدة بت من الوحدات الأقل أهمية.

إعادة الضبط – تُفرض قيمة المنطق 0 على خرج الدائرة المنطقية.

الدقة – قيمة 1 بت من الوحدات الأقل أهمية.

زمن الصعود – الزمن المستغرق للصعود من عشرة بالمئة إلى تسعين بالمئة من المنطق 1.

الاستجابة لحافة الصعود – حدوث عمليات الانتقال عند انتقال الساعة من المنطق 0 إلى المنطق 1.

الخطر – مقياس لمدى احتمال حدوث الضرر الناجم عن الخطر.

جذر متوسط مربع جهد (أو تيار) – القيمة التربيعية الجذرية المتوسطة للشكل الموجي الدوري.

أخذ العينات والاحتفاظ بها – طريقة لالتقاط إشارة الدخل والحفاظ على قيمتها ثابتة حتى اكتمال التحويل.

الدائرة المنطقية التسلسلية – هي الدائرة التي تؤثر فيها الحالة الراهنة لإخراجات النظام في قيم الإخراجات التالية لإشارة «الساعة» باستخدام التغذية الراجعة. وتعد القلابات العناصر الأساسية للدائرة المنطقية التسلسلية.

محرك سيرفو – محرك مزود بمستشعر موضع دوران مدمج.

الضبط – تُفرض قيمة المنطق 1 على خرج الدائرة المنطقية.

نقطة الضبط – دخل النظام الذي يحدد قيمة الخرج.

تكييف الإشارة – تعديل الإشارة بحيث تلبي متطلبات المرحلة التالية من المعالجة في النظام.

تتبع الإشارات – مقارنة الإشارات مع قيمها المتوقعة في أثناء مرورها عبر النظام.

العطل الثابت – ثبات مستوى الإشارة المنطقية عند نقطة معينة في الدائرة المنطقية دائمًا. ويكون ثابتًا في المنطق 1 أو 0.

مولد تاكو – مستشعر يتصل بالجسم المراد قياس سرعته، مثل المروحة أو عمود المحرك.

الزمن الدوري *(T)* – هو الوقت المستغرق بين نقطتين متفقتين في الطور.

التبديل – تغيير حالة خرج دائرة منطقية (من 0 إلى 1، ومن 1 إلى 0) عند نبضة ساعة.

دالة التحويل – نسبة الخرج إلى الدخل في كتلة عملية.

مخطط استكشاف الأخطاء وإصلاحها –أداة مرئية تساعد على تحديد المشكلات وحلها.

جدول الحقيقة – جدول يسرد إخراجات دائرة منطقية رقمية محددة لجميع التراكيب الممكنة لإدخالاتها.

منطق ترانزستور-ترانزستور (TTL) – عائلة من البوابات المنطقية تعتمد على الترانزستورات الوصلية ثنائية القطب (BJT).

مولد الكلمات – معدة اختبار رقمية يمكنها إنشاء أنماط رقمية لاختبار الدائرة الرقمية.

المُشغل – جزء من جهاز يحقق الحركة المادية.

العنوان – موقع جزء من البيانات أو جهاز داخل نظام الحاسوب.

التضخيم – خطوة في تكييف الإشارة تهدف إلى زيادة الإشارة بغرض معالجتها، إما بزيادة دقة الإشارة وإما بزيادة نسبة الإشارة إلى الضوضاء.

تناظري/الإشارة التناظرية – إشارة تحوي معلومات مستمرة.

اللوحة الخلفية – الهيكل المادي داخل المتحكم المنطقي القابل للبرمجة الذي يربط الوحدات المختلفة بالمتحكم. وعادةً ما تتكون من لوحة دائرة مطبوعة بها فتحات لوحدات متنوعة.

الأساس العشري (Base-10) – كل موضع رقمي يمثل قوة من العدد 10.

الأساس الست عشري (Base-16) – كل موضع رقمي يمثل قوة من العدد 16.

الأساس الثنائي (Base-2) – كل موضع رقمي يمثل قوة من العدد 2.

ثنائي/النظام الثنائي – النظام العددي الأساسي المستخدم في الحواسيب.

بت – أصغر وحدة بيانات في الحوسبة.

نقطة التوقف – نقطة يتوقف فيها البرنامج مؤقتًا للسماح للمبرمج بفحصه.

موجز العميل – ملخص لاحتياجات المستخدم أو العميل، يتضمن عادةً مشكلة تتطلب حلاً باستخدام المهارات الهندسية.

سرعة الساعة – مقياس لعدد الدورات التي تنفذها وحدة المعالجة المركزية في الثانية، وتُقاس بالهرتز (بمعنى دورة واحدة في الثانية).

المُصرِّف البرمجي (المترجم) – يترجم شفرة المصدر إلى تعليمات يمكن للحاسوب تفسيرها.

مفتاح التلامس الكهربائي – جهاز كهربائي يُستخدم لتشغيل دوائر التبديل وإيقافها.

التحكم الموزع – نظام تحكم محوسب لعمليات التصنيع يحتوي على العديد من وحدات التحكم، مثل المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة، موزعة في النظام.

المشفّر – يحول البيانات والمعلومات من صيغة لأخرى.

تجاوز الأعطال – القدرة على الانتقال إلى نظام احتياطي لمتابعة العملية.

مسرد المصطلحات

الجانب الحقلي – يشير إلى جانب العالم الخارجي من المتحكم المنطقي القابل للبرمجة الذي يتضمن المفاتيح أو أجهزة الاستشعار أو المشغلات أو الأجهزة المادية الأخرى.

التصفية – إجراء في تكييف الإشارة يحجب أو يصفي أي بيانات غير صالحة أو ضوضاء في الإشارة.

البرنامج الثابت – البرنامج الذي يسمح للأجهزة بالعمل.

التأريض – توصيل المكونات الإلكترونية بالأرض أو بنقطة مرجعية مشتركة لتوفير مسار مقاومة منخفضة وتقليل خطر الصدمات الكهربائية.

الإدخال/الإخراج (I/O) – يشير إلى المدخلات والمخرجات.

IEC – اللجنة الكهروتقنية الدولية (IEC)، وهي منظمة تنشر معايير دولية يجب على الشركات المصنعة اتباعها. على سبيل المثال، يتناول المعيار IEC 61131-3 برامج التحكم داخل المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة.

الواجهة – حد مشترك بين مكونين من مكونات النظام.

المعيار الدولي – معيار تقني وضعته منظمة دولية أو عدة منظمات دولية بغرض تحديد طريقة مشتركة لتصميم العمليات الصناعية وتشغيلها وصيانتها على مستوى العالم.

الإلكترونيات الدقيقة – دراسة الإلكترونيات الصغيرة للغاية وتصنيعها.

المعالج الدقيق – معالج حاسوبي تُدمج فيه وحدة الحوسبة الكاملة داخل شريحة أو دائرة متكاملة واحدة.

التقسيم إلى وحدات – تقسيم النظام إلى وحدات أصغر قابلة للتبديل.

نظام التشغيل – برنامج حاسوبي يدير الأجهزة والبرمجيات في الجهاز الحاسوبي.

الهوائيات/هوائي – مجال هندسي يستخدم الغاز أو الهواء تحت الضغط.

المقاوم المتغير – مقاوم قابل للتعديل يدويًا يُستخدم كجهاز إدخال.

قطع الطاقة وإعادة تشغيلها – انقطاع مصدر الطاقة واستعادته، أو إيقاف تشغيله وتشغيله مرة أخرى.

قوى الأعداد (الأسس) – عدد (الأساس) يُرفع إلى أس (القوة) للحصول على النتيجة.

الصيانة التنبؤية – صيانة استباقية تتنبأ بأعطال المعدات قبل حدوثها، ما يُمكّن العمال من إجراء أنشطة الصيانة في الوقت الأمثل لتقليل فترات التوقف.

الجانب الأساسي – الجانب ذو الجهد الأعلى الذي ينقل الطاقة في المتحكم المنطقي القابل للبرمجة، ويشمل وحدات الإدخال/الإخراج، ووحدة المعالجة المركزية، وواجهات الاتصال.

نواة المعالجة – وحدة معالجة يمكنها تنفيذ مهمة في وحدة المعالجة المركزية.

البرنامج – تعليمات برمجية قابلة للتنفيذ تُشغَّل بواسطة الحاسوب لتحديد المخرجات التي سيجري إنتاجها بناءً على المدخلات.

العالم الخارجي الحقيقي – الأجهزة الخارجية الفعلية التي يجب توصيلها فعليًا بالنظام.

المراقبة في الوقت الفعلي – تحديث بيانات الأنظمة والعمليات وتوفيرها باستمرار.

وقت التشغيل – الوقت الذي يجري فيه تشغيل البرنامج أو تنفيذه.

الجانب الثانوي أو المنطقي – الجانب ذو الجهد المنخفض والطاقة المنخفضة في المتحكم المنطقي القابل للبرمجة، ويشمل وحدات الذاكرة، وتنفيذ البرامج، وتخزين البيانات.

المستشعر – جهاز يُنتج إشارات خرج استجابةً لاستشعار كيان مادي.

شفرة المصدر – التعليمات التي تحدد ما يجب أن يفعله البرنامج الحاسوبي.

الروتين (البرنامج) الفرعي – مجموعة من التعليمات لتنفيذ مهمة محددة في برنامج حاسوبي.

المفتاح – قطعة كهربائية تكمل أو تقطع مسار الدائرة الكهربائية.

البنية اللغوية (الصياغة) – أسلوب لغة البرمجة وتنسيقها.

الذاكرة المتطايرة – ذاكرة يحتفظ بها النظام الحاسوبي فقط عندما يكون موصولًا بالطاقة.

المحاور (درجات الحرية) – عدد المفاصل المتحركة في الروبوت.

نظام الدفع – النظام الذي يحرك مفاصل الروبوت.

الطرف العامل (أدوات نهاية الذراع) – الأداة الطرفية في الروبوت التي تسمح له بالتفاعل مع قطعة العمل لتنفيذ المهام المطلوبة.

بيئة التطوير المتكاملة – تطبيق حاسوبي يسمح بعرض جوانب مختلفة من برمجة الروبوت والعمل عليها في الوقت نفسه. وقد تشمل هذه الجوانب تصميم خلية عمل الروبوت، واختيار نوع الروبوت، وكتابة البرنامج، واختبار العمليات الفردية أو الشاملة.

إشارات I/O – إشارات الدخل أو الخرج، تُستخدم للتحكم أو مراقبة أي شيء متصل بنظام الروبوت، ولكنها ليست جزءًا من الروبوت نفسه.

التحريك التدريجي – تطبيق حركة تدريجية صغيرة على الروبوت. تستخدم لنقل الطرف العامل إلى الموضع المطلوب في ظروف خاضعة للرقابة بخطوات صغيرة.

العالم الخارجي – أي شيء لا يرتبط بالروبوت مباشرة ولا يشكل جزءًا من نظام الروبوت.

الحمولة – مقدار الوزن الذي يستطيع الروبوت حمله.

لوحة الدوائر المطبوعة – لوحة ذات مسارات نحاسية تسمح بتوصيل المكونات ببعضها لتشكيل دائرة إلكترونية. يمكن وضع المكونات على وسادات على اللوحة أو إدخال أسلاك توصيل في فتحات محفورة مسبقًا. ويُستخدم لحام القصدير للحم هذه المكونات باللوحة لتشكيل التوصيل الكهربائي.

الالتقاط والوضع – حركة متكررة تتكون من التقاط الروبوت عنصرًا من منطقة ووضعه في موضع واتجاه محددين في منطقة مستهدفة.

التأرجح والالتفاف والانعراج – مصطلحات تُستخدَم لوصف حركة مفصل معصم الروبوت.

Glossary.indd 361 24/06/2025 06:47:59 ص

مسرد المصطلحات

الصيانة (الوقائية) المخطط لها – مجموعة من إجراءات الصيانة الروتينية التي يجب إجراؤها بوتيرة معينة مُخطط لها مسبقًا لتقليل وقت التوقف عن العمل والإصلاحات.

الصيانة التفاعلية أو التصحيحية – مهمة صيانة أو إصلاح محددة تُنجَز عندما لا يعمل الروبوت على النحو المقصود ويؤثر في الإنتاج.

ذراع الروبوت – يتكون الروبوت المفصلي من مفاصل لمحاكاة حركة الذراع البشرية.

تفرد الروبوت – تكوين الموضع الذي تتعطَّل فيه حركة الطرف العامل للروبوت في اتجاهات معينة. في حالة التفرد، يفقد الطرف العامل درجة واحدة أو أكثر من الحرية.

الدوران – التفاف مفصل معصم الروبوت.

الانتقال – الحركة الخطية المحققة باستخدام التأرجح والانعراج.

اللحام – عملية ضم جزأين معدنيين أو أكثر عن طريق تسخين المعادن إلى أن تذوب لتشكل معًا وصلة عندما تبرد.

مجال العمل – الفراغ ثلاثي الأبعاد الذي يحدد المدى الكامل للروبوت بما في ذلك أدواته أو ملحقاته.