المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم
إدارة المناهج والكتب المدرسية

صيانة الأجهزة المكتبية

العلوم الصناعية الخاصة والتدريب العملي

الفصل الدراسي الأول

الصف الحادي عشر

الفرع الصناعي

النّاشر

وزارة التّربية والتّعليم

إدارة المناهج والكتب المدرسيّة

يسرّ إدارة المناهج والكتب المدرسيّة استقبال ملحوظاتكم وآرائكم على هذا الكتاب على العناوين الآتية:

هاتف: 8-4117304/5 فاكس: 4637569 ص.ب: (1930) الرّمز البريديّ: 11118

أوعلى البريد الإلكترونيّ: VocSubject.Division@ moe.gov.jo

قررت وزارة التربية والتعليم تدريس هذا الكتاب في مدارس المملكة الأردنية الهاشمية جميعها، بناءً على قرار مجلس التربية والتعليم رقم (2021/24) ، تاريخ (2021/2/4) م، بدءًا من العام الدراسي (2022/2021) م.

الحقوق جميعها محفوظة لوزارة التربية والتعليم

الأردن - عمان ص.ب: (1930)

رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية
(2021/7/4062)

ISBN: 978 - 9957 - 84 - 994 - 8

لجنة التوجيه والإشراف على هذا الكتاب

أ. د. ممدوح عبد العزيز البصول	د. عبد الله ارشيد الزيود
د. زبيدة حسن أبو شويمة	م. محمد عبد اللطيف أبو رحمة
م. حمد عزات أحمرو	م. باسل محمود غضية

لجنة تأليف هذا الكتاب

م. عمر محمد عمّار	م. هشام محمود فحّار
م. حنان محمد أبو سماحة	ماجد إسحق حامد

التحرير العلمي: م. محمد عبد اللطيف أبو رحمة

التحرير اللغوي: د. خليل إبراهيم القعيسي	التحرير الفني: نرمين داود العزة
التصميم: عمر أحمد أبو عليان	الإنتاج: د. هارون عبد الجليل علي

دقق الطباعة: م. محمد عبد اللطيف أبو رحمة راجعها: م. عاهد حامد العطوي

الطبعة الأولى 1442 هـ / 2021 م

أعيدت طباعته 2022 م

قائمة المحتويات

الفصل الدراسي الأول

المقدمة			
إرشادات			
الوحدة		**الموضوع**	**الصفحة**
الوحدة الأولى: أساسيات الكهرباء	أولًا	التركيب الذري للمواد	16
	تمرين (1-1)	تعرُّف المواد الموصلة والمواد العازلة	23
	ثانيًا	لحام القصدير	25
	تمرين (1-2)	تعرُّف العدد اليدوية والمواد الأولية المستخدمة في مشغل صيانة الأجهزة المكتبية	29
	تمرين (1-3)	تعرُّف المكونات الرئيسة لمحطة اللحام والمواد المساعدة في عملية اللحام	31
	تمرين (1-4)	تعرية الأسلاك الكهربائية ووصلها	32
	تمرين (1-5)	اللحام وفكه باستخدام كاوي اللحام والشفاط	35
	ثالثًا	المصطلحات الكهربائية الأساسية (التيار، الفولتية، المقاومة، القدرة، الطاقة)	42
	تمرين (1-6)	تَعرف المفاتيح والمخارج الموجودة في جهاز الأفوميتر	56
	تمرين (1-7)	وصل أجهزة القياس في الدارات الكهربائية لقياس المتغيرات الكهربائية	57
	تمرين (1-8)	التحقق من قانون أوم وحساب القدرة والطاقة الكهربائية	60
	تمرين (1-9)	توصيل البطاريات	63
	رابعًا	المقاومة الكهربائية	66
	تمرين (1-10)	فحص صلاحية المقاومات الكهربائية	84
	تمرين (1-11)	معرفة قيمة المقاومة بدلالة الألوان	86
	تمرين (1-12)	توصيل المقاومات	88

الوحدة		الموضوع	الصفحة
	خامسًا	المواسعات الكهربائية	91
	تمرين (1-13)	تمييز المواسعات	108
	تمرين (1-14)	فحص صلاحية المواسعات	110
	تمرين (1-15)	توصيل المواسعات	112
	سادسًا	الكهرومغناطيسية والملفات والمحولات الكهربائية	115
	تمرين (1-16)	تمييز الملفات	132
	تمرين (1-17)	فحص صلاحية الملفات الكهربائية	134
	تمرين (1-18)	توصيل الملفات	137
	تمرين (1-19)	فحص المحولات الكهربائية	139
	سابعًا	مبادئ التيار المتناوب	142
	تمرين (1-20)	استخدام راسم الإشارة الكهربائية	157
	تمرين (1-21)	قياس الفولتية المتناوبة والتيار المتناوب	159
	تمرين (1-22)	قياس القيمتين العظمى الفعالة وحساب والتردد	161
	تمرين (1-23)	تعرف أشكال الموجات	163
	تمرين (1-24)	قياس الممانعة الحثيّة والسعويّة	165
الوحدة الثانية: أساسيات الإلكترونيات	أولًا:	المواد شبه الموصلة والثنائي شبه الموصل	170
	تمرين (2-1)	تمييز الثنائيات	185
	تمرين (2-2)	فحص الثنائيات	187
	تمرين (2-3)	الثنائي المشع للضوء (مبيّن الإشارة)	192
	تمرين (2-4)	الثنائي الضوئي	195
	ثانيًا:	دارات تقويم التيار باستخدام الثنائيات	198
	تمرين (2-5)	دارة تقويم نصف الموجّة باستخدام الثنائي	210
	تمرين (2-6)	دارة تقويم موجّة كاملة باستخدام محول ذي نقطة الوسط	213
	تمرين (2-7)	دارة تقويم موجّة كاملة (القنطرة)	216
	تمرين (2-8)	دارة تقويم موجّة كاملة مع دارة تنعيم	220
	تمرين (2-9)	بناء دارة مثبت فولتية باستخدام ثنائي زينر	224

	ثالثًا:	الترانزستورات	229
	تمرين (2-10)	تعرف أنواع الترانزستورات	242
	تمرين (2-11)	فحص الترانزستورات وتحديد أطرافها	244
	تمرين (2-12)	استخدام ترانزستور ثنائي القطبية كمفتاح	249
	تمرين (2-13)	بناء دارة تحكم باستخدام الترانزستور الضوئي	253
	تمرين (2-14)	بناء دارة مضخم الباعث المشترك	255
	رابعًا:	الدارات المتكاملة والبوابات المنطقية	259
	تمرين (2-15)	تعرف الدارات المتكاملة وفحصها	270
	تمرين (2-16)	بناء دارة فلاش ضوئي باستخدام الدارات المتكاملة	272
	تمرين (2-17)	بناء بوابة «و» (AND) باستخدام المفاتيح	274
	تمرين (2-18)	بناء بوابة «أو» (OR) باستخدام المفاتيح	276
	تمرين (2-19)	بناء بوابة «لا» (NOT) باستخدام المفاتيح	278
	تمرين (2-20)	بناء بوابة «أو» (OR) باستخدام الثنائيات	280
	تمرين (2-21)	بناء بوابة «و» (AND) باستخدام البوابات المنطقية المتكاملة	282
	مسرد المصطلحات		285

منهاجي
منصة التعليم الهادف

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

جاء إعداد هذا الكتاب وفقًا لمنهاج العلوم الصناعية الخاصة والتدريب العملي المقررة للفصلين الأول والثاني لتخصص صيانة الأجهزة المكتبية، الذي حاولنا فيه ترجمة أهداف المنهاج، ووضع المحتوى التعليمي المناسب لطلبة الصف، معتمدًا دورة التعلم الخماسي (منهجية 5E's) للتأليف، ومتماشيًا مع التوجهات التطويرية التي تنتهجها وزارة التربية والتعليم لمواكبة تطورات العلم ومعطيات المعرفة، بما يخدم سوق العمل ويلبي حاجاته، وانسجامًا مع إستراتيجية حكومة المملكة الأردنية الهاشمية الرشيدة، التي تسعى إلى دعم التوجه إلى التعليم المهني بفروعه المختلفة، وخصوصًا التعليم الصناعي وتزويد طلبتنا في التعليم الصناعي، بمهارات وكفايات تمكنهم من دخول سوق العمل، والمنافسة في مجتمع المعرفة الذي يتطلع إلى حول الحصول على المعرفة والمشاركة فيها وتوظيفها بهدف تحسين نوعية حياة الفرد، والتكيف مع سوق العمل، ومواكبة مستجداته بكل ثقة وأمان.

اشتمل الكتاب على وحدتين دراسيتين في أسس الكهرباء، وأسس الإلكترونيات للفصل الدراسي الأول:

تبحث الوحدة الأولى في المبادئ الأساسية في الكهرباء، ويتم عن طريقها تعريف الطالب المكونات الأساسية للدارة الكهربائية، ومناقشة المفاهيم الأساسية والقوانين التي تحكم علاقتها في الدارة الكهربائية.

تبحث في أجهزة القياس الكهربائية والآلات الكهربائية، مثل المحول الكهربائي بوصفه عنصرًا رئيسًا في نقل الطاقة الكهربائية وتوزيعها واستعمالها، وكذلك المحركات الكهربائية وتطبيقاتها وأنواعها.

أما الوحدة الثانية، فتبحث في أساسيات الإلكترونيات بصورة مبسطة، والعناصر الفاعلة في الدارات الإلكترونية كالثنائيات شبه الموصلة، والترانزستورات، والثايرستورات، والدارات المتكاملة، والبوابات المنطقية.

بينما اشتمل الفصل الدراسي الثاني للكتاب على أربع وحدات دراسية:

تبحث الوحدة الأولى في أجهزة الحماية والتحكم، وعناصر التحكم، والحماية الأساسية (المرحلات، والمفاتيح، والقواطع، والملامسات، والمصهرات) وتركيب المحركات الكهربائية المستخدمة في الأجهزة المكتبية، ودارات التحكم، والحماية المستخدمة في تشغيل هذه المحركات .

أما الوحدة الثانية، فتبحث في نقل الحركة، وآليات نقل الحركة، وطرائق نقل الحركة المرنة باستخدام السيور والسلاسل، وتطبيقاتها، وغير المرن باستخدام الاحتكاك، والمسننات، وتطبيقاتها، واستخدام التروس، والحدبات، والتوابع والقارنات، والقوابض.

في حين تبحث الوحدتان الثالثة والرابعة في التطبيق على أرض الواقع للوحدات السابقة جميعها من أساسيات الكهرباء، والإلكترونيات لأجهزة الحماية والتحكم ونواقل الحركة الموجودة في الأجهزة المكتبية البسيطة كآلات إتلاف الوثائق والآت تثقيب ولجميع الوثائق وتجميعها وآلات تجليد الوثائق .

وتبدأ كل وحدة بمقدمة تحوي الأهداف التي يتوقع من الطالب تحقيقها بعد نهاية الوحدة، لتوجيه اهتمام

المعلم والطالب مسبقًا إلى النواتج التعليمية المرغوبة، كما احتوت كل وحدة النشاطات التي تحفز الطالب إلى البحث والتقصي حسب دورة التعلم الخماسي (منهجية 5E's)، وكذلك احتوت الأسئلة والمهارات المناسبة للمعلومات الواردة في كل وحدة والتقويم الذاتي، ووضع في آخر الكتاب مسرد المفاهيم والمصطلحات باللغة الإنجليزية؛ لتسهيل مهمة الطالب الذي يطالع مراجع اللغة الإنجليزية، والطالب الذي يلتحق بالتعليم الجامعي، كما التزم الكتاب الوحدات المستخدمة في النظام الدولي للوحدات.

نرجو أن نكون قد وفقنا في تقديم أساسيات علم الصناعة لطلبة تخصص الأجهزة المكتبية تقديمًا مناسبًا.

والله ولي التوفيق

المؤلفون

إرشادات
الإرشادات الخاصة بالسلامة والصحة المهنية

1- استخدم ملابس ووسائل الأمن والسلامة المناسبة للعمل.

2- تعرّف مكان خزانة الإسعافات الأولية في المشغل.

3- اهتم باللوحات الإرشادية الموجودة في المشغل.

4- طبق الإرشادات الخاصة بتشغيل الآلات والمعدات حسب تعليمات الشركة الصانعة أو حسب ما هو مبين على لوحة الإرشادات الموضوعة على الآلة.

5- استمع لتعليمات المدرب جيدًا.

6- كن حاضر الذهن قبل القيام بالأعمال الكهربائية.

7- تأكد من حالات الأجهزة قبل العمل على أي منها، وتعرّف مصادر الأخطار المحتملة.

8- كن حذرًا ولا تعتمد على أجهزة الأمان للحماية فقط، لأنها قد تفشل في الحماية.

9- تأكد من تأريض الأجهزة لأن التأريض الوقائي مهم جدًّا لكيلا تتعرض لصدمة كهربائية.

10- اعمل على طاولة عمل مرتبة.

11- اعمل على أرضية معزولة أو جافة ولا تعمل على أرضيات رطبة.

12- نفذ العمل بيد واحدة قدر الإمكان في أثناء توصيل التيار الكهربائي.

13- لا تتحدث مع أي أحد في أثناء العمل إلا في إطار العمل وفي الوقت المناسب.

14- بهدوء في أثناء العمل وخصوصًا حول الدارات الكهربائية المغذاة بالتيار الكهربائي.

15- لا تعرض نفسك أو زميلك لأي نوع من أنواع الصعقات الكهربائية.

16- لا تشتت انتباه زميلك الذي يقوم بعمل خطير بأي وسيلة.

الإرشادات الخاصة باستخدام الأجهزة والمعدات

1- اقرأ كُتيبات التشغيل الخاصة بالأجهزة والآلات المتوافرة في المشغل، الواردة من الشركات الصانعة، وتعرّف خصائصها وطريقة عملها.

2- ارجع إلى كُتيبات الصيانة الخاصة بالأجهزة والآلات المتوافرة في المشغل؛ لتحديد خطوات العمل لكل تمرين وفقًا لنوع الجهاز والتمرين.

3- تذكر أن التمرينات العملية الواردة في الكتاب يمكن تنفيذها على أنواع مختلفة من الأجهزة والآلات، وأن خطوات العمل المبينة في الكتاب وجدت للاسترشاد بها، وقد تختلف حسب نوع الجهاز آو الآلة المستخدمة في التمرين.

4- تقيد بالإرشادات الخاصة بكل تمرين للمحافظة على سلامتك وسلامة الأجهزة.

5- احذر لمس الأجزاء المتحركة في أثناء إجراء الصيانة للأجهزة والمعدات.

6- تجنب وضع العدد ومواد التنظيف على الطابعات والطاولة الزجاجية للماسح الضوئي أو بالقرب منها.

7- تحقق من توافر قطع الغيار المستخدمة في الصيانة ومطابقتها للمواصفات.

8- تجنب لمس الأسطوانة الحساسة للضوء باليد، وتعريضها لأشعة الشمس المباشرة.

9- تجنب لمس أجزاء الدارات الكهربائية والإلكترونية بيدك في أثناء تنفيذ التمرينات، وخصوصًا عند العمل على فولتيات عالية، لحماية هذه الدارات من العطب، ولحمايتك من أخطار التعرض للصدمة الكهربائية.

10- اضبط مؤشر جهاز الأوميتر على الصفر قبل استخدامه لقياس المقاومة، وأعد عملية ضبط الصفر كلما غيّرت مدى القياس.

11- انتق نوع القياس ومداه قبل البدء بعملية القياس، وتأكد من أن مدى القياس الذي تختاره أكبر من القيمة المراد قياسها.

12- تحقق عند استخدامك جهاز القياس من أنه موضوع في الوضعية الصحيحة حسب كُتيب التشغيل (أفقي، عمودي، مائل بزاوية).

13- صل الأفوميتر على التوازي بالحمل المراد قياس الفولتية بين طرفيه، أما في حالة قياس التيار المار في مقاومة مثلًا، فصل الأميتر بها على التوالي.

14- تحقق من قيمة الفولتية لمصدر الفولتية قبل وصله بالدارة.

15- افصل مصدر فولتية عن الدارة قبل فكها.

16- احرص على عدم إغلاق فتحات التهوية الخاصة بالأجهزة.

17- أبعد الأشياء غير الضرورية عن طاولة العمل.

18- اتبع الطريقة الأدائية في تنفيذ التمرينات العملية في المشغل، إذ تساعد هذه الطريقة على اكتساب المهارة بيسر وفاعلية، وتتلخص في الخطوات الآتية:

أ - تقديم المشاهدة العملية أمام الطلبة وفقًا للشروط التي يضعها المعلم.

ب- محاكاة أداة المعلم من قبل الطلبة، ومشاركة الطلبة في تقويم الأداء وتصويبه.

جـ- ممارسة الطلبة للتمرينات المتضمنة، ومتابعة المعلم، وتكرار الممارسة النهائية لاكتساب المهارة.

19- قوّم الأداء النهائي للتمارين عن طريق الإجراءات التي تراعي أسلوب الأداء الذي يشمل: اختيار أدوات العمل واستخدامها بصورة سليمة، ومراعاة إجراءات السلامة والصحة المهنية، ومنهجية خطوات الأداء وتسلسلها، وكذلك تقويم عمل الدارة (المنتج النهائي) والزمن المستغرق في الأداء.

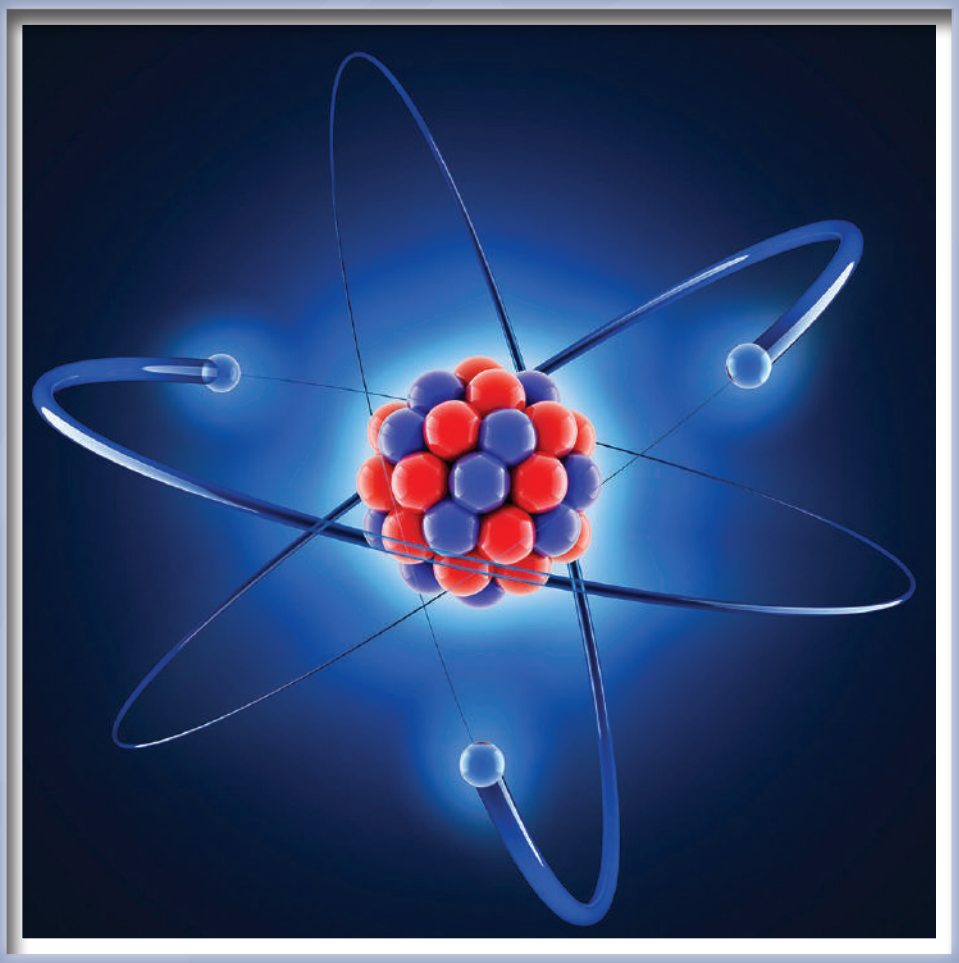
20- أجر التمرينات الواردة، ثم اكتب التقرير الخاص بكل منها بعد إجرائه، واعرضه على المعلم لتقويمه.

21- إعادة ترتيب مكان العمل بعد الانتهاء من تنفيذ التمارين.

22- العمل بروح الفريق.

الوحدة الأولى

أساسيات الكهرباء



- ما أهمية الكهرباء في حياتنا؟
- كيف تنتج الكهرباء؟

عرف الإنسان الكهرباء واستخدامها منذ مئتي عام، ولم يتمكن المهندسون من تطبيق علم الكهرباء في الحقل الصناعي والاستخدامات السكنية إلا في أواخر القرن التاسع عشر. وقد أدى التقدم السريع في تكنولوجيا الكهرباء في ذلك الوقت إلى إحداث تغييرات في المجال الصناعي وفي المجتمع أيضًا. كما أن الاستخدامات المتعددة والمذهلة للكهرباء مصدرًا من مصادر الطاقة أظهرت إمكانية استخدامها في عدد كبير من التطبيقات، مثل: المواصلات، والتدفئة، والإضاءة، والاتصالات. فأساس المجتمع الصناعي الحديث يعتمد على استخدام الطاقة الكهربائية؛ لذا لابد من دراسة المبادئ الأساسية في الكهرباء والدارات الكهربائية وقوانينها.

تبحث هذه الوحدة في المبادئ الأساسية للكهرباء من حيث التركيب الذري للمواد، وتصنيفها إلى مواد موصلة وشبه موصلة وعازلة، ومفهوم الفولتية والتيار الكهربائي المستمر والتيار المتناوب، إضافة إلى المقاومات الكهربائية والمواسعات، والملفات وأنواعها وطرائق توصيلها، كما تبحث في مصادر التيار المستمر والمتناوب، والمحولات الكهربائية وصولًا إلى دراسة مكونات الدارة الكهربائية، وحساب متغيراتها المختلفة.

ويتوقع منك بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- تتعرف مفهوم التيار المستمر ومصادره واستخداماته.
- تتعرف مفهوم المصطلحات الكهربائية (المقاومة والتيار والفولتية).
- تميز بين المواد الموصلة والعازلة وشبه الموصلة.
- تميز بين أنواع المقاومات (الكربونية والسلكية والخاصة).
- تتعرف العوامل المؤثرة في اختيار المقاومات الكهربائية.
- تتعرف طرائق توصيل المقاومات (توالي، توازي، مركب) وتحسب المقاومة المكافئة.
- تحسب المتغيرات في الدارة الكهربائية الأساسية باستخدام قانون أوم.
- تتعرف مفهوم القدرة والطاقة الكهربائية.
- تتعرف المواسعات الكهربائية: أنواعها، وخصائصها وطرائق توصيلها.
- تحسب السعة الكلية للمواسعات.
- تتعرف مفهوم التيار المتناوب ومفهوم التردد وأشكال الموجات.
- تتعرف أنواع الملفات الكهربائية وخصائصها.
- تتعرف تركيب المحولات الكهربائية.
- تتعرف تركيب المحركات الكهربائية المستخدمة في الأجهزة المكتبية وأنواعها.
- تضبط جهاز الأفوميتر لقياس المتغيرات الكهربائية الأساسية (المقاومة والتيار، والفولتية).

- تقيس مقاومة المواد الموصلة والعازلة باستخدام جهاز الأفوميتر (الأوممیتر).
- تقيس قيم مقاومات مختلفة باستخدام (الأوممیتر)، وتقارنها بالقيم المقروءة عبر الألوان.
- توصل مجموعة من المقاومات (التوالي والتوازي والمركب) وتقيس المقاومة المكافئة لها.
- تقيس قيم التيار وفرق الجهد في دارة كهربائية بسيطة باستخدام الأفوميتر.
- تتحقق من قانون أوم و قانون القدرة.
- تفحص مجموعة من المواسعات وتقيس سعتها.
- توصل مجموعة من المواسعات على (التوالي والتوازي والمركب) وتقيس السعة الكلية.
- تقيس القيمة الفعالة للموجة الجيبية باستخدام الأفوميتر.
- تقيس القيمة العظمى والتردد للموجة الجيبية باستخدام جهاز راسم الإشارة ومولد الإشارة.
- تحدد أشكال الموجات المتناوبة باستخدام جهاز راسم الإشارة ومولد الإشارة .
- تفحص مجموعة من الملفات.
- تقيس حث الملفات.
- توصل مجموعة من الملفات على (التوالي والتوازي والمركب) وتقيس المقاومة والحثية المكافئة لها.
- تفحص مجموعة من المحولات.
- توصل محولًا كهربائيًّا في دارات كهربائية وتقيس فولتيات الدخل والخرج وتياراتهما.

أولًا: التركيب الذرّي للمواد

النتاجات

يُتوقّع منك بعد دراسة هذا الدرس أن:

تتعرف التركيب الذري للمادة.

تحدد العلاقة بين التركيب الذري للمادة والكهرباء.

تميز بين المواد من حيث موصليتها للتيار الكهربائى.

انظر وتساءل

- هل سبق أن شعرت برعشة صغيرة في جسمك نتيجة لملامستك مقبض الباب المعدني المدبب؟ كما في الشكل (1-1).
- هل كانت قدماك ملامستين للأرض مباشرة دون وجود أي عازل؟

الشكل (1-1): أثر الكهرباء الساكنة.

استكشف

- ناقش زملاءك في المجموعة، في سبب مرور شحنات الكهرباء عبر أجسامنا إذا لامسنا سطحًا مشحونًا بالكهرباء. لماذا تختلف المواد من حيث موصليتها للتيار الكهربائي؟

اقرأ وتعلّم

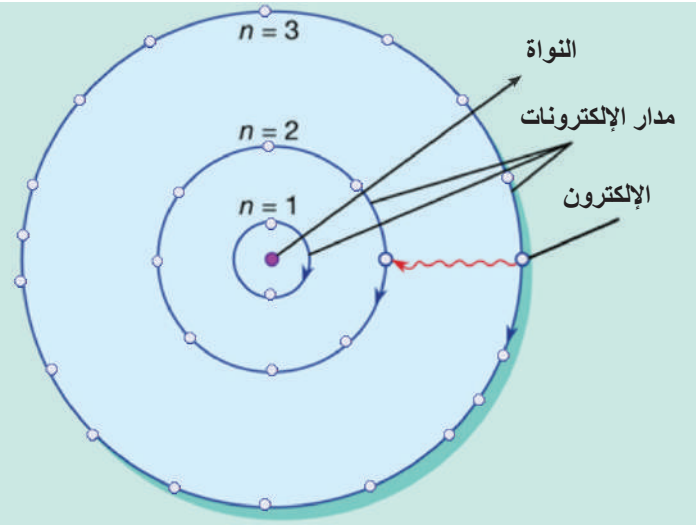
في الحالة الطبيعية تكون الذرة متعادلة الشحنة لاحتوائها أعدادًا متساوية من البروتونات والإلكترونات. ولكن، إذا فقدت الذرة إلكترونًا أو أكثر، فإنها تصبح موجبة الشحنة بمقدار ما فقدت من إلكترونات، وتسمى أيونًا موجبًا. أما إذا اكتسبت الذرة إلكترونًا أو أكثر، فإنها تصبح سالبة الشحنة بمقدار ما اكتسبت من إلكترونات، وتسمى في هذه الحالة أيونًا سالبًا.

توجد الإلكترونات حول النواة في مدارات دائرية مختلفة، يتحدد عددها بالعدد الكلي للإلكترونات الموجودة حول النواة، كما أن لكل مدار سعة قصوى تحدد حسب العلاقة الآتية:

السعة القصوى للمدار $= (2n^2)$ علمًا أن (n) رقم المدار.

فالسعة القصوى للمدار الأول هي إلكترونان، وللثاني ثمانية، وللثالث ثمانية عشر إلكترونًا، وهكذا، مراعين أن المدار الأخير للذرة قد يحتوي إلكترونات أقل من سعته القصوى. ويبين الشكل (3-1) مدارات الإلكترونات حول النواة.

منهاجي
متعة التعليم الهادف



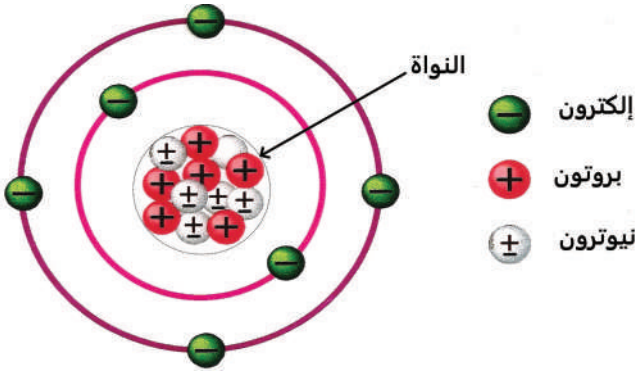
الشكل (1-3): سعة مدارات الإلكترونات حول النواة.

درست في مبحث العلوم في صفوف سابقة أن المادة تتكون من وحدات بناء أساسية تسمى الذرات، وأن هذه الذرات تتجمع في الطبيعة على شكل جزئيات. كما درست أيضًا أن ذرات المادة الواحدة ترتبط مع بعضها بقوة تسمى قوة التماسك، وهي التي تحدد حالة المادة من حيث كونها صلبة أو سائلة أو غازية.

درست كذلك أن المادة تتكون من وحدات بناء أساسية، تسمى الذرات وأن هذه الذرات تتجمع في الطبيعة جزئيات، وأن ذرات المادة الواحدة ترتبط مع بعضها بقوة تسمى قوة التماسك، وهي التي تحدد حالة المادة من حيث كونها صلبة أو سائلة أو غازية.

وتتكون الذرة كما في الشكل (1-2) من:

- البروتونات: توجد في نواة الذرة، وهي مشحونة بشحنة موجبة.
- النيوترونات: توجد في نواة الذرة، وهي لا تحتوي أي شحنة (أي أنها متعادلة).
- الإلكترونات: وتتوزع حول نواة الذرة، في مدارات (أفلاك) وهي مشحونة بشحنة سالبة وعددها مساوٍ لعدد البروتونات وتحمل شحنة سالبة.



الشكل (1-2): التركيب الذري للمادة.

وقد جرب معظمنا احتكاك المشط البلاستيكي بقطعة من الصوف، وأن هناك كهرباء ساكنة تولدت من هذا الاحتكاك، ونتج من ذلك انجذاب قصاصات من الورق.

غالبًا تتراكم شحنات الكهربائية على أنواع معينة من الأسطح المعدنية والمدببة والأقمشة الصوفية التي تحتوي ملايين الذرات المكونة من جزيئات موجبة (البروتونات) بعدد متوافق مع عدد الجزيئات السالبة (الإلكترونات)، التي تدور في مدارات حول النواة، ولكن، تفقد الذرة عددًا من الإلكترونات نتيجة احتكاكها بسطح ما فتفقد توافقها، ويظهر ذلك على هيئة شحنات كهربائية سالبة. توجد الكهرباء الساكنة في جسم الإنسان، وقد لا نشعر بها في معظم الأحيان، لكن، في ظروف معينة تظهر هذه الشحنات عند التقاء الأيدي في السلام، وتحدث الشرارة التي تجعل الآخر يسحب يده بسرعة، وقد نشعر بصعقة كهربائية صغيرة أو رعشة عند ملامسة أيدينا مقبض الباب المعدني المدبب الذي تتراكم على سطحه الشحنات الكهربائية، فتسري هذه الشحنات عبر أجسامنا غير المعزولة عن الأرض.

مثال (1)

ما السعة القصوى للمدارات الأول والثاني والثالث؟

الحل: السعة القصوى للمدار $= (2n^2)$ علمًا أن (n) رقم المدار

السعة القصوى للمدار الأول $= 2\times1^2 = 2$ إلكترون.

السعة القصوى للمدار الثاني $= 2\times2^2 = 8$ إلكترونات.

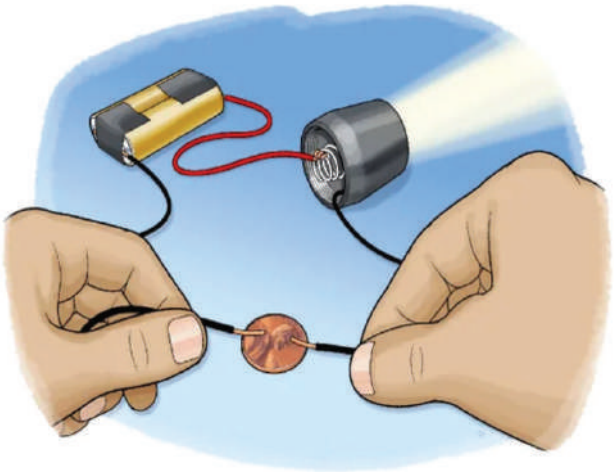
السعة القصوى للمدار الثالث $= 2\times3^2 = 18$ إلكترونًا.

فكّر: هل هناك علاقة بين عدد إلكترونات المدار الأخير لذرة عنصر النحاس Cu، ودرجة التوصيل الكهربائي له؟

توجد قوى تجاذب كهربائي بين الشحنات الموجبة الموجودة في نواة الذرة وبين الإلكترونات التي تدور حول النواة، بحيث تعادل هذه القوى قوة مركزية ناتجة من دوران الإلكترونات حول النواة. فتكون قوة ارتباط الإلكترونات بالذرة قليلة كلما كانت هذه الإلكترونات بعيدة عن النواة، وبناء على هذا، فإن قدرًا قليلًا من الطاقة يكفي لتحرير الإلكترونات البعيدة، الذي يمكن الحصول عليه من حرارة الغرفة. والإلكترونات المتحررة التي تتحرك عشوائيًّا داخل المادة تسمى الإلكترونات الحرة. فالتوصيل الكهربائي للمادة يعتمد على عدد الإلكترونات الحرة الموجودة فيها، وبناء على ذلك، تقسم المواد من حيث توصيلها الكهربائي ثلاثة أنواع، هي:

1- المواد الموصلة (Conductive Materials)

هي مواد تمرر التيار الكهربائي من خلالها، وتحتوي عددًا كبيرًا من الإلكترونات الحرة؛ لذا كلما زاد عدد الإلكترونات الحرة في المعدن، زادت موصليته للكهرباء، ومثال على ذلك المواد المعدنية كالذهب، والفضة، والنحاس، والألمنيوم، والتنجستون، والنيكل، والحديد. ويمثل الشكل (1-4) صورة لقطعة معدنية من الحديد والنحاس.



الشكل (1-4): المواد الموصلة.

2- المواد شبه الموصلة (Semi – conductive Materials)

هي مواد متوسطة بين المواد الموصلة والمواد العازلة من حيث عدد الإلكترونات الحرة في ذراتها، فتصبح هذه المواد موصلة وتسمح بسريان التيار الكهربائي من خلالها عندما تزيد درجة حرارتها عن الصفر المطلق، مثل مادة السيليكون والجرمانيوم. كما في الشكل (1-5).

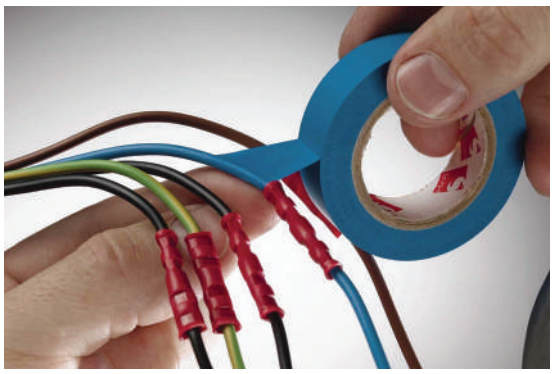
(أ) الجرمانيوم

(ب) السيليكون

الشكل (1-5): المواد شبه الموصلة.

3- المواد العازلة: (Insulating Materials)

هي مواد لا تسمح بمرور التيار الكهربائي من خلالها، وهذا يعود إلى مقاومتها العالية، ومن الأمثلة على هذه المواد: (المطاط والبلاستيك، والهواء، والخشب، والزجاج) كما في الشكل (1-6).



الشكل (1-6): المواد العازلة.

تذكر

تعتمد موصلية المواد للتيار الكهربائي على عدد الإلكترونات الحرة في المادة، فكلما زاد عدد الإلكترونات الحرة، زادت الموصلية.

قارن بين عدّة مواد موجودة في مشغلك من حيث موصليتها للكهرباء، أنشئ جدولًا يوضح ذلك واذكر سبب تصنيف كل مادة.

القياس والتقويم

1- اختر رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:

(1) النيوترونات من مكونات الذرة، وشحنتها:

أ - موجبة　　ب- سالبة

جـ- متعادلة　　د - معتمدة على نوع المادة

(2) من المواد العازلة:

أ - النحاس　　ب- الجرمانيوم

جـ- الفضة　　د - البكاليت

2- اذكر مكونات الذرة الرئيسة، وحدد شحنة كل منها.

3 - لماذا تُغطى مقابض المفكات وغيرها من الأدوات الكهربائية بالمطاط أو البلاستيك؟

4- ما العدد الأقصى للإلكترونات في المدارات الآتية لذرة اليورانيوم؟

أ- الثاني　　ب - الرابع　　جـ- الخامس

5- علل: يحتاج تحرير إلكترون من المدار الرابع للذرة إلى طاقة أقل من تلك اللازمة لتحرير إلكترون من المدار الثالث لها.

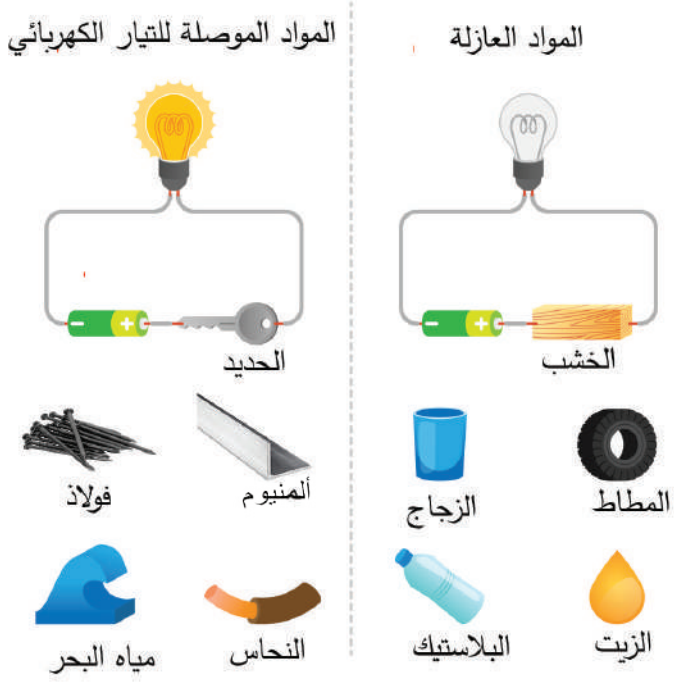
6 - تُصنف المواد في الطبيعة من حيث موصليتها للكهرباء إلى ثلاثة أنواع. اذكرها.

تمرين: (1-1) تعرُّف المواد الموصلة والمواد العازلة

يُتوقع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تميز المواد الموصلة للتيار الكهربائي والمواد العازلة له.

متطلبات تنفيذ التمرين	
التجهيزات (الأدوات)	**المواد الأولية**
- بطاريات. - مصباح كهربائي. - مواد موصلة للتيار الكهربائي - مواد غير موصلة للتيار الكهربائي	- أسلاك التوصيل.

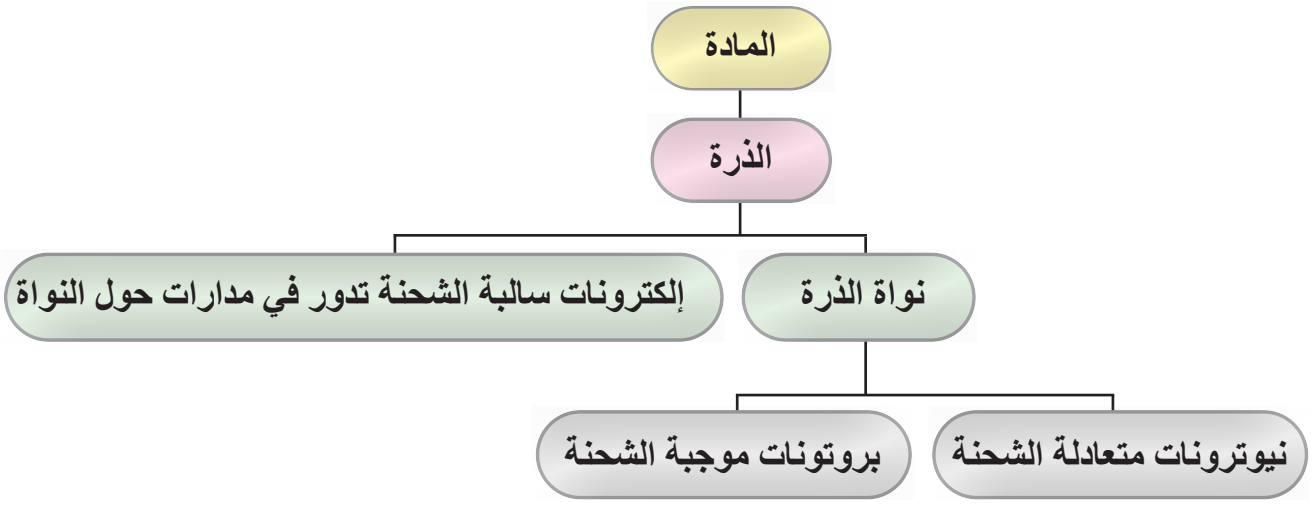
خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1- أحضر مصباحًا كهربائيًّا وبطارية وأسلاكًا، ثم صِلِ الدارة كما هو مبين في الشكل المجاور. 2- لاحظ إضاءة المصباح عند وصل الدارة بالمواد المختلفة، ثم دَوِّن ملاحظاتك في الجدول.	

نوع المادة المستخدمة	إضاءة المصباح
الخشب	
المطاط	
الزجاج	
البلاستيك	
الحديد	
الألمنيوم	
النحاس	
الفولاذ	

التقويم الذاتي (النقاط الحاكمة)

الرقم	خطوات الأداء	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	أميّز بين المواد من حيث موصليتها.			
2	أذكر أسماء بعض المواد الموصلة والعازلة ومواد شبة موصلة.			

الخرائط المفاهيمية



ثانيًا: لحام القصدير

النتاجات

يُتوقّع منك بعد دراسة هذا الدرس أن:

تتعرّف مفهوم اللحام.

تتعرّف الأدوات والمواد اللازمة للحام.

تستخدم كاوي اللحام الكهربائية لإجراء عمليات اللحام القصدير.

تحدّد عيوب اللحام.

تعليمات السلامة العامة

- استخدم قفافيز الوقاية من الحرارة.
- احرص على ارتداء نظارات السلامة، والانتباه إلى حماية الملابس والشعر.
- احذر من لمس رأس كاوي اللحام الساخنة وقصدير اللحام المنصهر.
- اضبط درجة حرارة كاوي اللحام عند درجة حرارة متوسطة.
- يجب أن يكون العمل في منطقة جيدة التهوية؛ لأن الأبخرة الصادرة من كاوي اللحام يمكن أن تسبب حدوث تلف في الرئتين عند استنشاقها.

انظر وتساءل

- انظر إلى الشكل المجاور (1-7)، ماذا يحمل هذا الرجل في يده؟ وما الذي ينوي عمله باعتقادك؟

الشكل (1-7): استخدام كاوي اللحام

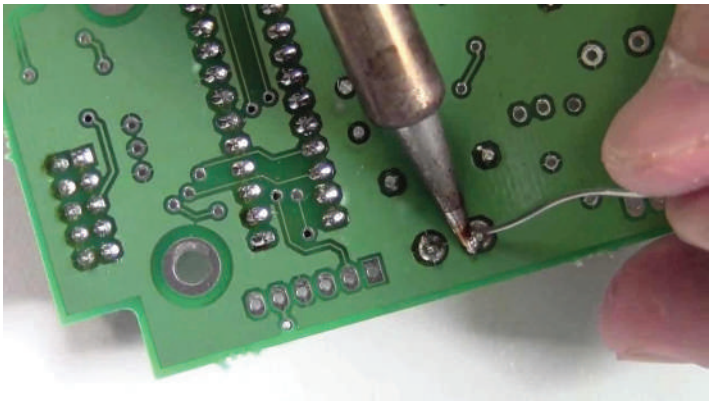
استكشف

- قبل البدء بخطوات اللحام، ما الأدوات والمواد اللازمة لعملية اللحام بالقصدير؟ وما محطة اللحام (Soldering Station)؟

اقرأ وتعلّم

يُعد إتقان مهارة لحام الأسلاك والعناصر الكهربائية والإلكترونية بالقصدير من أهم المهارات الأساسية التي يجب على العاملين في مجال الإلكترونيات والكهرباء إتقانها؛ لكي يتمكنوا من تصليح الأجهزة وصيانتها.

اللحام بالقصدير هو عملية ربط القطع أو العناصر الكهربائية والإلكترونية ببعضها البعض، وذلك عبر إذابة سلك القصدير على شكل سلك رفيع باستخدام كاوي لحام عند درجة حرارة 190 مئوية. ويغطي الأجزاء المراد لحامها، ثم يبرد بسرعة ويتجمد، ما يؤمن عملية الربط والتوصيل الجيد، وهكذا تحصل عملية اللحام. كما في الشكل (1-8). ويستخدم معدن القصدير في عملية اللحام هذه؛ لأنه يتصف باللين والمرونة في أثناء صهره بالكاوي وكذلك بالمتانة والصلابة عندما يبرد، وهو موصل جيد للتيار الكهربائي.



الشكل (1-8): استخدام كاوي اللحام مع سلك من القصدير في لحام نقاط التوصيل.

يبين الشكل (1-9) المكونات الرئيسة لمحطة اللحام التقليدية، ويوضح الجدول (1-1) وصف المكونات الرئيسة لمحطة اللحام التقليدية ووظيفتها وكذلك المواد المساعدة في عملية اللحام.

الشكل (1-9): المكونات الرئيسة لمحطة اللحام التقليدية.

الجدول (1-1): وصف المكونات الرئيسة لمحطة اللحام التقليدية ووظيفتها وكذلك المواد المساعدة في عملية اللحام.

الرقم	المكون	الوصف والوظيفة
1	كاوي اللحام	أداة كهربائية حرارية، تصهر سلك القصدير للحام العناصر الإلكترونية المختلفة.
2	بكرة لحام من (القصدير)	بكرة تحوي سلك اللحام الذي يستخدم من أجل وصل معدنين ببعضهما والسلك مصنوع من القصدير وأحيانًا يحتوي نسبة من الرصاص.
3	موضع كاوي اللحام	الجزء المخصص لوضع كاوي اللحام يؤمن وضع كاوي اللحام بصورة آمنة لحين وصوله إلى درجة الحرارة المناسبة للحام.
4	شفاط اللحام	يستخدم في شفط القصدير في أثناء فك القطع الإلكترونية.
5	وحدة التحكم في درجة الحرارة	تتحكم في درجة الحرارة التي سيصل إليها كاوي اللحام، وهو ما يعطي المستخدم خياراتٍ واسعة لتأمين أفضل درجة حرارة لحام في أثناء العمل.
6	الإسفنجة النحاسية	يتعرض رأس كاوي اللحام للأكسدة، ويتحول إلى اللون الأسود، ولا يلصق عليه القصدير، فتستخدم الإسفنجة النحاسية في تنظيف الرأس من الشوائب العالقة.
7	رؤوس كاوي اللحام	تتوافر رؤوس مختلفة لكاوي اللحام بأشكال وأحجام مختلفة لتتناسب والمكونات الإلكترونية كلها ومساحة منطقة اللحام.
8	مادة شمعية (مساعدة للصهر) (Flux)	مادة دهنية تساعد على صهر القصدير وإذابة الأكاسيد الموجودة على سطح اللحام، وتعمل حاجزًا للأكسجين عن طريق طلاء السطح الساخن، وتمنع الأكسدة.

استعن بالمواقع الإلكترونية العلمية والمكتبات، لتكتب تقريرًا عن تكنولوجيا لحام العناصر الإلكترونية الحديثة مثل: محطة الهواء الساخن (Heat Gun Station).

1- اذكر وصف المكونات الرئيسة الآتية ووظائفها لمحطة اللحام التقليدية، وكذلك المواد المساعدة في عملية اللحام:

الرقم	المكون	الوصف والوظيفة
1	كاوي اللحام	
2	سلك اللحام (القصدير)	
3	شفاط اللحام	
4	الإسفنجة النحاسية	
5	مادة شمعية مساعدة للحام	

2- ما مواصفات وصلة اللحام الجيدة؟

3- اذكر خطوات لحام العناصر الإلكترونية.

4- ما أبرز عيوب لحام القصدير؟

تمرين: (1-2)

تعرُّف العدد اليدوية والمواد الأولية المستخدمة في مشغل الأجهزة المكتبية

يُتوقع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تتعرف العدد اليدوية والمواد الأولية المستخدمة في مشغل صيانة الأجهزة المكتبية.
- تحدد استخدام كل قطعة من العدد اليدوية المستخدمة في مجال صيانة الأجهزة المكتبية.

متطلبات تنفيذ التمرين	
التجهيزات (الأدوات)	**المواد الأولية**
العدد اليدوية المتوافرة في المشغل	- المواد الأولية (المستهلكة) المتوافرة في المشغل

خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية

1- تفقد العدد اليدوية المتوافرة في المشغل والمبينة في الشكل (1).

2- حّدد استخدام كل من العدد اليدوية المبينة في الشكل (1).

3- املأ الجدول الآتي بكتابة العدد اليدوية ووظائفها المبينة في الشكل (1).

اسم الأداة	وظيفة الأداة واستخدامها	المواصفات الفنية

الشكل (1)

1- تفقد المواد الأولية (المستهلكة) المتوافرة في المشغل المبينة في الشكل (2).

2- حّدد استخدام كل من المواد الأولية (المستهلكة) المبينة في الشكل (2).

3- املأ الجدول الآتي بكتابة المواد الأولية ووظائفها (المستهلكة) المبينة في الشكل (2).

اسم المادة الأولية (المستهلكة)	وظيفة المادة الأولية واستخدامها	المواصفات الفنية

الشكل (2)

تمرين: (1-3)

تعرُّف المكونات الرئيسة لمحطة اللحام والمواد المساعدة في عملية اللحام

يُتوقع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تتعرف المكونات الرئيسة لمحطة اللحام والمواد المساعدة في عملية اللحام.
- تحدد استخدام كل قطعة من المكونات الرئيسة لمحطة اللحام والمواد المساعدة في عملية اللحام.

متطلبات تنفيذ التمرين	
التجهيزات (الأدوات)	**المواد الأولية**
- محطة اللحام والمواد المساعدة في عملية اللحام	- المواد الأولية المستخدمة في عملية اللحام

خطوات الأداء	**الرسومات التوضيحية**

1- تفقد المكونات الرئيسة لمحطة اللحام والمواد المساعدة في عملية اللحام كما في الشكل المجاور.

2- حّدد استخدام هذه المكونات.

3- املأ الجدول الآتي بكتابة اسم المكون كما في الشكل المجاور.

اسم المكون	وظيفة المكون واستخدامه	المواصفات الفنية

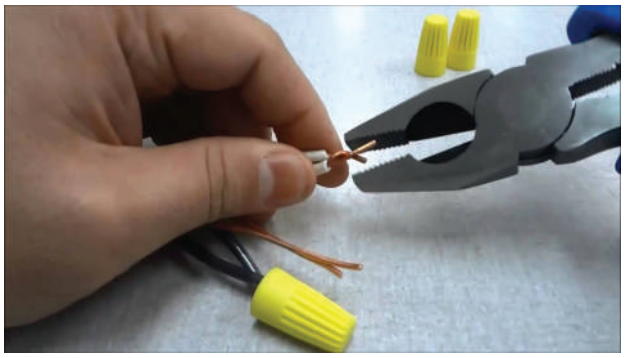
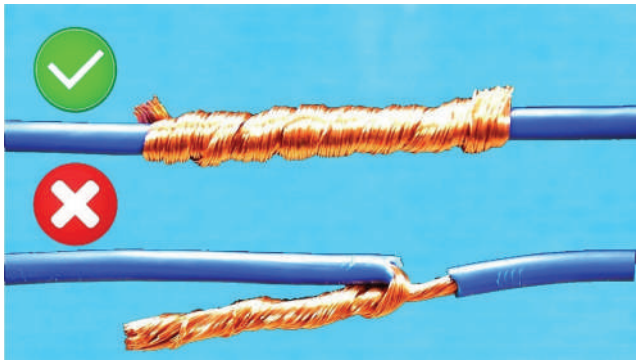
تمرين: (1-4) تعرية الأسلاك الكهربائية ووصلها

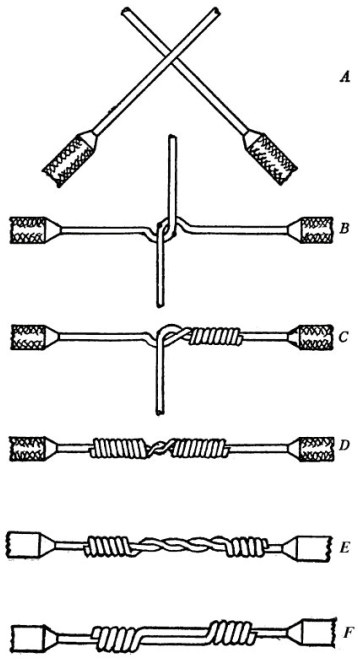
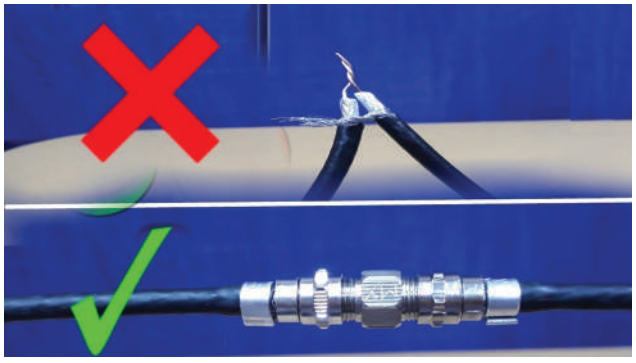
يُتوقع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تميز الأنواع المختلفة من الأسلاك الكهربائية.
- تعرّي الأسلاك الكهربائية المختلفة.

متطلبات تنفيذ التمرين	
التجهيزات (الأدوات)	**المواد الأولية**
- صندوق عدّة.	- أسلاك نحاسية مفردة معزولة. - أسلاك نحاسية معزولة متعددة الشعيرات. - كبل محوري.

خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1-ميز بين الأسلاك المبينة أمامك كما في الشكل (1)، وقارن بينها من حيث نوعها ومساحة مقطعها.	 الشكل (1)

2- عرِّ الأســـلاك بطول (1سم) باستخدام عراية الأسلاك، كما في الشكل (2).	الشكل (2)
3- عرِّ السلكين المفردين بطول (1سم) باستخدام عراية الأسلاك، ثم لف طرفي السلكين المفردين المعريين على بعضهـما، كما في الشكل (3).	 الشكل (3)
4- قرب الطـرفين المعـريين للسلكـين متعددي الشعرات من بعضهما بحيث تتداخل الشعيرات، ثم لف الوصـلة، كما في الشكل (4).	 الشكل (4)

5- اربط الطرفين المعريين لسلكين مفردين على شكل خطاف صغير، كما في الشكل (5)، ثم اجمع الخطافين معًا.	 الشكل (5)
6- احضر قطعتين من الكبل المحوري والحم سلكي المحور، ثم اعزل هذه الوصلة بشريط النايلون، واجمع الشعيرات الخارجية معًا، والحمهما بالقصدير. 7- اربط قطعتين من الكبل المحوري باستخدام القطعة الخاصة بربط الكبل المحوري، كما في الشكل (6). 8- اكتب تقريرًا مفصلًا يبيِّن الخطوات جميعها التي نفذتها.	 الشكل (6)

تمرين: (1-5) اللحام وفكه باستخدام كاوي اللحام والشفاط

يُتوقع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تجري لحام العناصر الكهربائية باستخدام كاوي اللحام والشفاط.
- تحدد استخدام كل قطعة من المكونات الرئيسة لمحطة اللحام والمواد المساعدة في عملية اللحام.

متطلبات تنفيذ التمرين	
التجهيزات (الأدوات)	**المواد الأولية**
- محطة اللحام والمواد المساعدة في عملية اللحام. - صندوق العدة.	- المواد الأولية المستخدمة في عملية اللحام. - لوحة إلكترونية مطبوعة. - أسلاك معدنية.

خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1- طريقة اللحام تتطلب عملية اللحام الجيد خبرةً وممارسة، ويفضل أن يتدرب الطلبة باستمرار للوصول إلى أفضل نتيجة لحام، كما أن عملية فك اللحام تتطلب مهارة متقدمة في عملية اللحام، وتركيزًا وحرفيةً كبيرة. للقيام بعملية اللحام بالقصدير، يجب اتباع الخطوات الآتية: أ - تأكد من وصول رأس كاوي اللحام إلى درجة الحرارة المطلوبة. وكذلك من خلو رأس كاوي اللّحام من أي لحام قديم، وأن يكون ناعمًا، ولامعًا قبل لحامه، ويمكن إجراء ذلك عن طريق مسحه بالإسفنجة النحاسية. ب- جهّز الأسلاك أو العناصر الإلكترونية المراد لحامها، على أن يكون الطرف المراد لحامه فارغًا من الأكاسيد أو الأتربة أو أي شحوم أو زيوت، وإن كان الطرف	

المراد لحامه مصمتًا أو شعرات، فيجب إزالة المادة العازلة البلاستيكية، كما يجب الانتباه إلى أن الأسلاك النحاسية المكونة من شعيرات يجب أن يُوضع على رأسها قليل من القصدير قبل إدخالها في الدارة الإلكترونية؛ تجنبًا لخروج الشعيرات من الثقوب.

جـ- ضع العنصر الإلكتروني على وجه لوحة الدارة المطبوعة بالشكل الصحيح، ثم اثنِ طرف العنصر الإلكتروني المراد لحامه كما في الشكل (1).

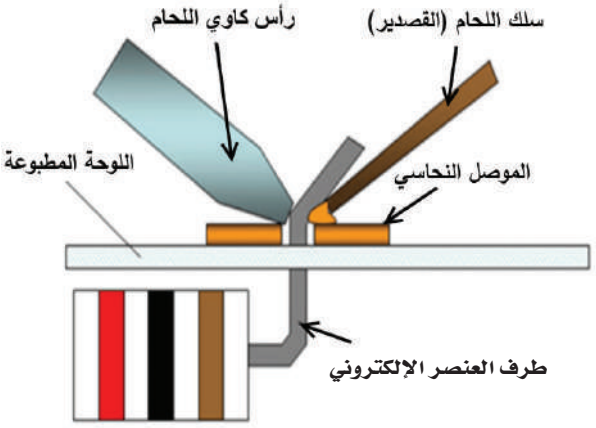
د- امسك المقبض العازل لكاوي اللّحام بيدِكَ مع قطعة طويلة من اللحام في يدك الأخرى كما في الشكل (2).

هـ- ضع كاوي اللّحام بزاويةٍ قدرها 45 درجة، ثم قرّب سلك اللحام إلى نقطة التوصيل.

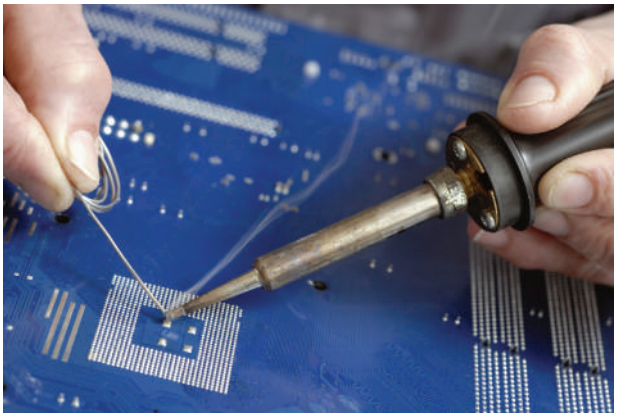
و- دع سلك اللّحام ينصهر وينساب على طرف المقاومة الكهربائية لكي يغطيه كاملًا، ثم ارفع رأس الكاوي وسلك اللّحام معًا عنها. لا ترفع الكاوي قبل رفع السلك؛ لأن ذلك سيلصق السلك بطرف المقاومة، ثم ارفعهما معًا للحصول على أفضل نتيجة.

ز- انتظر جفاف القصدير، ثم تأكد من تثبيت العنصر الإلكتروني على لوح الدارة المطبوعة عبر وصلة اللحام.

ح- تأكد من أن شكل الوصلة مناسب وفارغ من الشوائب والقشور.

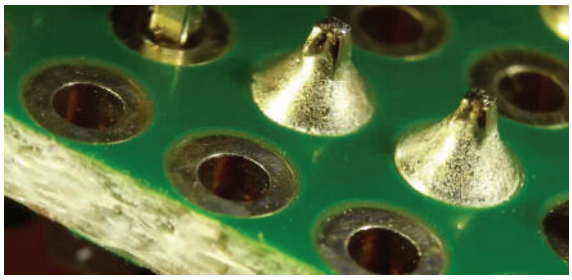


الشكل (1): طريقة اللّحام.



الشكل (2): طريقة مسك كاوي اللّحام.

الشكل المثالي لوصلة اللحام: تغطية كافية للعناصر الإلكترونية، مع سطح أملس وفارغ من الشوائب والقشور، وتوزيع متساوٍ لمادة اللحام على العنصر الإلكتروني ولوحة الدارة المطبوعة. انظر الشكل (3).

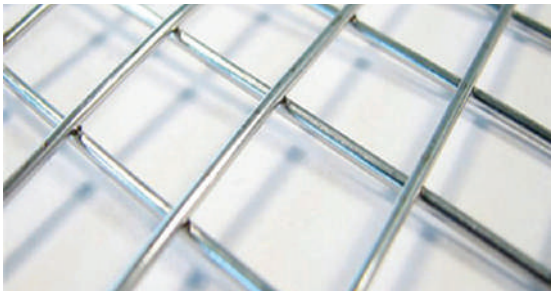


الشكل (3): الشكل المثالي لوصلة اللحام.

2- لحام شبكة من الأسلاك بالقصدير

أ - احضر 10 أسلاك بطول 10 سم.

ب- الحم نقاط التقاطع لهذه الأسلاك كما في الشكل (4).



الشكل (4)

3- فكّ اللّحام باستخدام كاوي اللحام والشفاط.

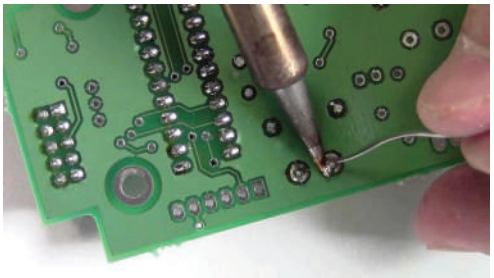
أ - احضر لوحًا إلكترونيًّا مطبوعًا.

ب- فك العناصر الإلكترونية المثبتة عليه كما يأتي:

1. قرّب رأس كاوي اللحام من الوصلة اللّحامية على طرف العنصر الإلكتروني، لكي تنصهر وتصبح كرة من القصدير المنصهر على مقدمة الرأس.
2. أزح كرة القصدير المنصهر قليلًا ثم ارفع الكاوي عنها.
3. أشفط كرة القصدير المنصهر باستخدام شفاط اللحام، كما في الشكل (5).

الشكل (5)

4-أعد لحام العناصر الإلكترونية على اللوح المطبوع، كما في الشكل (6).



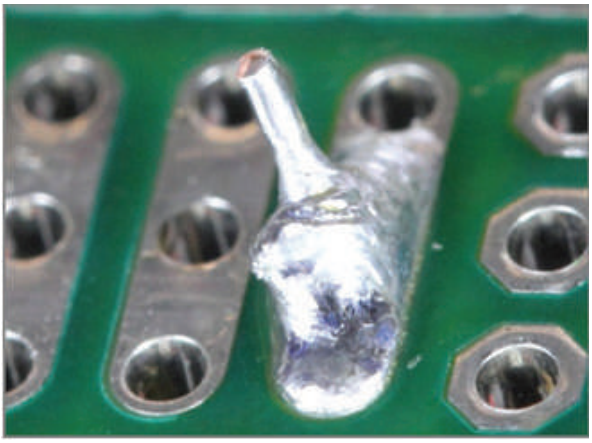
الشكل (6)

عيوب لحام القصدير

أ - نقطة اللحام الباردة

يكون مظهرها معتمًا وخشنًا، بسبب عدم بلوغ درجة حرارة انصهار سلك اللحام الدرجة المناسبة، أو بسبب وضع سلك اللحام في المكان غير المناسب من عناصر اللحام الأخرى.

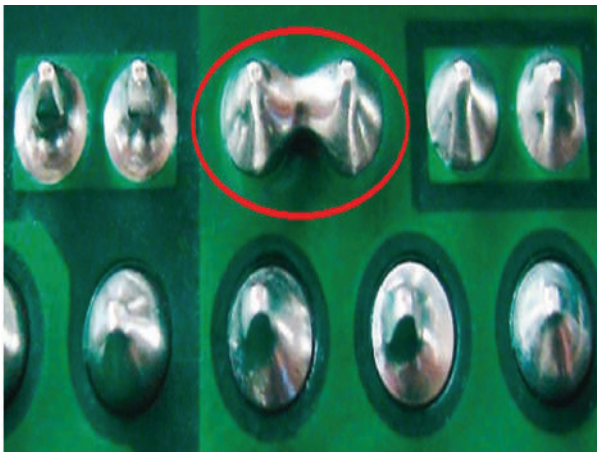
ويمكن أن تنتج نقطة اللحام الباردة كذلك من حركة أي عنصر من عناصر نقطة اللحام قبل تجمد سبيكة اللحام المنصهرة، أو من تبريد نقطة اللحام بدفع هواء عليها بأي وسيلة، وعدم تركها لتبرد تلقائيًّا. وقد تنتج أيضًا من كون رأس كاوي اللحام غير نظيف، ما يؤدي إلى تسرب الشوائب العالقة به إلى نقطة اللحام. ولتصليح هذا العيب، تزال نقطة اللحام تمامًا بكاوي اللحام وشفاط اللحام، ثم تعاد عملية اللحام مرة ثانية بطريقة صحيحة. يوضح الشكل (7) هذا العيب.



الشكل (7): نقطة لحام بارد.

ب- قنطرة اللحام

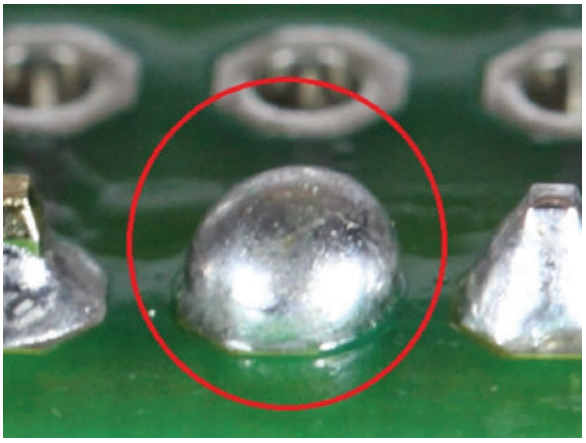
يحدث هذا العيب نتيجة عدم إبعاد كاوي اللّحام عن نقطة اللحام بعناية، ويؤدي ذلك إلى توصيل نقطة اللحام أو الشريحة التي أُلحمت بنقطة لحام أخرى. يوضح الشكل (8) هذا العيب.



الشكل (8): قنطرة اللحام.

جـ- اللّحام المفرط

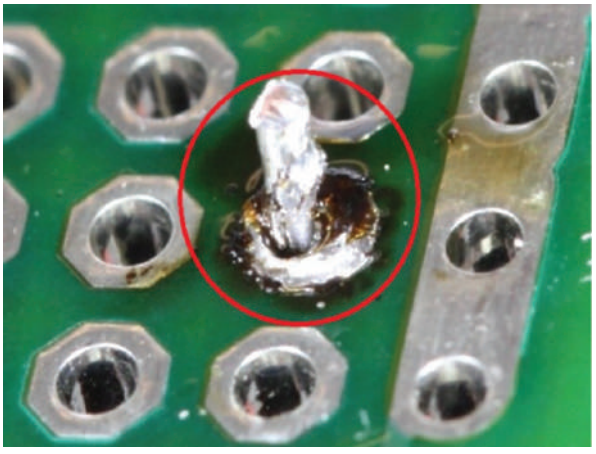
يحدث هذا العيب نتيجة زيادة كيمة المادة المنصهرة على نقطة اللحام ما يؤدي إلى ارتفاع نقطة اللحام إلى أن تصبح كروية الشكل. الشكل (9) يوضح هذا العيب.



الشكل (9): اللحام (الزائد) المفرط.

د - إتلاف نقطة اللحام

يحدث هذا العيب نتيجة زيادة درجة حرارة كاوي اللحام وتسليطه باستمرار على نقطة الاتصال المراد لحامها. يوضح الشكل (10) هذا العيب.



الشكل (10): إتلاف نقطة اللحام.

تذكر

عند التعامل مع العناصر الإلكترونية الحساسة جدًّا للشحنات الكهربائية الساكنة، انتبه للتوصيات المذكورة ضمن النشرة الفنية الخاصة بالعنصر الإلكتروني. أي تلامس خاطئ أو تأريض غير جيد في أثناء عملية اللحام قد يتلف هذه العناصر أو يضرها.

ويُفك اللحام باستخدام محطة اللحام، بالإضافة لأداة إضافية هي شفاط اللحام، حيث تُسخّن الوصلة اللّحامية وتزاح قليلًا ثم يُرفع الكاوي عنها، ثم تشفط الوصلة بشفاط اللحام. هذه العملية مهمة إذا كُشِف عطل في عنصر إلكتروني على لوحة دارة مطبوعة، وأراد المستخدم استبدال عنصر آخر به.

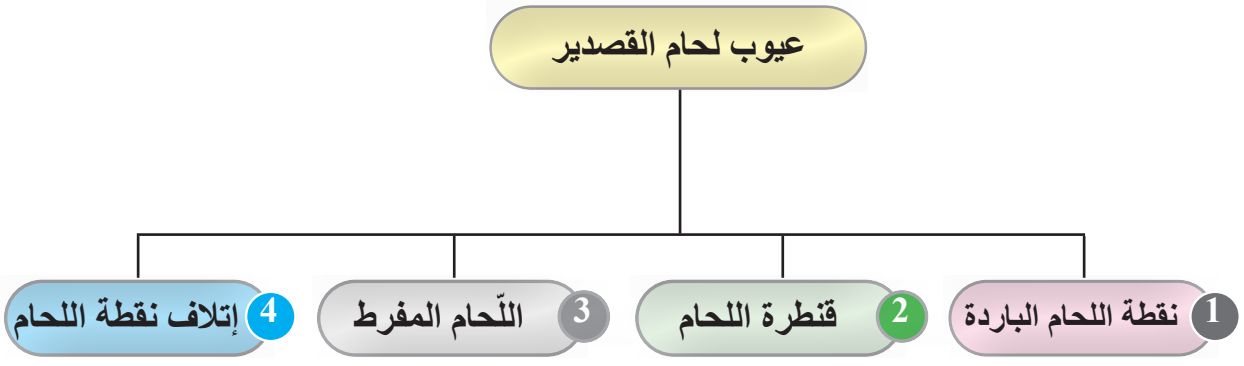
تمرين للممارسة

عد للتمرين (1-4) والحم جميع وصلات الأسلاك التي قمت بوصلها.

التقويم الذاتي (النقاط الحاكمة)

الرقم	خطوات الأداء	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	أعرف العدد اليدوية والمواد الأولية المستخدمة في مشغل صيانة الأجهزة المكتبية.			
2	أحدد استخدام كل قطعة من العدد اليدوية المستخدمة في مجال صيانة الأجهزة المكتبية.			
3	تعرُّف المكونات الرئيسة لمحطة اللحام والمواد المساعدة في عملية اللحام.			
4	أحدد استخدام كل قطعة من المكونات الرئيسة لمحطة اللحام والمواد المساعدة في عملية اللحام.			
5	أميز الأنواع المختلفة من الأسلاك الكهربائية.			
6	أعري الأسلاك الكهربائية المختلفة.			
7	أجري عملية اللحام بالقصدير.			
8	ألحم العناصر الكهربائية وأفكها باستخدام كاوي اللحام والشفاط.			

الخرائط المفاهيمية



ثالثًا: المصطلحات الكهربائية الأساسية
(التيار، المقاومة، الفولتية، القدرة والطاقة)

النتاجات

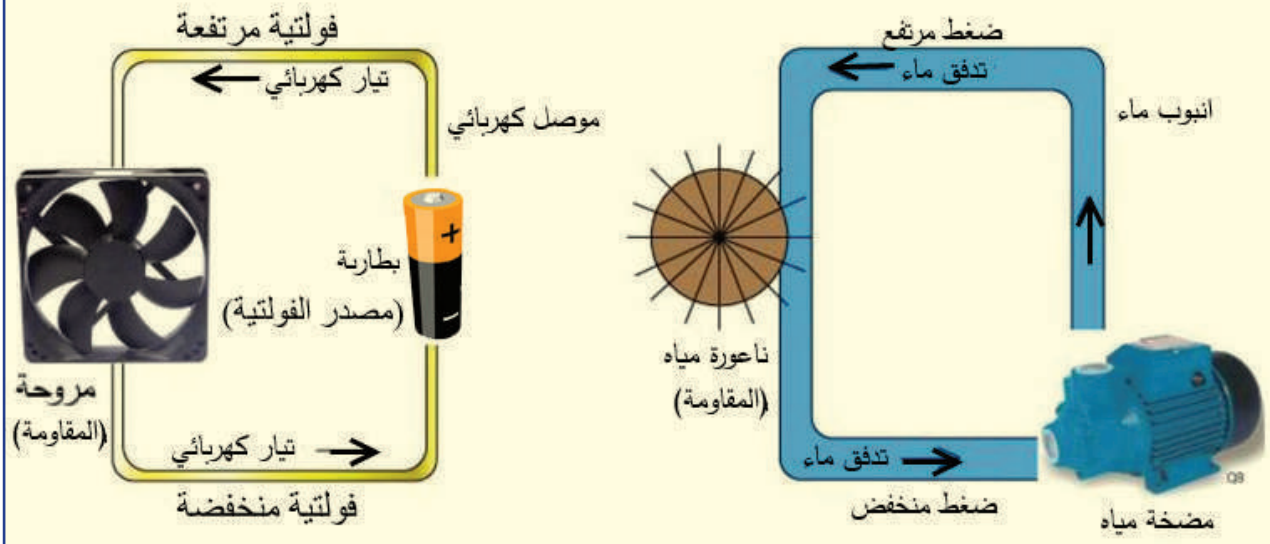
يُتوقّع منك بعد دراسة هذا الدرس أن:

تعرَّف مفهوم التيار المستمر ومصادره واستخداماته.

تعرَّف مفهوم المصطلحات الكهربائية (المقاومة والتيار والفولتية).

- تميّز المواد الموصلة والعازلة وشبه الموصلة.
- تتعرَّف العوامل المؤثرة في اختيار المقاومات الكهربائية.
- تتعرَّف طرائق توصيل المقاومات (توالي، توازي، مركب) وبحسب المقاومة المكافئة.
- تتعرَّف مفهوم القدرة والطاقة الكهربائية.

انظر وتساءل



يُعد التيار الكهربائي والفولتية والمقاومة من أهم المصطلحات والمفاهيم المستخدمة في الدارات الكهربائية.

استكشف

- عند مقارنة الدارة الكهربائية بنظام تشغيل ناعورة مياه كما في الشكل (1-16). فإننا سنحصل على المقارنة الآتية:

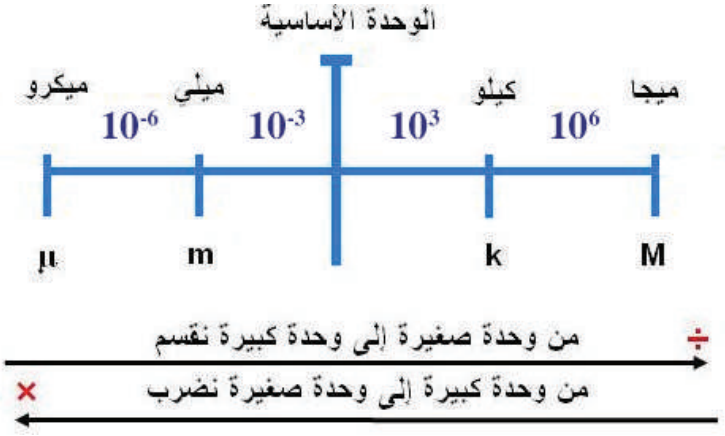
الدارة الكهربائية		نظام تشغيل ناعورة مياه
التيار الكهربائي	يقابله	تدفق المياه
مصدر الفولتية (البطارية)	يقابله	مضخة المياه
موصل التيار الكهربائي	يقابله	أنبوب الماء
الفولتية	يقابله	ضغط المياه
المقاومة أو الحمل (المروحة)	يقابله	ناعورة المياه

الشكل (1-16): استخدام كاوي اللحام

سؤال : ما مصادر التيار والفولتية المباشرة، وما استخداماتها؟

1- التيار الكهربائي (Electric Current)

يعرف التيار الكهربائي (Electric Current) بأنه سريان الإلكترونات الحرة في موصل تحت تأثير فولتية المصدر الكهربائي، ويعرف أيضًا بأنه كمية الشحنات التي تعبر مقطع الموصل في وحدة الزمن، ويرمز إليه بحرف (I)، وقد اصطُلح على أن اتجاه سريان التيار الكهربائي (من القطب الموجب إلى القطب السالب)، وهو عكس اتجاه سريان الإلكترونات داخل البطارية (من القطب السالب إلى القطب الموجب). إن وحدة قياس التيار الكهربائي هي الأمبير (A) وأجزاؤها ومضاعفاتها هي كما في الشكل (17-1).

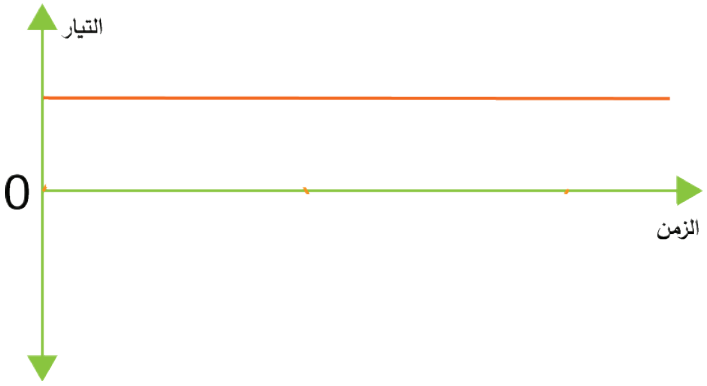


الشكل (1-17): أجزاء وحدة قياس التيار الكهربائي (الأمبير) ومضاعفاته.

و يقسم التيار الكهربائي قسمين، هما:

أ- التيار المباشر (المستمر) (DC) Direct Current

يتميز هذا التيار بثبات قيمته واتجاهه مع مرور الزمن ، كما في الشكل (1-18).



الشكل (1-18).

- **مصادر التيار المباشر:** يمكن توليد التيار المباشر بطرائق عدّة، منها:

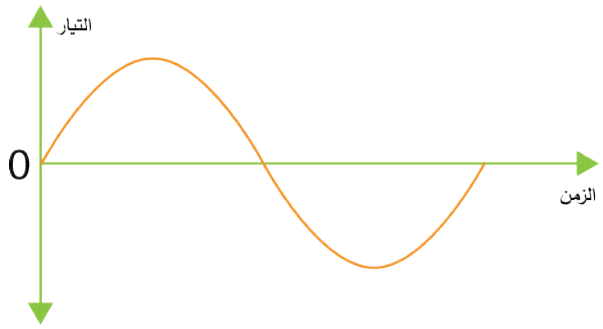
1. **مولدات التيار المباشر (DC Generators):** تحوّل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية.
2. **الخلايا الشمسية:** تحوّل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية.
3. **دارات التقويم:** يمكن تحويل التيار المتناوب (AC) إلى تيار مباشر (DC) بوساطة دارات إلكترونية تسمى دارات التقويم والتنعيم.
4. **البطاريات أو المراكم:** تحوّل البطارية الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية، وهي إما أن تكون غير قابلة للشحن بعد تفريغها نتيجة لاستعمالها، وتسمى بطارية ابتدائية، وإما أنها قابلة للشحن بعد استعمالها وتسمى بطارية ثانوية أو مركمًا.

ومن أنواع البطاريات: البطاريات الجافة، مثل المستخدمة في (Remote Control)، وبطاريات ألعاب الأطفال، والبطاريات السائلة (الرصاصية)، مثل بطارية المركبة.

ب- التيار المتناوب AC (Alternating Current)

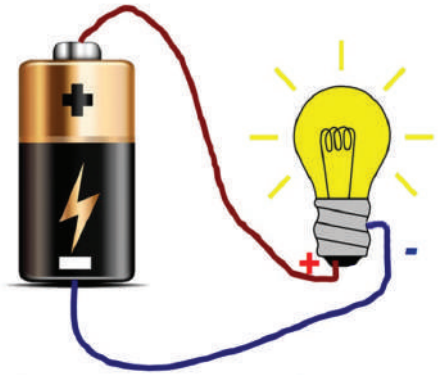
حيث تتغير قيمته واتجاهه مع مرور الزمن،

كما في الشكل (1-19).



الشكل (1-19).

2- الفولتية الكهربائية (Electrical Voltage)



الشكل (1-20).

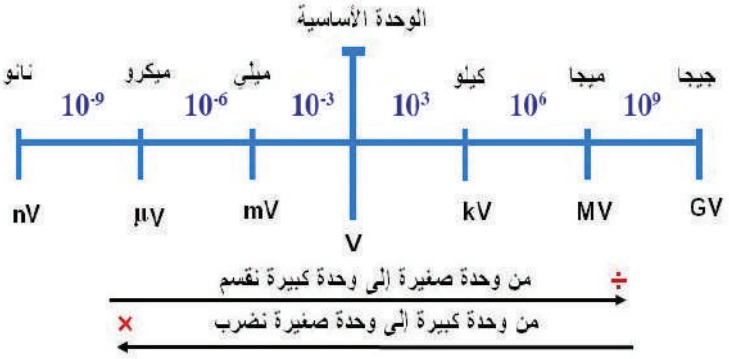
تلاحظ من الشكل (1-20) لكي يسري تيار كهربائي في المصباح يجب توافر قوة مؤثرة خارجية تحفز الإلكترونات الحرة (الشحنات) إلى التحرك باتجاه معين عبر الموصل، وهذه القوة هي الفولتية أو (فرق الجهد) ويرمز إليها بالحرف (V) وتعرف الفولتية بأنها القوة اللازمة لتحريك تيار شدته أمبير واحد عبر موصل مقاومته أوم واحد أو الشغل المبذول (بالجول) لتحريك كولوم واحد من الشحنات من أقل النقاط فولتية إلى أكثرها فولتية وتقسم الفولتية قسمين:

أ ـ الفولتية المباشرة Direct Current Voltage (DCV)

وهي فولتية ثابتة القيمة والاتجاه، ومن أهم مصادرها (البطاريات).

ب ـ الفولتية المتناوبة Alternating Current Voltage (ACV)

وهي متغيرة القيمة والاتجاه، وينشأ فرق الجهد الكهربائي (الفولتية) بسب وجود فرق في كمية الشحنات الكهربائية (الإلكترونات) بين نقطتين في دارة كهربائية، حيث تنتقل الإلكترونات من المنطقة الغنية بالإلكترونات إلى المنطقة التي تعاني نقصًا فيها، فمثلًا البطارية لديها طرف سالب يحتوي عددًا كبيرًا من الإلكترونات الحرة، وطرفًا موجبًا يحتوي عددًا قليلًا من الإلكترونات الحرة، وهذا يعني وجود فرق جهد بين الطرف الموجب والطرف السالب للبطارية، وعند وصل مصباح بين طرفي البطارية، سوف تتحرك الإلكترونات من الطرف السالب إلى الطرف الموجب داخل البطارية بفعل تأثير فرق الجهد، تقاس الفولتية بوحدة تسمى الفولت (V)، وأجزاؤها ومضاعفاتها، كما في الشكل (1-21).



الشكل (1-21): أجزاء وحدة قياس الفولتية أو فرق الجهد (الفولت ومضاعفاته).

للتحويل من وحدة قياس صغيرة إلى وحدة قياس كبيرة نقسم على (10^3)، وكذلك التحويل من وحدة كبيرة إلى وحدة صغيرة نضرب بـ (10^3)، أما إذا تحركنا وحدتين أو أكثر من وحدة على خط وحدات القياس. مثلًا تحركنا وحدتين من وحدة قياس صغيرة إلى وحدة قياس كبيرة (من وحدة ميلي إلى كيلو)، فإننا نقسم على $(10^3 \times 10^3 = 10^6)$، وإذا تحركنا من وحدة قياس كبيرة إلى وحدة قياس صغيرة (من كيلو إلى ميلي)، فنضرب في $(10^3 \times 10^3 = 10^6)$ وهكذا. ويطبق ذلك على وحدات قياس التيار والمقاومة الكهربائية والفولتية.

مثال (2)

تيار كهربائي مقداره 4.5mA أوجد قيمة هذا التيار بوحدة

١- ميكرو أمبير(µA) ٢- أمبير(A).

$$4.5mA = 4.5 \times 10^3 = 4.5 \times 10^3\ \mu A = 4500\ \mu A$$

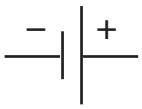
$$4.5mA = 4.5 \div 10^3 = 4.5 \times 10^{-3}\ A = 0.0045\ A$$

مثال (3)

فولتية مقدارها 50mV أوجد قيمة هذه الفولتية عُبِّر عنها بوحدة الكيلو فولت.

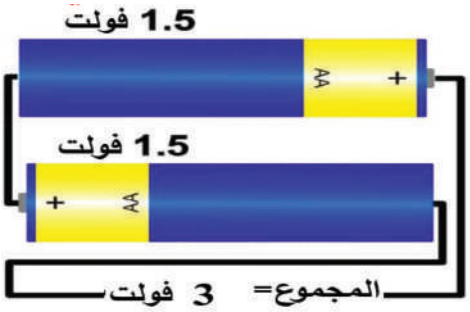
$50mV = 50 \div 10^{6} = 50 \times 10^{-6} = 5 \times 10^{-5} KV$

• توصيل البطاريات

يرمز للبطارية بالرمز الفني 

التوصيل على التوالي

وفيها يزيد فرق الجهد (الفولتية)، وتبقى شدة التيار كما هي.

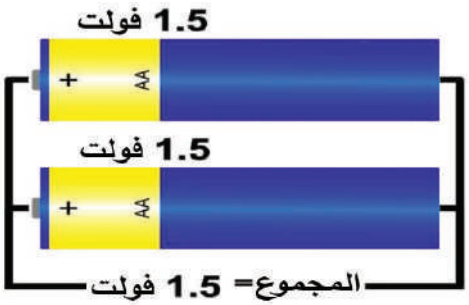


الشكل (أ)

التوصيل على التوازي

وفيها يبقى فرق الجهد (الفولتية) كما هو، وتزيد شدة التيار.

في الشكل (أ) عند توصيل البطاريات على التوالي والشكل (ب) عند توصيل البطاريات على التوازي ما مجموع فرق الجهد (الفولتية)؟ وما مقدار التيار الذي يمكن سحبه إذا علمت أن فولتية كل بطارية تساوي (1.5v) وأن تيار كل بطارية يساوي (200mA)؟



الشكل (ب)

الحل: الفولتية الكلية (V_T):

$$V_T = V_1 + V_2$$

$$V_T = 1.5 + 1.5 = 3V$$

والتيار الكلي(I_T):

$$I_T = I_1 = I_2 = 200mA$$

الحل: الفولتية الكلية (V_T):

$$V_T = V_1 = V_2 = 1.5V$$

والتيار الكلي (I_T):

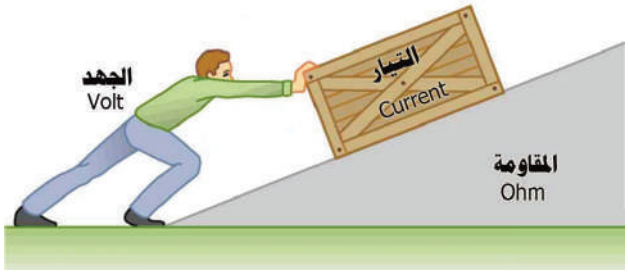
$$I_T = I_2 + I_1 = 200 + 200 = 400mA$$

3- المقاومة الكهربائية (Electrical Resistance)

تُعرَّف المقاومة الكهربائية (**R**) بأنها ممانعة المادة لسريان التيار الكهربائي عبرها. وأحيانًا يطلق على أي حمل كهربائي مقاومة كهربائية، ووحدة قياس المقاومة الكهربائية هي (الأوم)، ويُرمَز إليها بالرمز (Ω). ومن مضاعفاتها:

الكيلو أوم ويساوي (10^3) أوم. الميغا أوم، ويساوي (10^6) أوم.

ويُعرَّف الأوم بأنه مقاومة موصل يسري خلاله تيار كهربائي مقداره (1) أمبير عندما تكون الفولتية بين طرفيه (1) فولت. ويبين الشكل (1-22) صورة تعبيرية حول علاقة التيار بالفولتية بالمقاومة الكهربائية.



الشكل (1-22).

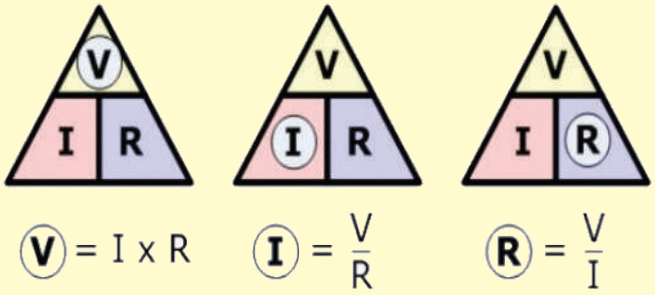
4- قانون أوم (Ohm's Law)

لقد درس العالم جورج أوم العلاقة بين التيار الكهربائي الذي يسري في حمل كهربائي والفولتية بين طرفي الحمل، وتوصّل إلى أنه عند وصل حمل كهربائي (مقاومة كهربائية) بين طرفي مصدر كهربائي، فإن قيمة التيار الذي يسري في ذلك الحمل تتناسب طرديًّا وقيمة الفولتية بين طرفي الحمل، وعكسيًّا مع مقاومة الحمل عند ثبوت درجة الحرارة. وفقًا للمعادلة الآتية:

$$I = \frac{V}{R}$$

تذكر

ويمثل الشكل المجاور مثلث قانون أوم وهو نموذج الهدف منه فهم قانون أوم واستخراج قيمه.



مثال (4)

احسب قيمة التيار المار في مصباح كهربائي مقاومته (5) أوم، إذا غُذّي من مصدر كهربائي مستمر قيمة فولتيته (20) فولت.

الحل:

النتيجة وفقًا للمعادلة الرياضية لقانون أوم، فإن التيار المار في المصباح. $I = \frac{20}{5} = 4A$

5- الطاقة والقدرة الكهربائية (Electrical Power and Energy)

تستخدم الطاقة الكهربائية في تشغيل الأجهزة والمعدات الكهربائية وفي إنارة المنازل والمصانع، وفي الحصول على الطاقة الحرارية، والطاقة الميكانيكية والطاقة الضوئية. وتعرف الطاقة الكهربائية بأنها مقدار الشغل المبذول في مدة زمنية معينة. أما القدرة الكهربائية، فهي معدل استهلاك الطاقة أو كمية الطاقة التي استخدمت في مدة زمنية معينة، ويرمز إليها بالحرف (P) وتقاس بوحدة الواط. والواط هو القدرة الكهربائية التي تمرر تيارًا مقداره أمبيرًا واحدًا عند تطبيق فولتية مقدارها فولت واحد.

على افتراض أن التيار المستخدم هو التيار الثابت (DC)، فإن القدرة تساوي:

$$P = IV$$

حيث إن:

P: القدرة (الواط).

I: التيار (الأمبير).

V: الفولتية (الفولت).

ولقياس الطاقة الكهربائية المستهلكة، نجد حاصل ضرب القدرة في الزمن الذي استُهلكت هذه القدرة خلاله، ويرمز إليها بالحرف (E) وتساوي:

$$E = PT$$

حيث إن:

P : القدرة (الواط) (W)

t : الزمن (الساعة) (h)

E: الطاقة (كيلوواط. ساعة) (KWh)

يستفاد من هذه العملية في حساب الكميات المستهلكة من الكهرباء، لتسديد قيم الكميات الكهربائية المستهلكة لشركات الكهرباء. وحساب استهلاك الطاقة الكهربائية في فواتير الكهرباء يكون على أساس كل كيلوواط استهلاك في الساعة وفقًا للتعرفة التي تعتمدها شركات الكهرباء. ويُعَدُّ العداد الكهربائي المُستخدَم في المنازل جهازًا لقياس الطاقة الكهربائية، كما في الشكل (1-23).

الشكل (1-23).

ولحساب كلفة الطاقة الكهربائية = الطاقة (E) × تعرفة الكهرباء (سعر الكيلوواط. ساعة)

مثال (5)

احسب الطاقة الكهربائية المستهلكة في المنزل، لحساب تكلفة تشغيل غسالة كهربائية وثلاجة كهربائية ووحدات الإنارة خلال اليوم الواحد.

يوضح الجدول الآتي قدرة هذه الأحمال، وعدد ساعات العمل لكل حمل:

الرقم	الحمل	قدرة الحمل بالواط	ساعات العمل في اليوم الواحد	الطاقة المستهلكة بالكيلوواط E= PT
1	الغسالة	2000 W	5	10.000 wh= 10 KWh
2	الثلاجة	1000 W	24	24.000 wh= 24 KWh
3	وحدات الإنارة	600 W	10	6000 wh= 6 KWh
	المجموع الكلي للطاقة			40 kwh

إذا كانت تعرفة الكهرباء: سعر الكيلوواط . ساعة =100 فلس

فإن تكلفة تشغيل هذه الأجهزة خلال اليوم الواحد= مجموع الطاقة المستهلك بالكيلوواط × تعرفة الكهرباء

40 × 100 = 4000 فلس = 4 دنانير

مثال (6)

إذا كانت فولتية المصدر الكهربائي (220V)، ووصل بهذا المصدر جهاز حاسوب يسحب تيارًا مقداره (1.5A)، وآلة تصوير وثائق تسحب تيارًا مقداره (5A)، ومجموعة من الطابعات تسحب تيارًا مقداره (6A)، احسب كمية الطاقة التي تستهلكها هذه الأجهزة إذا شغلت مدة (3) ساعات متتالية.

كمية الطاقة التي يستهلكها جهاز الحاسوب=

$W_1 = 220 \times 1.5 \times 3 = 990\ Wh$

كمية الطاقة التي تستهلكها آلة تصوير الوثائق =

$W_2 = 220 \times 5 \times 3 = 3300\ Wh$

كمية الطاقة التي تستهلكها مجموعة الطابعات =

$W_3 = 220 \times 6 \times 3 = 3960\ Wh$

الطاقة الكلية المستهلكة =

$W_T = W_1 + W_2 + W_3$

$= 990 + 3300 + 3960$

$= 8250\ Wh = 8.25\ KWh$

مثال (7)

احسب مقدار تكلفة تشغيل مجفف شعر قدرته (1200W) مدة ساعة، إذا علمت أن تعرفة الكهرباء: سعر الكيلوواط لكل ساعة =300 فلس.

الحل: 1.2KWh = 1200W

فإن تكلفة تشغيل هذه الأجهزة خلال اليوم الواحد= مجموع الطاقة المستهلك بالكيلوواط × تعرفة الكهرباء

= 1.2 X 300 = 360 فلس = 36 قرشًا

6- أجهزة قياس الفولتية والتيار والمقاومة (Multimeter AVOmeter)

أ- تصنيف أجهزة القياس

تصنف أجهزة القياس بناء على طريقة عرضها لقيم القياس إلى:

1. الأجهــزة التماثليــة أو التنــاظرية (Analog multimeters): تعرض الأجهزة التماثلية كمية القياس عبر حركة مؤشر على تدريج، وتعتمد دقة قراءة القيم على العامل البشري (المستخدم) من حيث قوة إبصاره لرؤية وضع المؤشر.

يوضع مفتاح التدريج على أعلى قيمة، وتوصل الدارة الكهربائية ويُختار المدى المناسب لمفتاح التدريج بتحريكه إلى أن يشير المؤشر إلى القيمة المطلوبة، ويبين الشكل (1-24) أحد أجهزة القياس التماثلية (التناظرية).

الشكل (1-24).

2. الأجهزة الرقمية (Digital multimeters):

تعرض الاجهزة الرقمية كمية القياس على هيئة أرقام واضحة سهلة القراءة، وبدقة عالية مقارنة بالأجهزة التماثلية. يبين الشكل (1-25) جهاز قياس رقميًّا.

الشكل (1-25).

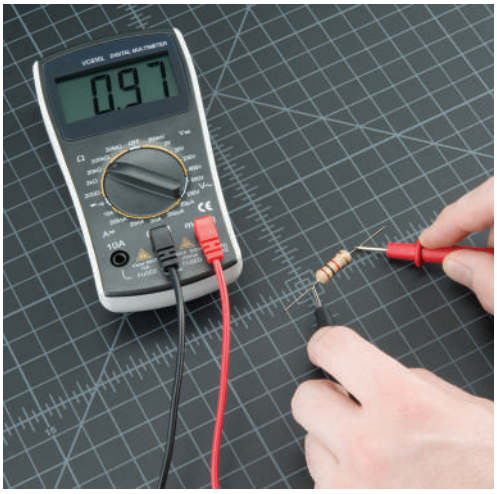
معلومة

يُسمى جهاز القياس الذي يقيس الفولتية والتيار والمقاومة جهاز الأفوميتر (AVOmeter).

ب- طريقة استخدام أجهزة القياس

1. لقياس المقاومة: تقاس المقاومة بجهاز الأوميتر أو الأفوميتر مع مراعاة ضبط جهاز الأفوميتر على تدريج المقاومة.

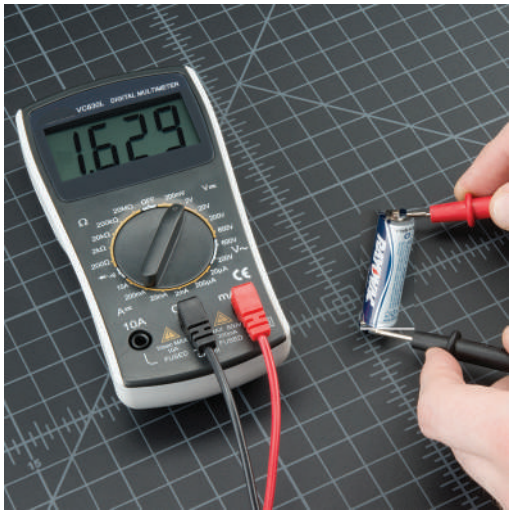
ويوصل الجهاز على التوازي لقياس المقاومة مع ضرورة فصل التغذية الكهربائية عند قياس المقاومة، كما في الشكل (1-26/أ).



الشكل (1-26/أ).

2. لقياس الفولتية: تقاس الفولتية بجهاز الفولتميتر أو جهاز الأفوميتر مع مراعاة ضبط جهاز الأفوميتر على تدريج الفولتية (ACأوDC)

ويوصل الجهاز على التوازي لقياس الفولتية، كما في الشكل (1-26/ب).



الشكل (1-26/ب).

3. لقياس التيار: يوصل جهاز الأميتر، أو الأفوميتر على التوالي لقياس التيار مع مراعاة ضبط جهاز الأفوميتر على تدريج الأمبير.

وهذا يعني فصل الدارة الكهربائية أو قطعها لتركيب الجهاز، لذلك يُستخدم جهاز آخر عملي وسهل الاستخدام يسمى الكلامبميتر لقياس التيار الكهربائي (clamp meter)، وهو جهاز ذو فكين، حيث يفتح فكي الجهاز ليمر السلك الذي يسري فيه التيار الكهربائي عبر الفكين، كما في الشكل (1-26/جـ).

الشكل (1-26/جـ).

فكّر : ما سبب ظهور قيمة الفولتية بالسالب أحيانًا عند قياس الفولتية بالفولتميتر أو بالأفوميتر الرقمي؟

الإثراء والتوسع

مُستخدِمًا الإنترنت، بين أفضلية استخدام مصابيح الفلورسنت (النيون) في الإنارة من حيث كفاءة الإنارة، وكمية الطاقة المستهلكة، ثم ناقش زملاءك في ذلك.

باستخدام مصادر المعلومات المناسبة (الإنترنت أو المكتبات)، اكتب ورقة بحثية عن جهاز قياس شدة التيارات الضعيفة (الجلفانومتر).

القياس والتقويم

1- ضع إشارة (√) أو (×) إزاء العبارتين الآتيتين:

أ - يوصل جهاز قياس التيار على التوازي بالدارة لقياس التيار. ( )

ب- عند توصيل بطاريات مختلفة القيم على التوالي، فإن فرق الجهد (الفولتية) يزيد، وتبقى شدة التيار كما هي. ( )

2- عرف كلًّا مما يأتي:

أ- التيار الكهربائي.

ب- الفولتية الكهربائية.

جـ- المقاومة الكهربائية

3- علل ما يأتي:

أ - زيادة قيمة المقاومة في دارة التوالي التي تحتوي مصدر الفولتية يؤدي إلى نقصان التيار في تلك الدارة.

ب- يسري تيار كهربائي في موصل عند توصيل طرفيه بطرفي مصدر الفولتية.

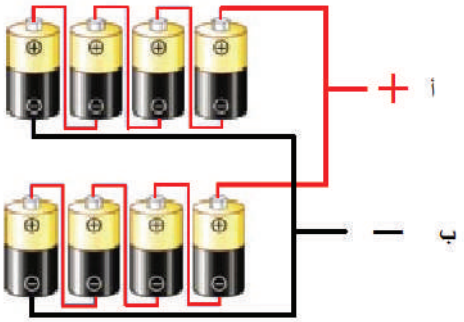
جـ- لا تراعى القطبية الموجبة والسالبة عند قياس الفولتية والتيار المتناوبين.

4- ما وظيفة كل من العناصر الآتية في الدارة الكهربائية:

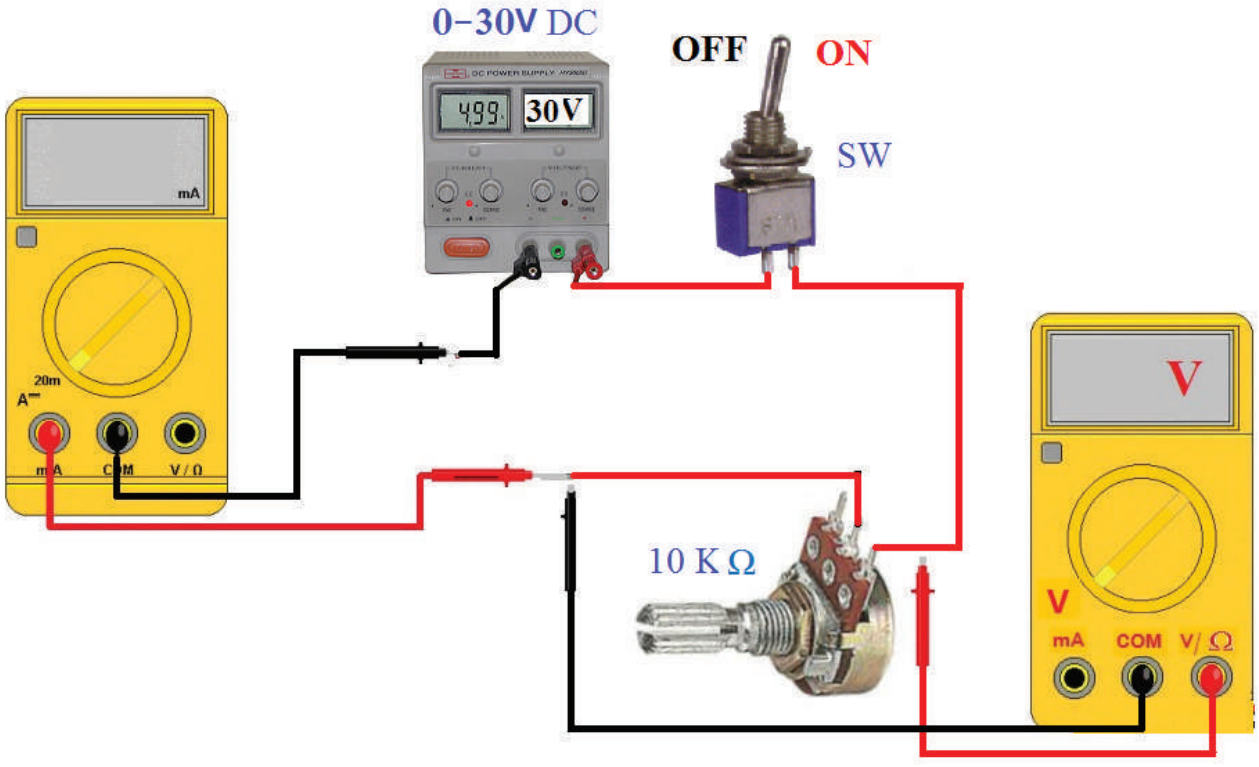
أ - مصدر الفولتية.

ب- أسلاك التوصيل.

5- في الشكل الآتي، ما مقدار الفولتية بين النقطتين: (أ) و(ب)؟ وما مقدار التيار الذي يمكن سحبه إذا علمت أن الفولتية لكل بطارية تساوي (1.5v) وأن تيار كل بطارية يساوي (200mA)؟



6- في الشكل الآتي، ما قراءة كل من الفولتميتر والأميتر إذا علمت أن مصدر الفولتية يساوي (30VDC)، وأن المقاومة المتغيرة ضُبطت على (5KΩ)؟



7- ما الفرق بين البطارية الابتدائية والبطارية الثانوية (المركم)؟

8- احسب تكاليف تشغيل آلة تصوير الوثائق لمدة (30) يومًا بمعدل (6) ساعات يوميًّا، إذا كانت قدرتها (200w)، وسعر الكيلوواط/ ساعة هو (60) فلسًا.

تمرين: (1-6) تَعَرف المفاتيح والمخارج الموجودة في جهاز الأفوميتر

يُتوقع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تَتعرف المفاتيح والمخارج الموجودة في جهاز الأفوميتر.

متطلبات تنفيذ التمرين	
التجهيزات (الأدوات)	**المواد الأولية**
- جهاز الأفوميتر الرقمي - جهاز الأفوميتر التماثلي - صندوق العدة	- بطاريات (1.5V) - مقاومة ثابتة (4.7KΩ، 2.2KΩ) 1 واط

خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1- تعرف مفاتيح جهاز الأفوميتر ومخارجه: أ - تفقد المفاتيح والمخارج المختلفة الموجودة على كل من الأفوميتر التماثلي والرقمي المبينين في الشكل (1). ب- تفقد التدريجات المختلفة الموجودة على الأفوميتر التماثلي، واستخدام كل منها.	 الشكل (1).

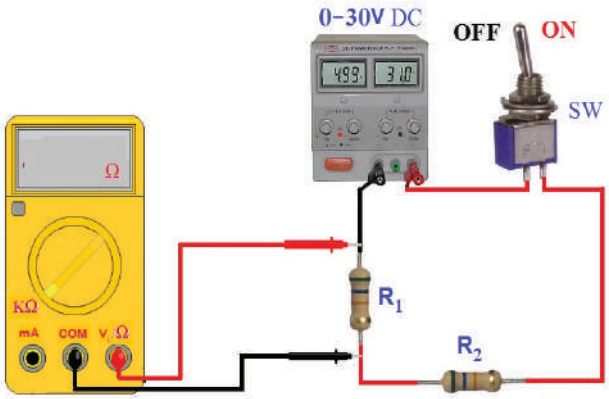
تمرين: (1-7)

وصل أجهزة القياس في الدارات الكهربائية لقياس المتغيرات الكهربائية.

يُتوقع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تبني الدارات الكهربائية.
- توصل الأفوميتر في الدارات الكهربائية لقياس المتغيرات الكهربائية.
- تقيس الكميات الكهربائية باستخدام جهاز الأفوميتر وجهاز الكلامبميتر.

متطلبات تنفيذ التمرين	
التجهيزات (الأدوات)	**المواد الأولية**
- مصدر فولتية مباشرة - جهاز الأفوميتر الرقمي - جهاز الأفوميتر التماثلي - جهاز الكلامبميتر - كاوي لحام - صندوق العدة	- بطاريات (1.5V) - مقاومة ثابتة (4.7KΩ، 2.2KΩ) (0.5W) - مفتاح توصيل - أسلاك توصيل - لوحة توصيل - بكرة لحام قصدير

خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1- ابنِ الدارة الكهربائية واستخدم جهاز الأفوميتر الرقمي لقياس المقاومة: أ - نفذ الدارة المبينة في الشكل (1). ب- ضع المفتاح (SW) على الوضع (OFF). جـ- اضبط جهاز الأفوميتر الرقمي على وضع قياس المقاومة. د- اختر التدريج المناسب لقياس المقاومة (R1). هـ- صل طرفي الجهاز على التوازي مع المقاومة (R1) كما هو مبين في الشكل (1) ثم دون قيمة المقاومة في دفترك. و- كرر الخطوتين (د - هـ) لقياس قيمة مقاومات ذات قيم مختلفة في مشغلي.	 الشكل (1).

2- ابن الدارة الكهربائية واستخدم جهاز الأفوميتر الرقمي لقياس التيار المباشر:

أ - نفذ الدارة المبينة في الشكل (2).

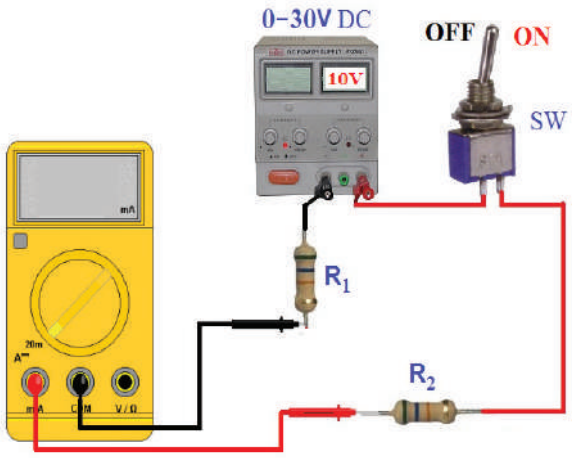
ب-اضبط مصدر الفولتية المباشرة على (10V).

جـ-اضبط جهاز الأفوميتر الرقمي على وضع قياس التيار.

د- اختر التدريج المناسب لقياس التيار.

هـ-صل طرفي الجهاز على التوالي مع الحمل (R1، R2)، كما هو مبين في الشكل (2).

و- ضع المفتاح (SW) على الوضع (ON)، ثم دوِّن قيمة التيار المباشر المار في الدارة في دفترك.



الشكل (2).

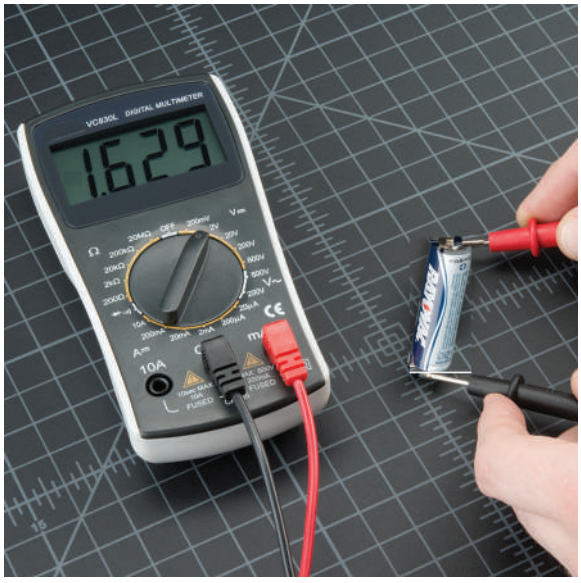
3- استخدم جهاز الأفوميتر لقياس الفولتية المباشرة:

أ -اضبط جهاز الأفوميتر الرقمي على وضع قياس الفولتية المباشرة (DC).

ب-اختر التدريج المناسب لقياس الفولتية وهو هنا على الوضع (2V).

جـ-صل طرفي الجهاز على التوازي مع البطارية، كما هو مبين في الشكل (3).

د- تحقق عند قياس الفولتية المباشرة (DC) من مراعاة توصيل الطرف الموجب للجهاز (لون أحمر) بالقطب الموجب للبطارية والطرف السالب للجهاز (لونه أسود) بالقطب السالب للبطارية، كما في الشكل (3)، ثم دوِّن قيمة فولتية البطارية الظاهرة على شاشة عرض الجهاز في دفترك.



الشكل (3).

4- استخدم جهاز الكلامبميتر لقياس التيار:

أ - اضبط جهاز الكلامبميتر على وضع قياس التيار المتناوب (AC).

ب-اختر التدريج المناسب لقياس التيار، وهو هنا على الوضع (200A).

جـ-افتح فكي الجهاز ليمر السلك الذي يسري فيه التيار الكهربائي عبر الفكين، كما هو مبين في الشكل (4).

د- دوّن قيمة التيار الظاهرة على شاشة عرض الجهاز في دفترك.

الشكل (4).

نشاط للممارسة:

- نفذ التمارين السابقة الممكنة باستخدام الأفوميتر التماثلي.

تمرين: (1-8)

التحقق من قانون أوم وحساب القدرة والطاقة الكهربائية

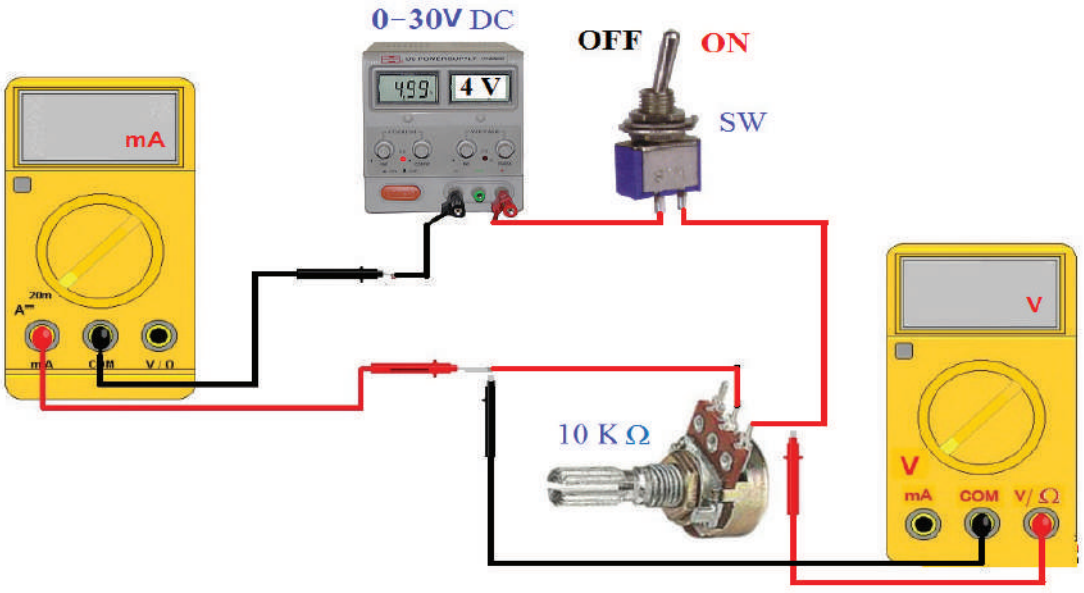
يُتوقع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تتحقق من قانون أوم.
- تستخدم جهاز الأفوميتر (AVO meter).
- تحسب القدرة والطاقة الكهربائية.

متطلبات تنفيذ التمرين	
التجهيزات (الأدوات)	**المواد الأولية**
- مصدر فولتية مباشرة - جهاز الأفوميتر الرقمي والتماثلي - كاوي لحام - صندوق العدة	- مقاومة متغيرة (10KΩ) / 2W - مفتاح توصيل - أسلاك توصيل - لوحة توصيل - بكرة لحام قصدير

خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية

1- نفذ الدارة المبينة في الشكل (1).



الشكل (1).

2- العلاقة بين الفولتية والتيار مع ثبات المقاومة وتغيير الفولتية:

أ - اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المستمرة (المباشرة) على الفولتية (4V).

ب- اضبط أجهزة القياس (التيار والفولتية) على التدريج المناسب.

جـ- اضبط المقاومة المتغيرة على (2KΩ).

د - صل الدارة بالمصدر الكهربائي، ثم أغلق المفتاح (SW) على الوضع (ON).

هـ- غيّر فولتية المصدر كما هو مبين في الجدول الآتي:

العلاقة بين الفولتية والتيار مع ثبات المقاومة وتغيير الفولتية.

مصدر الفولتية	قراءة الأفوميتر (V)	قراءة الأميتر (mA)	المقاومة بالأوم (Ω) = R=V/I	القدرة بالواط (W) P = I X V	الطاقة المستهلكة بالكيلوواط (KWh) W= P X T
4					
8					
12					
6					
20					
24					

و- دون قراءة كل من جهاز قياس الفولتية والتيار.

ز- ارسم العلاقة بين كل من الفولتية والتيار عبر القراءات التي حصلت عليها، ودوّن النتيجة في دفترك.

3- العلاقة بين الفولتية والتيار مع ثبات الفولتية وتغيير قيمة المقاومة:

أ - اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المستمرة (المباشرة) على الفولتية (5V).

ب- اضبط أجهزة القياس (التيار والفولتية) على التدريج المناسب.

جـ- اضبط المقاومة المتغيرة على (1KΩ).

د - صل الدارة بالمصدر الكهربائي، ثم أغلق المفتاح (SW) على الوضع (ON).

هـ- غيّر في قيمة المقاومة المتغيرة للحصول على المقاومة المكافئة كما هو مبين في الجدول الآتي:

العلاقة بين الفولتية والتيار مع ثبات الفولتية وتغيير المقاومة.

المقاومة المكافئة= المقاومة المتغيّرة+ المقاومة الثابتة	قراءة الأفوميتر (V)	قراءة الأميتر (mA)	المقاومة= الفولتية / التيار(Ω)

و- دوّن قراءة كل من جهاز قياس الفولتية والتيار.

ز- ارسم العلاقة بين كل من الفولتية والتيار عبر القراءات التي حصلت عليها، ودون النتيجة في دفترك.

تمارين الممارسة:

-اكتب تقريرًا مفصلًا يبيّن الخطوات التي نفذتها جميعها..

- نفذ التمارين السابقة مُستخدِمًا مقاومة متغيرة قيمتها (5KΩ)، ومقاومة ثابتة قيمتها (2.2KΩ).

3- تقويم التمرين:

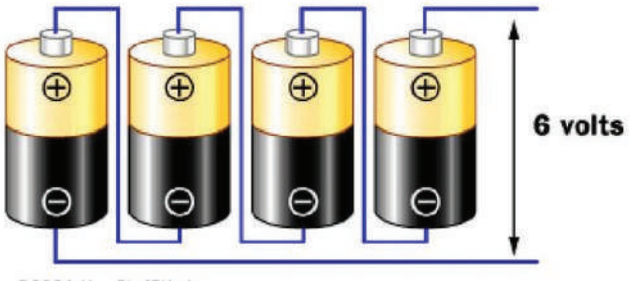
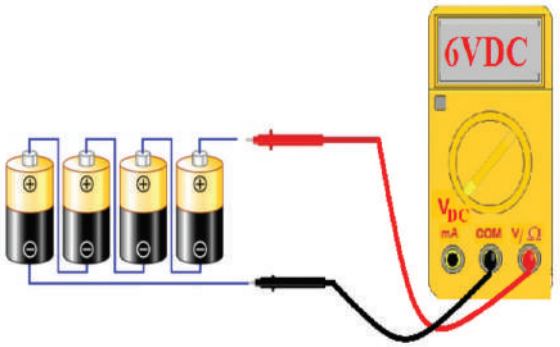
أ - ما نوع العلاقة بين الفولتية والتيار عبر الرسم؟

تمرين: (1-9) توصيل البطاريات

يُتوقع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

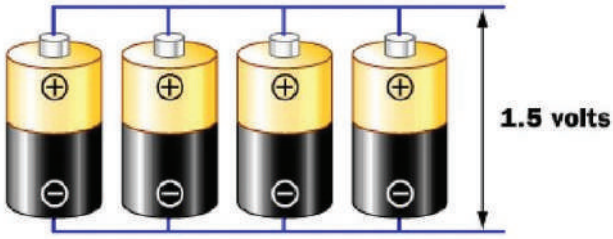
- تميز بين البطاريات من حيث شكلها وحجمها وأنواعها.
- توصل البطاريات على التوالي وعلى التوازي والمركب وتقيس فولتيتها.

متطلبات تنفيذ التمرين	
التجهيزات (الأدوات)	**المواد الأولية**
- جهاز الأفوميتر الرقمي - كاوي لحام - صندوق العدة	- بطاريات (1.5V) عدد (8) - مفتاح توصيل - أسلاك توصيل - لوحة توصيل - بكرة لحام قصدير

خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1- وصّل البطاريات على التوالي: أ- تفحص البطاريات التي أمامك، ودوّن المعلومات حول هذه البطاريات من حيث الفولتية وشدة التيار وغيرها من المواصفات الفنية ودوّن المعلومات في دفترك. ب- صل أربع بطاريات على التوالي كما في الشكل (1).	 الشكل (1).
جـ- قس الفولتية بين طرفيها كما في الشكل (2)، ثم دون النتيجة في دفترك.	 الشكل (2).

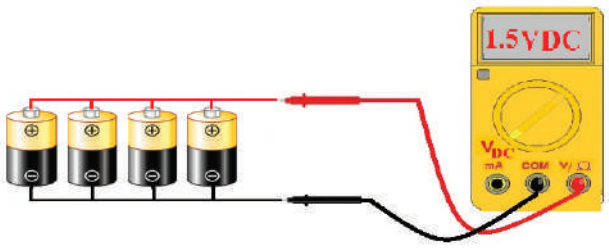
2- وصلّ البطاريات على التوازي:

أ - صل أربع بطاريات على التوازي كما في الشكل (3).



الشكل (3).

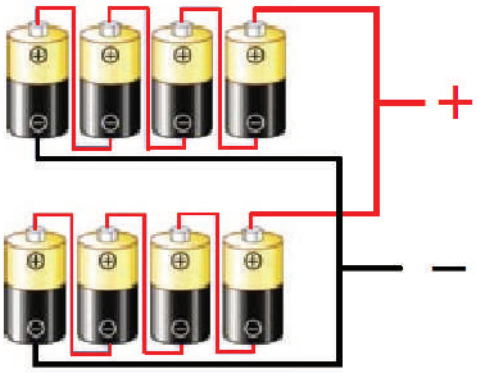
ب-قس الفولتية بين طرفيها كما في الشكل (4)، ثم دون النتيجة في دفترك.



الشكل (4)

3- وصّل بطاريات التوصيل المركب:

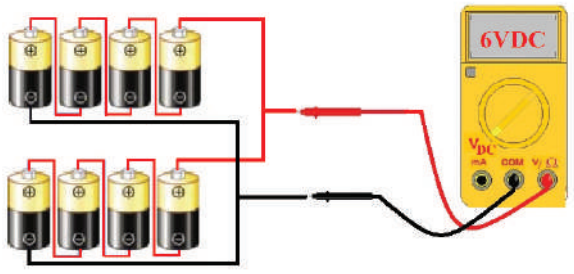
أ- صل أربع بطاريات على التوالي، وأربع بطاريات أخرى على التوالي، ثم صل المجموعتين على التوازي، كما في الشكل (5).



الشكل (5)

ب-قس الفولتية بين طرفيها كما في الشكل (6)، ثم دون النتيجة في دفترك.

جـ-اكتب تقريرًا مفصلًا يبين الخطوات جميعها التي نفذتها.



الشكل (6)

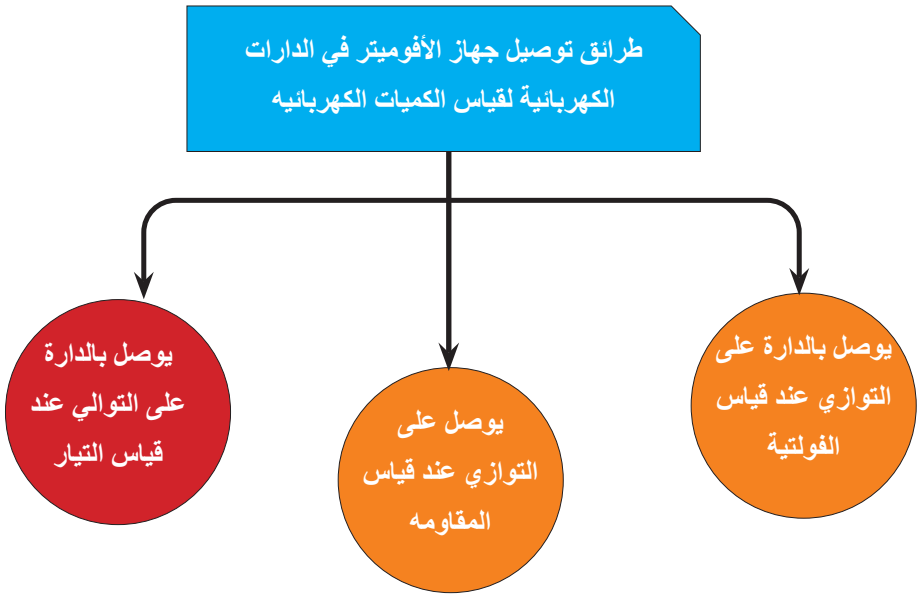
3- نشاط للممارسة:

- نفذ التمارين السابقة باستخدام بطاريات (9V).

التقويم الذاتي (النقاط الحاكمة)

الرقم	خطوات الأداء	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	أعرَّف المفاتيح والمخارج الموجودة في جهاز الأفوميتر.			
2	أبني الدارة الكهربائية وأستخدم جهاز الأفوميتر الرقمي لقياس المقاومة.			
3	أبني الدارة الكهربائية وأستخدم جهاز الأفوميتر الرقمي لقياس التيار.			
4	أستخدم جهاز الأفوميتر لقياس الفولتية.			
5	أستخدم جهاز الكلامبميتر لقياس التيار.			
6	أميز بين البطاريات من حيث شكلها وحجمها وأنواعها.			
7	اتحقق من قانون أوم وحساب القدرة والطاقة الكهربائية.			
8	أوصل البطاريات على التوالي والتوازي والمركب.			
9	أرسم العلاقة بين كل من الفولتية والتيار.			

الخرائط المفاهيمية



رابعًا: المقاومة الكهربائية

النتاجات

يُتوقّع منك بعد دراسة هذا الدرس أن:

تميز بين أنواع المقاومات (الكربونية والسلكية والخاصة).

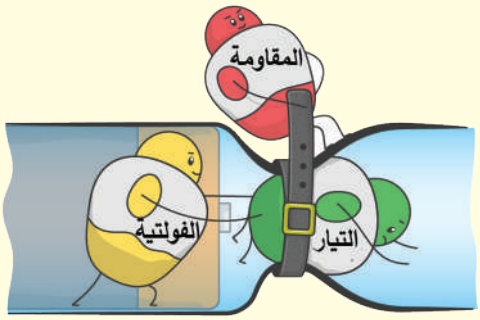
تبيّن العوامل المؤثرة في اختيار المقاومة الكهربائية.

تبيّن طرائق توصيل المقاومات (توالي، توازي، مركب).

تحدد قيمه المقاومة بدلالة الألوان.

انظر وتساءل

- تُعرَّف المقاومة الكهربائية (R) بأنها ممانعة المادة لسريان التيار الكهربائي من خلالها كما يُعبر عنها بالشكل (1-27). فلماذا نضيف العناصر الكهربائية (المقاومات) إلى الدارة الكهربائية؟



الشكل (1-27).

استكشف

يعُد أي حمل في الدارة الكهربائية (مثل: لمبة، مروحة، محرك، مدفأة وغيرها) مقاومة، ويؤدي ربط الحمل في الدارة الكهربائية إلى استهلاك قدر من الطاقة، يحوّل الطاقة الكهربائية إلى نوع آخر من أنواع الطاقة منها (الطاقة الضوئية، والطاقة الحركية، والطاقة الحرارية، وغيرها).

يُضاف إلى الدارات الكهربائية عناصر كهربائية تسمى (المقاومات الكهربائية)، بهدف تنظيم التيار الوارد إلى هذه الدارات، عن طريق تبديد التيار الزائد عن الحد المسموح به في الدارة إلى حرارة، ما يجعل هذه المقاومات من أهم المكونات والعناصر في الدارات الكهربائية والإلكترونية.

الموصل الكهربائي (السلك) نفسه له مقاومة تختلف قيمتها من موصل لآخر.

- ما العوامل المؤثرة في مقاومة المواد الموصلة للتيار الكهربائي؟

- ما علاقة هذه العوامل بقيمة المقاومة؟

اقرأ وتعلّم

1- العوامل المؤثرة في مقاومة المواد الموصلة للتيار الكهربائي

تعتمد مقاومة المادة على العوامل الآتية:

أ - **الطول:** تتناسب المقاومة تناسبًا طرديًّا مع طول الموصل (السلك) (L).

ب- **مساحة المقطع:** تتناسب المقاومة تناسبًا عكسيًّا مع مساحة المقطع (A).

جـ نوع المادة المصنوعة منها الموصل: ويعبر عنها بالمقاومة النوعية (Specific Resistivity) (ρ)، وهي مقاومة جزء من المادة طوله متر واحد ومساحة مقطعة ($1m^2$)، ووحدتها ($\Omega.m$). ويوضح الجدول (1-2) المقاومة النوعية لبعض المواد عند درجة حرارة (20^oC).

تلاحظ من الجدول (1-2) أن الفضة هي أحسن الموصلات، ولكن، نظرًا لارتفاع ثمنها، فإنها لا تستخدم إلا في نطاق ضيق، ويستخدم النحاس بدلًا منها لرخص ثمنه (نسبيًّا)، وتوافره بكميات كبيرة، كما أنه يمكن استخدام الألمنيوم موصلًا جيدًا للكهرباء لخفة وزنه.

الجدول (1-2): المقاومة النوعية لبعض المواد.

المادة	المقاومة النوعية ρ ($\Omega.m$)
الفضة	1.59×10^{-8}
النحاس	1.69×10^{-8}
الذهب	1.44×10^{-8}
الألمنيوم	2.75×10^{-8}
التنجستين	5.61×10^{-8}

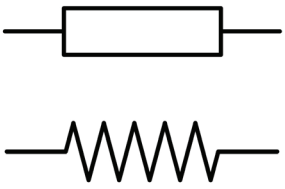
د- درجة الحرارة: تزداد مقاومة بعض المواد كالنحاس والألمنيوم بارتفاع درجة الحرارة، في حين تقل مقاومة الكربون والمواد شبه الموصلة بارتفاع درجة الحرارة.

ويعبر عن المقاومة عند درجة حرارة معينة بالعلاقة الآتية: $R = \rho \frac{L}{A}$

2- أنواع المقاومات

لتسهيل فهمنا لأنواع المقاومات، سنُصنَّف المقاومات (Resistors) إلى ثلاثة أنواع رئيسة:

أ - المقاومات ثابتة القيمة (Fixed Resistors)



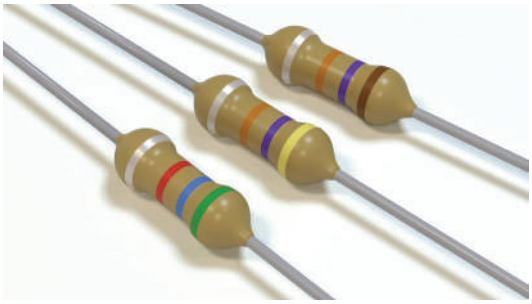
الشكل (1-28).

وهي المقاومات التي تأخذ قيمة ثابتة لا تتغير قيمتها. حيث تكتب قيمة المقاومة على غلافها الخارجي مباشرة أرقامًا، أو غير مباشرة (ألوانًا). ويرمز إلى المقاومة الثابتة عمومًا كما في الشكل (1-28).

وتصنف هذه المقاومات طبقًا للمادة المصنوعة منها إلى:

1. المقاومات الكربونية (Carbon Resistors):

تصنع هذه المقاومات من مزيج من الكربون المسحوق ومادة غير موصلة مثل مسحوق السيراميك، كما في الشكل (1-29).



الشكل (1-29).

2. المقاومات الغشائية (Film Resistors):

وهي ثلاثة أنواع: الغشاء الكربوني، وغشاء أكسيد المعدن، والغشاء المعدني، كما في الشكل (1-30).

وتشبه هذه المقاومات من حيث الشكل الخارجي المقاومات الكربونية لكنها أكثر دقة.

الشكل (1-30).

3. المقاومات السلكية (Wire wound Resistors):

تصنع من سلك معدني ملفوف مصنوع من سبيكة معدنية، مثل: النيكل، والكروم، وتغلف من الخارج بمادة تتحمل الحرارة، كما في الشكل (1-31).

الشكل (1-31).

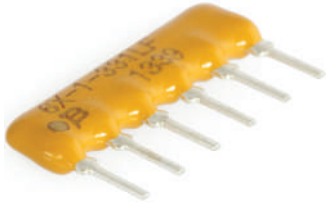
4. المقاومات السطحية (Surface Mount Resistors):

هي مقاومات مخصصة للتركيب على وجه واحد على اللوحة الإلكترونية (البورد) ولا تحتاج إلى ثقوب في الدائرة لتثبيتها، كما في الشكل (1-32).

الشكل (1-32).

5. المقاومات الشبكية (Network Resistors):

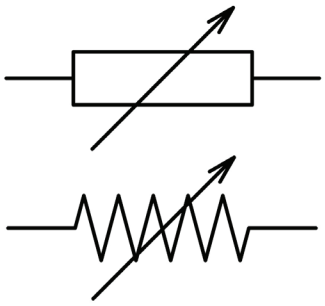
مجموعة من المقاومات المتشابهة تُغلَّف بغلاف خارجي عازل، كما في الشكل (1-33).



الشكل (1-33).

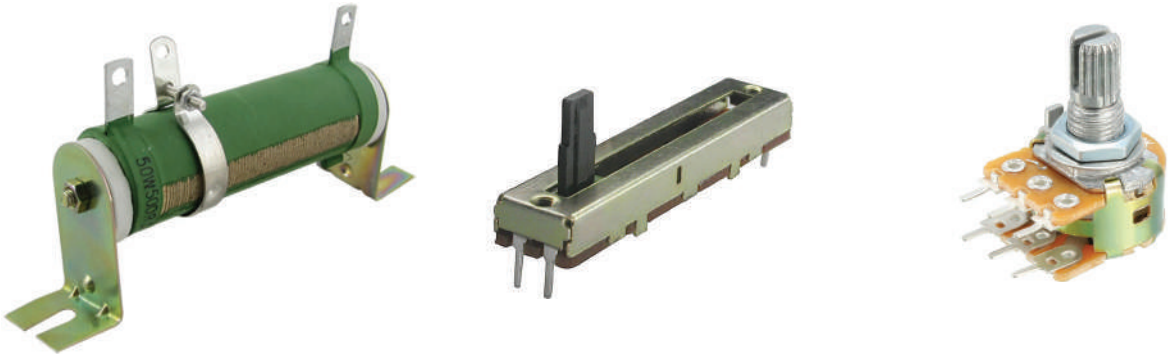
ب- المقاومات متغيرة القيمة (Variable Resistors):

وهي المقاومات التي يمكن تغيير قيمتها ضمن مدًى معين. ويكون لهذه المقاومة غالبًا ثلاثة أطراف، اثنان ثابتان والثالث متحرك ينـزلق على سطح المقاومة بين الطرفين الثابتين، حيث يمكن عبر هذه المقاومات الحصول على قيم مختلفة من المقاومات حسب وضع الطرف المنزلق لهذه المقاومات، ويرمز إلى المقاومة متغيرة القيمة عمومًا كما في الشكل (1-34).



الشكل (1-34).

ويبين الشكل (1-35) بعض أشكال المقاومات متغيرة القيمة.



(أ) (ب) (جـ)

الشكل: (1-35): بعض أشكال المقاومات متغيرة القيمة.

جـ-المقاومات الخاصة

هي مقاومات تستخدم في تطبيقات عملية محددة، تصنع من مواد خاصة وبطرائق خاصة لتلائم تطبيقات عملية معينة في الدارات الإلكترونية، ويختلف عملها عن عمل المقاومات العادية، ومن هذه المقاومات:

1. المقاومة التي تتغير قيمتها بتغيير الفولتية (Voltage-Dependent Resistor:VDR):

تعتمد قيمة هذه المقاومة على قيمة الفولتية بين طرفيها، فإذا ارتفعت قيمة الفولتية، انخفضت قيمتها، وإذا انخفضت قيمة الفولتية ارتفعت قيمتها، وبذلك تثبت التيار الكهربائي المار بالحمل، وتوصل مع الحمل على التوازي وتستخدم أساسًا في مجال وقاية المعدات الكهربائية من الارتفاع المفاجئ في الفولتية الكهربائية، والشكل (1-36) يبين شكلها.

الشكل (1-36).

2. المقاومة التي تتغير قيمتها بتغير الحرارة (ثيرمستور):

وهي المقاومة التي تتغير قيمتها بارتفاع درجة الحرارة أو انخفاضها، وتستخدم في دارات الحماية من ارتفاع درجات الحرارة، **تصنف حسب نوع المعامل الحراري إلى:**

الشكل (1-37).

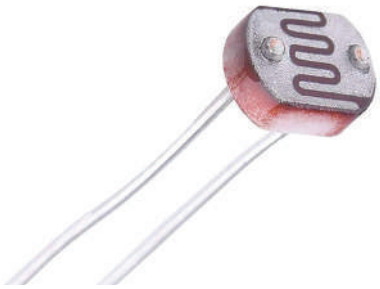
أ. ذي معامل حراري موجب *(Positive Temperature Coefficient: PTC)*: وهي مقاومات تزداد قيمتها بارتفاع درجة الحرارة، كما في الشكل (1-37).

ب. ذي معامل حراري سالب *(Negative Temperature Coefficient: NTC)*: وهي مقاومات تقل قيمتها بارتفاع درجة الحرارة، وتحمي الدارة الإلكترونية من ارتفاع التيار الكهربائي، وخصوصًا عند إغلاق مفتاح التشغيل، كما في الشكل (1-38).

الشكل (1-38).

3. المقاومات الضوئية (Photo Resistor):

هي مقاومات متغيرة حيث أن قيمتها تتناسب عكسيًّا مع شدة الضوء الساقط عليها، كما في الشكل (1-39).



الشكل (1-39).

3- قراءة قيمة المقاومات

تحدد قيمة المقاومة الكهربائية مباشرة بأن تطبع قيمتها على الغلاف الخارجي للمقاومة، وتُطلى بعض المقاومات بحلقات دائرية ملونة حولها تدل على قيمة المقاومة، نظرًا إلى صعوبة كتابة قيمة المقاومة الكهربائية عليها لصغر حجمها.

وهناك عدة أنظمة لتحديد قيمة المقاومات، منها:

أ- الترميز باستخدام حلقات الألوان

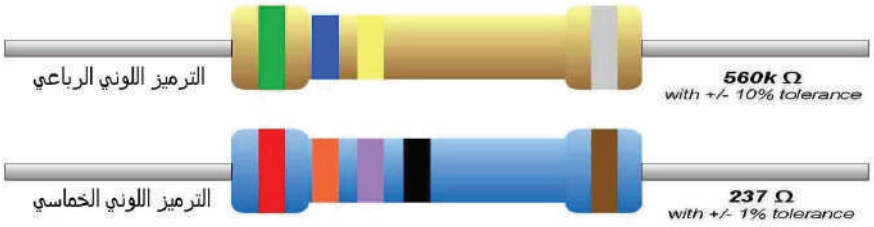
ويستخدم لتحديد قيمة المقاومات الكربونية الثابتة ذات حلقات الألوان، ويدل كل لون على قيمة معينة، وتُقرأ قيمة المقاومة فيها من الشمال إلى اليمين، وهناك نوعان لهذا الترميز، هما:

1. **المقاومات ذات الألوان الأربعة:** ويستخدم لذلك أربع حلقات، تحدد الحلقة الأولى من جهة الشمال الرقم الأول للمقاومة، وتحدد الحلقة الثانية الرقم الثاني للمقاومة، وتحدد الحلقة الثالثة المضاعف العشري (عدد الأصفار)، في حين تحدد الحلقة الرابعة قيمة التفاوت (السماحية) كما في الشكل (40-1).

	الخانة الأولى	الخانة العشرية الثانية	قيمة المضروب للعدد (10)	السماحية
Black	0	0	1	
Brown	1	1	10	1% (F)
Red	2	2	100	2% (G)
Orange	3	3	1K	
Yellow	4	4	10K	
Green	5	5	100K	0.5% (D)
Blue	6	6	1M	0.25% (C)
Violet	7	7	10M	0.1% (B)
Gray	8	8	100M	0.05% (A)
White	9	9	1G	
Gold			0.1	5% (J)
Silver			0.01	10% (K)
None				20% (M)

الشكل (40-1).

2. المقاومات ذات الألوان الخمسة: يستخدم الترميز ذو الحلقات الخمس لتحدد الحلقة الأولى من جهة الشمال الرقم الأول للمقاومة، وتحدد الحلقة الثانية الرقم الثاني للمقاومة، وتحدد الحلقة الثالثة الرقم الثالث للمقاومة، وتحدد الحلقة الرابعة المضاعف العشري (عدد الأصفار)، في حين تحدد الحلقة الخامسة قيمة السماحية، كما في الشكل (1-41).



الشكل (1-41)

مثال (8)

مقاومة كربونية عليها أربع حلقات لونية هي (على الترتيب): أصفر، أخضر، بني، ذهبي، ما قيمة هذه المقاومة؟ وما الحد الأدنى والحد الأقصى لقيمتها؟

الحل: الحلقة الأولى: لونها: أصفر قيمتها (4).

الحلقة الثانية: لونها: أخضر قيمتها (5).

الحلقة الثالثة: لونها: بني قيمتها (1) وهو معامل الضرب (×10)

الحلقة الرابعة: لونها: ذهبي وهي تعطي قيمة السماحية (±5%)

وبذلك تصبح قيمة المقاومة. $450 \pm 5\%\ \Omega$

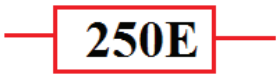
$$450 \times \frac{5}{100} = 22.5\ \Omega$$

الحد الأقصى لقيمة المقاومة. $450 + 22.5 = 472.5\ \Omega$

الحد الأدنى لقيمة المقاومة . $450 - 22.5 = 427.5\ \Omega$

ب- الترميز باستخدام الأحرف والأرقام التي تكتب على جسم المقاومة:

يمكن معرفة ذلك عبر الأمثلة الآتية:

	قيمة هذه المقاومة 250Ω
	K: تعني فاصلة، وتعني أيضًا كيلو
	قيمة المقاومة = (2.7KΩ)
	M: تعني هنا فاصلة، وتعني أيضًا ميغا
	قيمة المقاومة = (5.8MΩ)

جـ- نظام الرموز(BS1852):

يستخدم في هذا الترميز (BS1852) حروف وأرقام للدلالة على قيمة المقاومة، ويستخدم هذا النوع من الترميز للدلالة على المقاومات عند رسم المخططات الكهربائية وعلى بعض المقاومات التي لا تملك ترميزًا لونيًّا. ويبين الجدول (1-3) هذه الطريقة.

الجدول (1-3):استخدام الترميز (BS1852).

القيمة	الرمز
0.47Ω	R47
1.0Ω	1R0
4.7Ω	4R7
10Ω	10R
47Ω	47R

القيمة	الرمز
100Ω	100R
1KΩ	1K0
10KΩ	10K
100KΩ	100K
1MΩ	1M0
10MΩ	10M

وبعد الإشارة إلى قيمة المقاومة يمكن إضافة حرف يدل على السماحية كما يأتي:

F(±1%)	K(±10%)
G(±2%)	M(±20%)
J(±5%)	

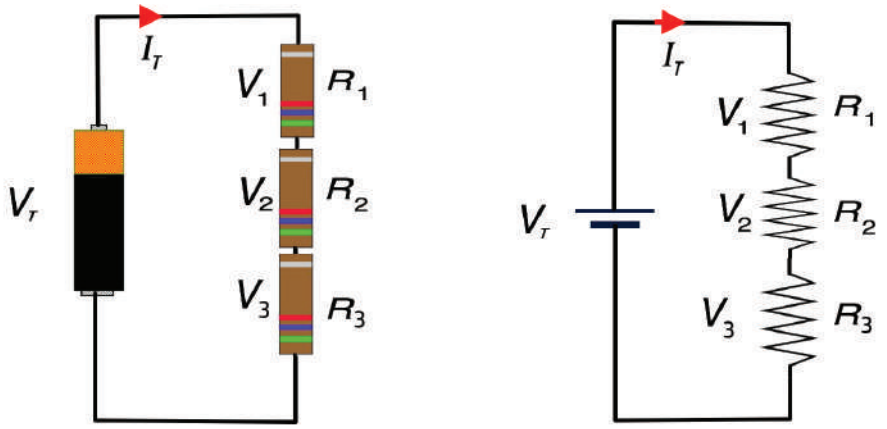
وعليه فإن الترميز (4K7K) يعني مقاومة قيمتها (4.7KΩ) وسماحيتها (±10%).

4- توصيل المقاومات

توصل المقاومات في الدارات الكهربائية بطرائق عدة، هي:

أ- التوصيل على التوالي (Resistor in Series)

عند توصيل المقاومات على التوالي، يكون أحد طرفي المقاومة الأولى متصلًا بالطرف الأول من المقاومة الثانية، والطرف الثاني من هذه المقاومة متصلًا بالطرف الأول من المقاومة الثالثة، وهكذا، أي أن المقاومات الثلاث في اتصال متوالٍ، ويمر التيار نفسه في المقاومات جميعها، والشكل(1-42) يبين ثلاث مقاومات (R_1،R_2،R_3) متصلة على التوالـــي. ينتـج من مـرور التيـار في هذه المقاومات الـــثلاث الفولتيات (V_1، V_2، V_3) على التوالي. وإذا كانت فولتية المصدر (V_T)، والتيار المار في الدارة (I_T)، والمقاومة الكلية (R_T):



الشكل(1-42): توصيل المقاومات على التوالي

وبتطبيق قانون أوم حسب العلاقة الآتية:

$$V_1 = I_1 R_1$$

$$V_2 = I_2 R_2$$

$$V_3 = I_3 R_3$$

ولما كان: $I_T = I_1 = I_2 = I_3$

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3$$

وبالتعويض: $I_T R_T = (I_T \times R_1) + (I_T \times R_2) + (I_T \times R_3)$

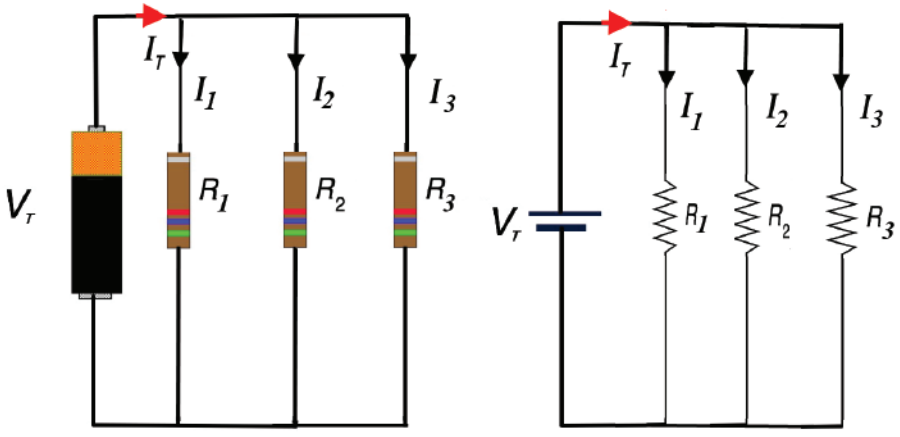
إذًا، $R_T = (R_1 + R_2 + R_3)$ .....

حيث إن: R_T: المقاومة الكلية. I_T: التيار الكلي. V_T: الفولتية الكلية.

في حال التوصيل على التوالي
النتيجة: المقاومة الكلية لعدة مقاومات متصلة على التوالي يساوي مجموع هذه المقاومات.
- يسري التيار نفسه في جميع المقاومات. ($I_T=I_1=I_2=I_3$)
- تتوزع فولتية المصدر على المقاومات بتناسب طردي مع قيمة كل منها $V_T= V_1 + V_2 + V_3$
- المقاومة المكافئة للدارة تساوي مجموع المقاومات فيها ($R_T= R_1+R_2+R_3$)

ب- التوصيل على التوازي (Resistor in Parallel)

عند توصيل المقاومات على التوازي، يوصل الطرف الأول لكل من المقاومات مع بعضها، ويوصل الطرف الثاني لكل منها مع بعضها، كما مبين في الشكل (1-43) وفي هذه الحالة تكون الفولتية بين أطراف المقاومات متساوية، في حين ينقسم التيار (I) إلى تيارات فرعية يمر كل منها بمقاومة، وإذا كانت فولتية المصدر (V_T)، والتيار المار في الدارة (I_T)، والمقاومة الكلية (R_T)،



الشكل (1-43): توصيل المقاومات على التوازي.

وبتطبيق قانون أوم حسب العلاقة الآتية:

$$I_1 = \frac{V_T}{R_1} \quad I_2 = \frac{V_T}{R_2} \quad I_3 = \frac{V_T}{R_3}$$

ولما كان:

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3$$

بالتعويض:

$$\frac{V_T}{R_T} = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3}$$

ولما كان:

$$V_T=V_1=V_2=V_3$$

فإن:

$$\frac{1}{R_T}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}$$

في حال التوصيل على التوازي

النتيجة: مقلوب المقاومة الكلية لعدة مقاومات متصلة على التوازي يساوي مجموع مقلوب هذه المقاومات.

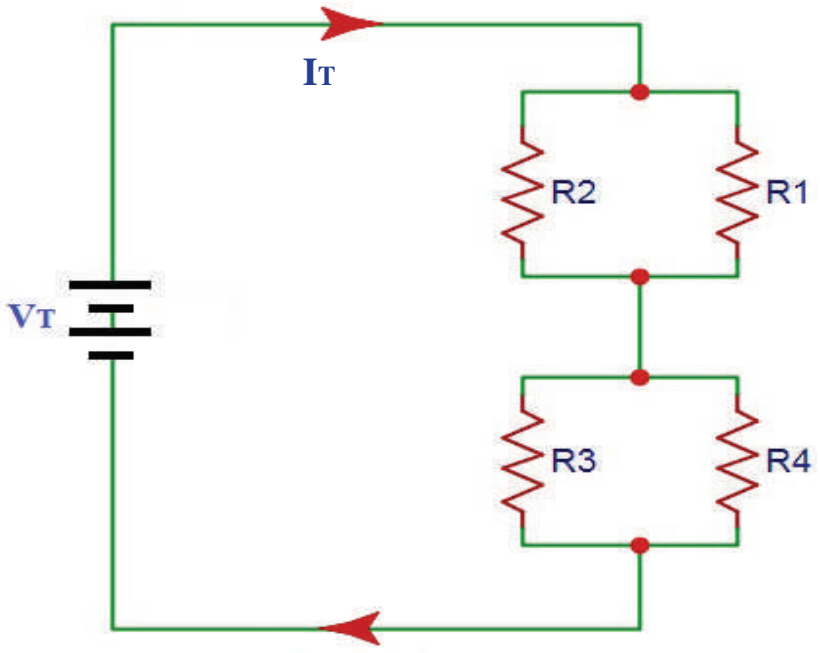
- عند توصيل عدة مقاومات متساوية على التوازي، وعددها (n)، ومقاومة كل واحدة منها (R)، فإن المقاومة الكلية لها:

$$\frac{1}{R_T}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}$$

- التيار الكلي ينقسم بين المقاومات المتصلة على التوازي بتناسب عكسي مع قيمها.
- المقاومة الكلية لمجموعة مقاومات متصلة على التوازي أصغر من أي مقاومة منها.

جـ التوصيل المركّب (Resistors Complex Combination)

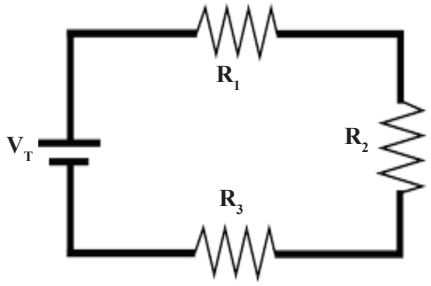
وفيه يتم الجمع بين التوصيل على التوالي والتوصيل على التوازي، كما في الشكل (1-44)، حيث إن المقاومتين (R_1، R_2) موصلتان على التوازي، وهاتان المقاومتان موصولتان على التوالي مع المقاومتين (R_3، R_4) الموصولتين معًا على التوازي.



الشكل (1-44): التوصيل المركب.

مثال (9)

ثلاث مقاومات قيمها: (R_1=500kΩ، R_2=5MΩ، R_3=800kΩ)، إذا وصلت جميعها على التوالي، فما قيمة المقاومة المكافئة؟



الحل:

R_1=500kΩ = 500000Ω

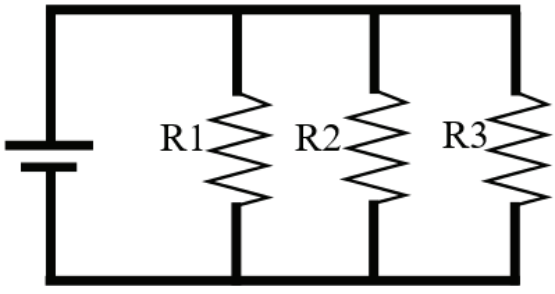
R_2=5MΩ = 5000000 Ω

R_3=800kΩ = 800000Ω

$R_T = R_1 + R_2 + R_3 = 500000+5000000+800000 = 6300000 = 6.3\ M\Omega$

مثال (10)

ثلاث مقاومات قيمها: (R_1=10Ω، R_2=15Ω، R_3=30Ω)، إذا وُصِّلت جميعها على التوازي، فما قيمة المقاومة المكافئة؟



الحل:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{10} + \frac{1}{15} + \frac{1}{30} = \frac{6}{30}$$

$R_T = 5\ \Omega$

معلومة

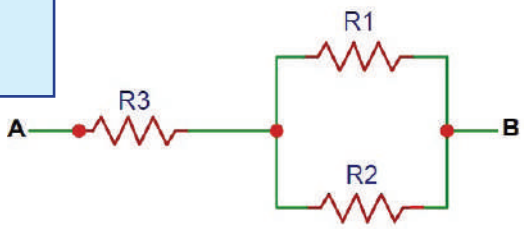
لإيجـــاد المقاومـــة المكافئـــة لمقاومتين على التوازي:

$$R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

مثال (11)

احسب المقاومة الكلية بين A وB للدارة الآتية:

إذا كان: ($R_1=3\Omega$ ،$R_2=6\Omega$ ،$R_3=8\Omega$)



الحل:

نجد القيمة المكافئة للمقاومتين الموصولتين على التوازي ($R_1=3\Omega$ ،$R_2=6\Omega$).

$$\frac{1}{R_{T1}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\frac{1}{R_{T1}} = \frac{1}{6} + \frac{1}{3}$$

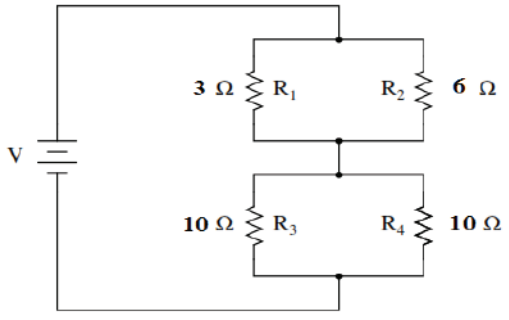
$$R_{T1} = 2\ \Omega$$

المقاومتان $R_{T1}=2\ \Omega$ و$R_3=8\ \Omega$ موصولتان على التوالي

$$R_T = R_{T1} + R_3 = 2+8 = 10\Omega$$

مثال (12)

وُصِّلت المقاومات (R_1, R_2, R_3, R_4)، كما في الشكل الآتي، احسب المقاومة الكلية.



الحل:

المقاومتان $(R_1، R_2)$ موصولتان على التوازي، بتطبيق المعادلة الآتية:

$$\frac{1}{R_{T1}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

فإن المقاومة الكلية لهما

$$\frac{1}{R_{T1}} = \frac{1}{6} + \frac{1}{3} = \frac{3}{6}$$

$$R_{T1} = 2\ \Omega$$

المقاومتان $(R_3، R_4)$ موصولتان على التوازي، بتطبيق المعادلة:

$$\frac{1}{R_{T2}} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

فإن المقاومة الكلية لهما

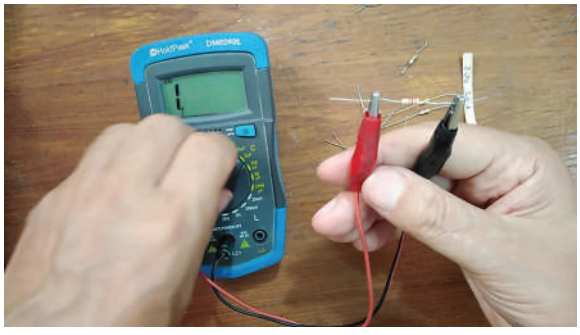
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{10} + \frac{1}{10} = \frac{2}{10}$$

$$R_{T2} = 5\Omega$$

بتطبيق المعادلة $R_T = (R_{T1}+R_{T2})$ ، فإن المقاومة الكلية تساوي

$$R_T = (2+5) = 7\Omega$$

5- أعطال المقاومات



الشكل(1-45): فحص المقاومة.

عند زيادة التيار المار عبر المقاومة عن الحد المسموح به، يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارتها إلى الحد الذي ينقطع معه السلك المكوّن للمقاومة السلكية أو تتفتت المقاومة الكربونية، وينتج من ذلك تلف المقاومة. ويكتشف تلف المقاومة بقياس قيمتها باستخدام الأوميتر(أو الأفوميتر على تدريج المقاومة)، كما هو مبين في الشكل (1-45)، وبعد فصل مصدر التغذية عن الدارة الكهربائية أو فصل أحد أطراف المقاومة، وإذا كانت المقاومة تالفة، فإن جهاز القياس سيعطي قيمة مقاومة عالية جدًّا $(= \infty)$.

هناك عطل آخر للمقاومة، يسمى تغير القيمة نتيجة للاستعمال المتكرر، حيث ترتفع قيمة المقاومة دون أن تحترق.

تُطلى بعض المقاومات الكربونية بحلقات دائرية ملونة حولها تدل على قيمة المقاومة، بسبب صعوبة كتابة قيمة المقاومة الكهربائية عليها لصغر حجمها، ولكن، لماذا تُطلى بطلاء مقاوم للحرارة وبحلقات دائرية؟

القياس والتقويم

1- عرف كلًّا مما يأتي:

أ - المقاومة النوعية.

ب- السماحية.

2- باستخدام جدول ترميز ألوان المقاومة الكربونية، احسب قيم المقاومات المبينة في الشكل الآتي.

3- ماذا تعني الاختصارات الآتية: PTC، VDR، NTC؟

4- تأمل الشكل التالي، ثم أجب ما يأتي:

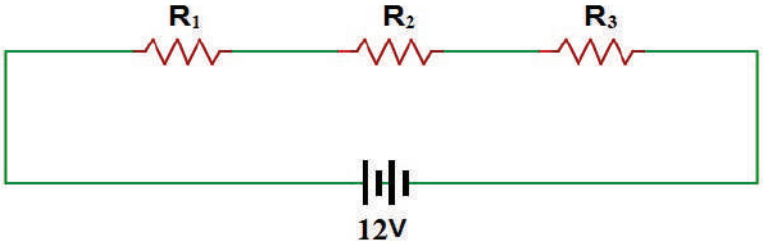
إذا كانت $R_1 = 3K\Omega$, $R_2 = 5K\Omega$, $R_3 = 4K\Omega$

فاحسب قيمة كل مما يأتي:

أ - المقاومة الكلية.

ب- التيار الكلي.

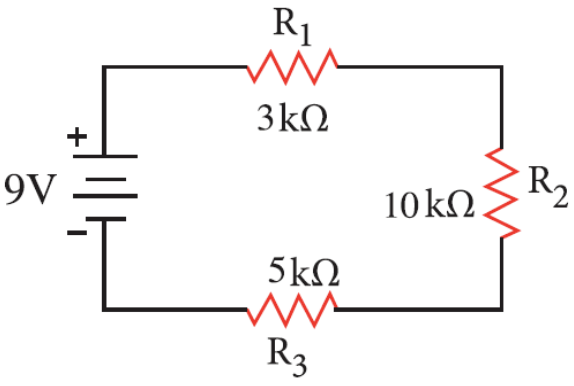
جـ- الفولتية على كل مقاومة.



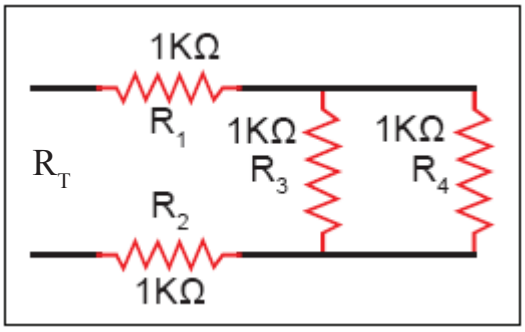
5 - اذكر العوامل التي تعتمد عليها مقاومة المادة.

6- اذكر أنواع المقاومات.

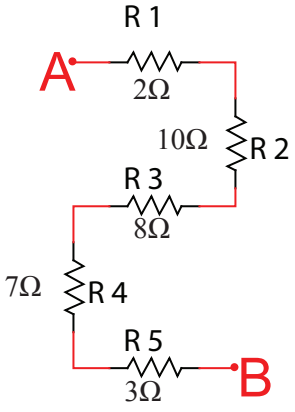
7 - احسب قيمة المقاومة الكلية في الشكل الآتي.



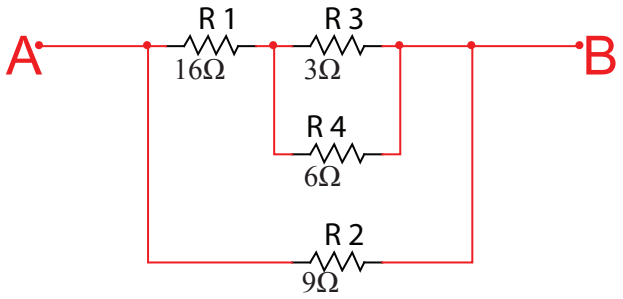
8 - احسب قيمة المقاومة الكلية للدارة المبينة في الشكل الآتي.



9 - احسب قيمة المقاومة المكافئة بين النقطتين A ، B في الشكل الآتي.



10 - احسب قيمة المقاومة المكافئة الكلية بين النقطتين A ، B في الشكل الآتي.



11- مقاومتان إذا وُصِّلتا على التوالي، كانت المقاومة المكافئة لهما (160Ω)، وعند وصلهما على التوازي، كانت المقاومة المكافئة لهما (30Ω)، فما قيمة كل من المقاومتين؟

12- في الشكل التالي، احسب ما يأتي:

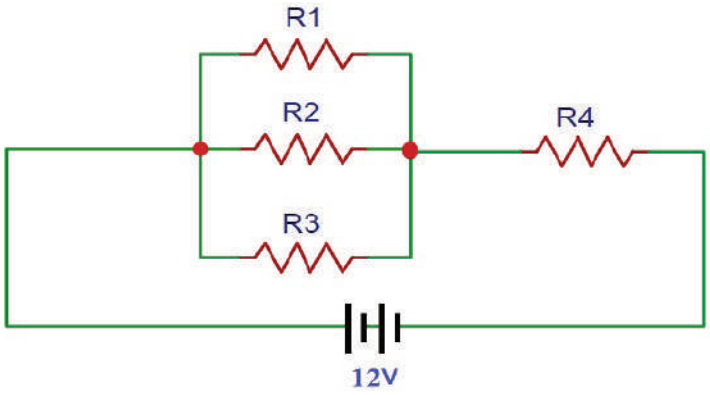
إذا كانت $R_1 = 4K\Omega$, $R_2 = 6K\Omega$, $R_3 = 12K\Omega$, $R_4 = 1K\Omega$ فاحسب ما يأتي:

أ- قيمة المقاومة الكلية.

ب- قيمة التيار الكلي.

جـ- القدرة الكلية للدارة.

د- الطاقة الكلية المستهلكة في الدارة خلال (4) ساعات.



تمرين: (1-10) فحص صلاحية المقاومات الكهربائية

يُتوقع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تفحص صلاحية المقاومات الكهربائية.

متطلبات تنفيذ التمرين	
التجهيزات (الأدوات)	**المواد الأولية**
- جهاز الأفوميتر الرقمي - كاوي لحام - صندوق العدة	- مقاومات كربونية - مقاومات كربونية متعددة القيم - مقاومة كربونية متغيرة القيم - مقاومة سلكية وحرارية متغيرة القيم - مقاومات NTC - مقاومات PTC - مقاومات VDR - بكرة لحام قصدير

خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1- صنّف المقاومات المتوافرة في المشغل: أ- تفحص المقاومات المتوافرة في المشغل. ب- تعرف المقاومات المختلفة، وصنّفها حسب ثبات قيمتها أو المادة المصنّعة منها، كما هو مبين في الشكل (1).	 الشكل (1).

2- اضبط جهـاز الأفوميتر الرقـمي على وضع قياس المقاومة:

أ- اختر التدريج المناسب لقياس المقاومة.

ب- وصّل المقاومة بين طرفي الجهاز كما هو مبين في الشكل (2).

جـ- قس قيمة المقاومات باستخدام جهاز الأفوميتر الرقمي، ودون النتيجة في الجدول الآتي.

قياس المقاومات باستخدام جهاز الأفوميتر الرقمي.

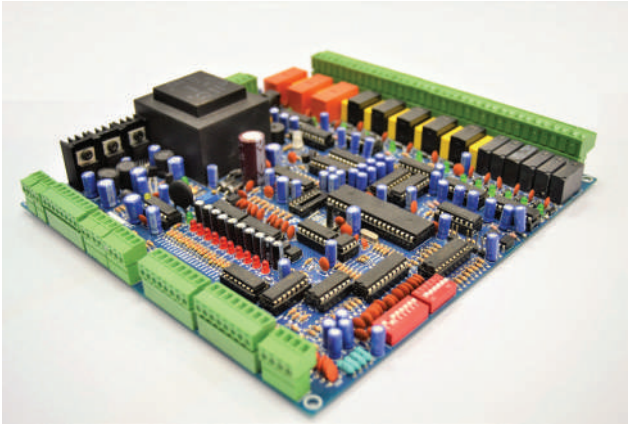
نوع المقاومة	قيمة المقاومة (المكتوبة على جسمها) أو بالألوان	قيمة المقاومة بالقياس	مقاومة صالحة	مقاومة غير صالحة	نوع العطل

3- اضبط جهـاز الأفومـيتر الرقمي على وضع قياس المقاومة:

أ- احضر لوحة إلكترونية مطبوعة (PCB) ، كما في الشكل (3)

ب- نفّذ ما يأتي:

- حدد مواقع المقاومات.
- فك المقاومات جميعها.
- صنف المقاومات حسب أنواعها.
- حدد قيمة المقاومات.
- افحص المقاومات وتأكد من صلاحيتها.
- أعد لحامها على اللوحة المطبوعة.



الشكل (3).

4- نشاط للممارسة:

- نفذ التمرين السابق باستخدام جهاز متعدد القياس التماثلي، ثم قارن بين النتائج التي حصلت عليها في الجهازين.

- ما الخطأ الذي وقع به الفاحص في هذا الشكل؟

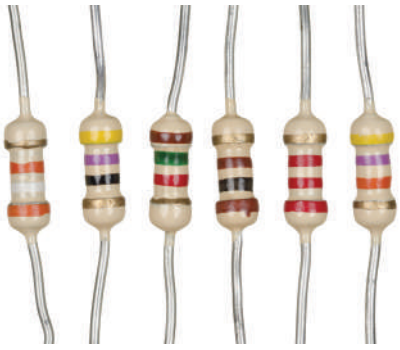
الشكل (2).

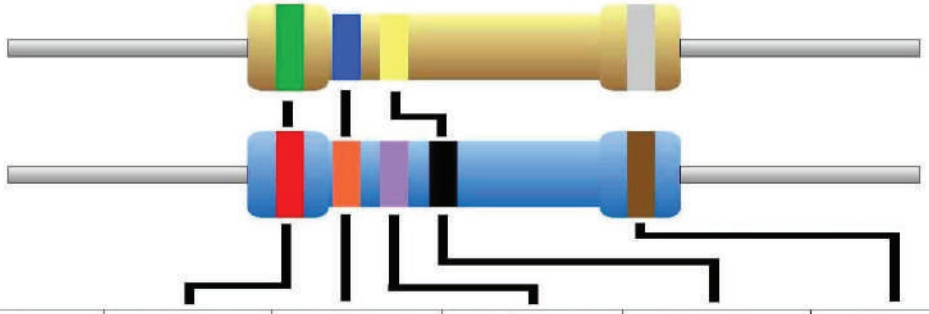
تمرين: (1-11) معرفة قيمة المقاومة بدلالة الألوان

يُتوقع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تحسب قيمة المقاومة بدلالة الألوان.

متطلبات تنفيذ التمرين	
التجهيزات (الأدوات)	**المواد الأولية**
- جهاز الأفوميتر الرقمي.	- مقاومات كربونية متعددة القيم والقدرة.

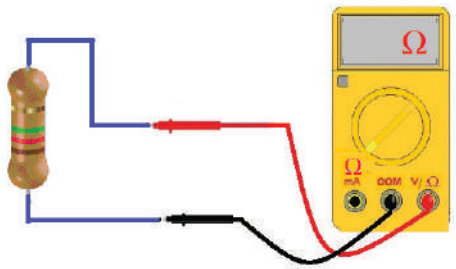
خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1- احسب قيم المقاومات باستخدام ترميز ألوان: أ -اختر مجموعة من المقاومات المتوافرة في المشغل، كما في الشكل (1). ب-احسب قيمة كل مقاومة، مُستخدِمًا جدول الترميز اللوني، كما في الشكل (2).	 الشكل (1).



Color	1st Band	2nd Band	3rd Band	Multiplier	Tolerance
Black	0	0	0	x 1 Ω	
Brown	1	1	1	x 10 Ω	+/- 1%
Red	2	2	2	x 100 Ω	+/- 2%
Orange	3	3	3	x 1K Ω	
Yellow	4	4	4	x 10K Ω	
Green	5	5	5	x 100K Ω	+/- 5%
Blue	6	6	6	x 1M Ω	+/- 25%
Violet	7	7	7	x 10M Ω	+/- .1%
Grey	8	8	8		+/- .05%
White	9	9	9		
Gold				x .1 Ω	+/- 5%
Silver				x .01 Ω	+/- 10%

الشكل (2).

جـ-قس قيمة المقاومات باستخدام جهاز الأفوميتر، كما في الشكل (3).



الشكل (3).

2- املأ الجدول الآتي، مُقارنًا قيم المقاومة المحسوبة حسب جدول الترميز اللوني التي قيست بجهاز الأفوميتر.

الرقم	قيمة المقاومة المحسوبة حسب جدول ترميز اللوني a	قيمة المقاومة التي قيست بجهاز الأفوميتر b	الفرق بين قيمة المقاومة a-b	السماحية
1				
2				
3				

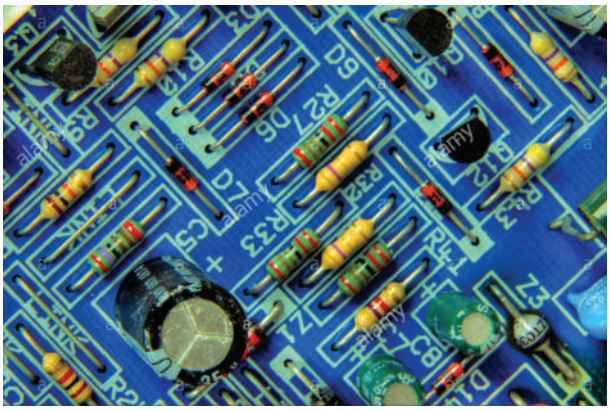
3- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين الخطوات جميعها التي نفذتها.

4- تمارين للممارسة:

نفذ التمارين العملية الآتية وحدك أو في مجموعات صغيرة في المشغل، أو حسب توجيهات المعلم:

- احضر لوحة إلكترونية مطبوعة (PCB)، كما في الشكل (4)، ثم نفذ ما يأتي:

- حدد مواضع المقاومات الكربونية متعددة القيم ومتغيرة القيم والمقاومة السلكية والحرارية متغيرة القيم، ومقاومات NTC ومقاومات PTC ومقاومات VDR.
- فك المقاومات جميعها باستخدام كاوي اللحام وشفاط اللحام.
- احسب قيمة المقاومات الكربونية الملونة مُستخدِمًا جدول الترميز اللوني.
- أعد لحام المقاومات على اللوحة المطبوعة.



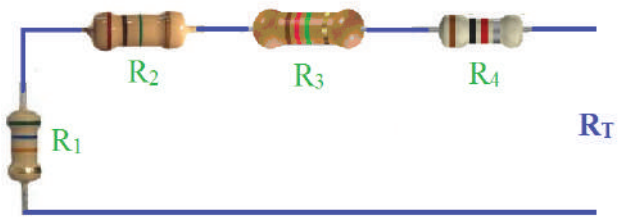
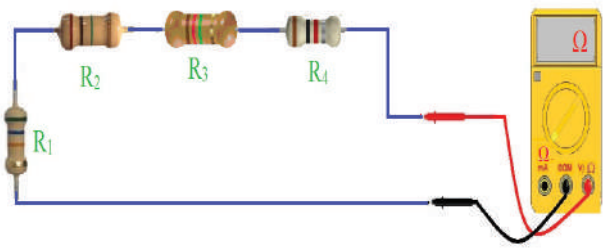
الشكل (4).

تمرين: (1-12) توصيل المقاومات

يُتوقع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- توصل المقاومات على التوالي وعلى التوازي والتوصيل المركب.
- تحسب المقاومة الكلية.
- تقيس المقاومة الكلية.

متطلبات تنفيذ التمرين	
التجهيزات (الأدوات)	**المواد الأولية**
- جهاز الأفوميتر الرقمي - كاوي لحام - صندوق العدة	- مقاومات كربونية عدد (4) - مفتاح توصيل - أسلاك توصيل - لوحة توصيل - بكرة لحام قصدير

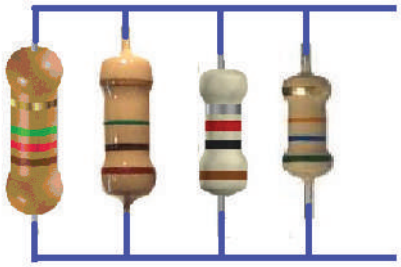
خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1- وصّل المقاومات على التوالي: أ - تفحص المقاومة التي أمامك. ب-احسب قيمة كل مقاومة، مُستخدِمًا جدول الترميز اللوني. جـ-وصّل المقاومات على التوالي كما في الشكل (1). د - احسب المقاومة الكلية.	 الشكل (1).
هـ- قس المقاومة الكلية باستخدام جهاز الأفوميتر الرقمي، كما في الشكل (2)، ثم دون النتيجة في دفترك.	 الشكل (2).

2- وصّل المقاومات على التوازي:

أ - وصّل المقاومات على التـــوازي كـــما في الشكل (3).

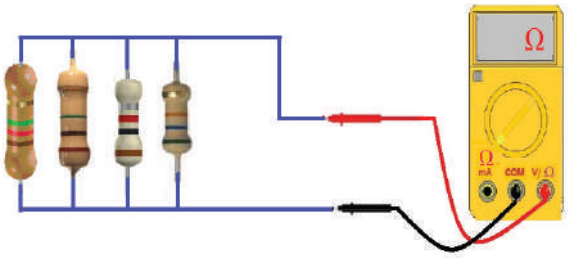
ب- احسب قيمة كل مقاومة، مُستخدمًا جدول الترميز اللوني.

جـ- احسب المقاومة الكلية.



الشكل (3)

د- قس المقاومة الكلـــية باستـــخدام جهاز الأفوميتر الرقمي، كما في الشكل (4)، ثم دون النتيجة في دفترك.



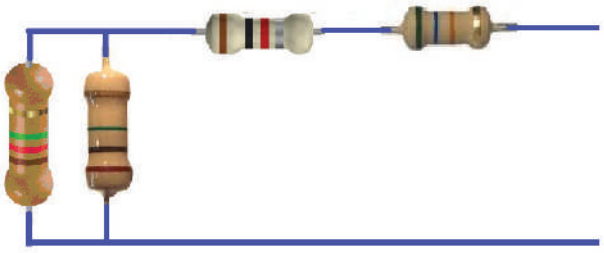
الشكل (4).

3- وصّل مقاومات التوصيل المركّب:

أ -وصِّل المقاومـــات على التوازي كـــما في الشكل (5).

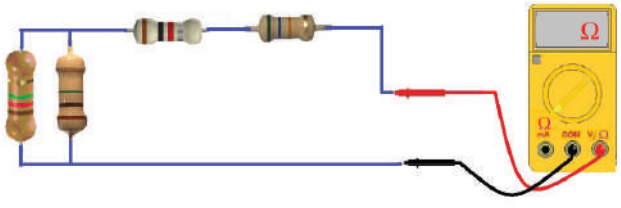
ب-احسب قيمة كل مقاومة، مُستخدِمًا جدول الترميز اللوني.

جـ-احسب المقاومة الكلية.



الشكل (5).

د- قس المقاومة الكليـــة باستخـــدام جهاز الأفوميتر الرقمي، كما في الشكل (6)، ثم دون النتيجة في دفترك.



الشكل (6).

4- أكتب تقريرًا مفصلًا يبين الخطوات جميعها التي نفذتها.

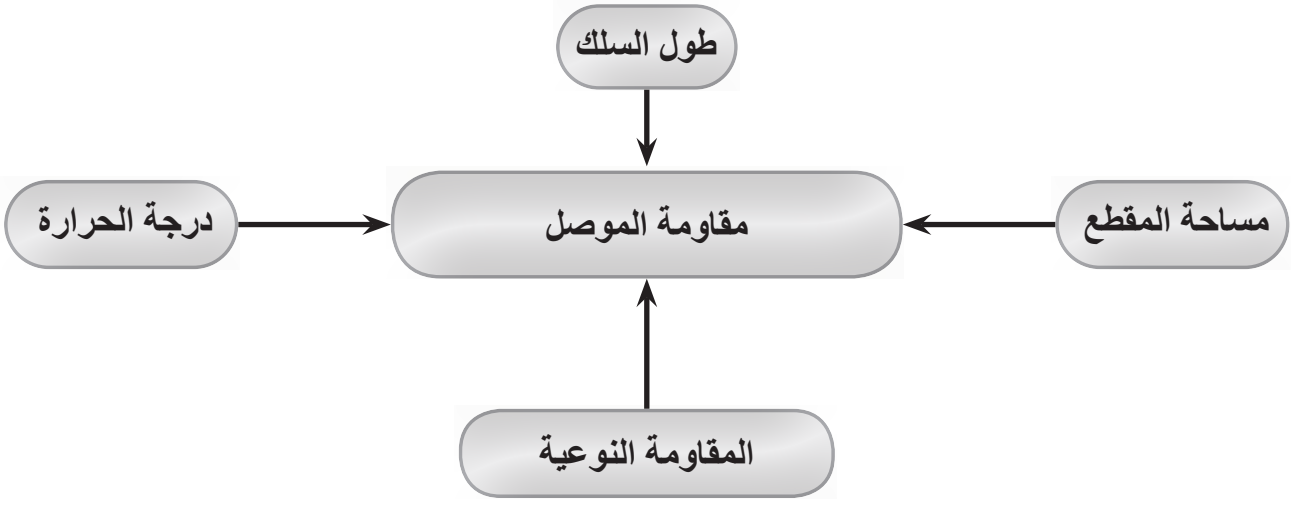
5- تقويم التمرين:

- هل يوجد اختلاف بين قيمتَي المقاومة الكلية المقيسة والمحسوبة؟ ولماذا؟

التقويم الذاتي (النقاط الحاكمة)

الرقم	خطوات الأداء	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	أحدد قيمة المقاومة بدلالة الالوان.			
2	أحدد نوع المقاومة وقدرتها من حجمها أو من الكتابات المطبوعة عليها.			
3	أوصل المقاومات على التوالي وعلى التوازي والتوصيل المركب.			
4	أحسب المقاومة الكلية لمجموعة مقاومات موصولة.			
5	أقيس المقاومة الكلية.			
6	أقيس قيم المقاومات باستخدام الأفوميتر الرقمي.			
7	أفحص المقاومات باستخدام الأفوميتر الرقمي والتماثلي وأحدد صلاحيتها.			

الخرائط المفاهيمية



خامسًا: المواسعات الكهربائية

النتاجات

يُتوقّع منك بعد دراسة هذا الدرس أن:

تميز بين أنواع المواسعات المختلفة.

تحدد قيم المواسعات من الرموز المكتوبة عليها.

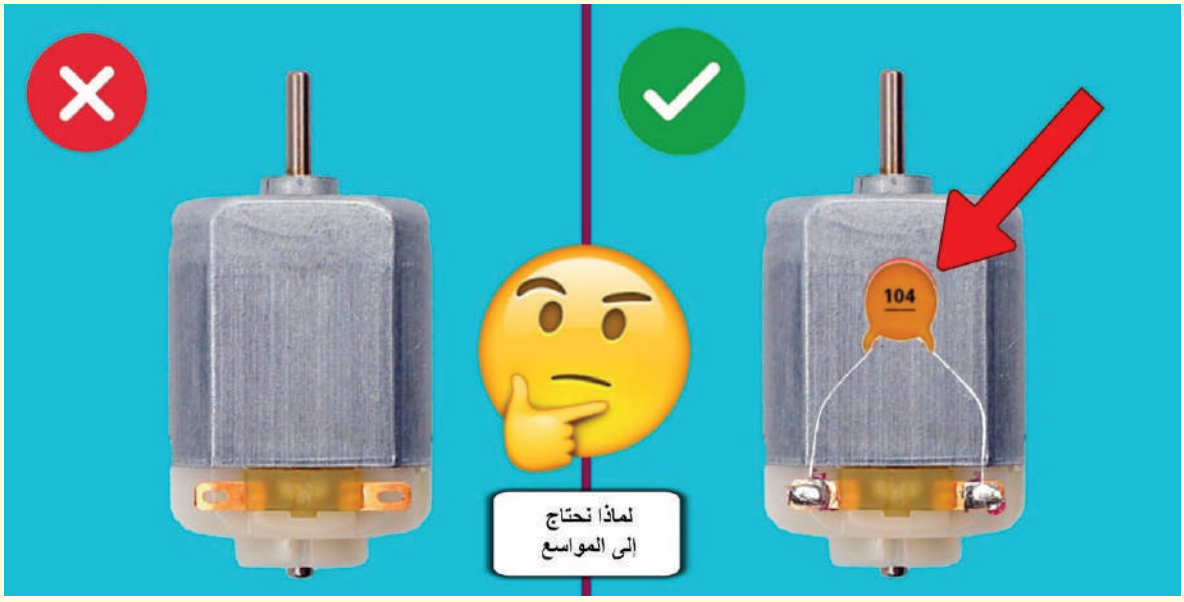
توصل المواسعات على التوالي.

توصل المواسعات على التوازي.

تستخدم جهاز قياس سعة المواسع.

- تُعدّ المواسعات (Capacitors) من العناصر المهمة المستخدمة في الدارات الكهربائية والإلكترونية، مثل المقاومات، وما يميِّزها أنها تخزن الطاقة الكهربائية وتعيد تفريغها، وهذه الخصيصة أدت إلى استخدام المواسع الكهربائي في عديد من المجالات، ستتعرفها بالتفصيل لاحقًا، ومنها:

- تخزين الطاقة الكهربائية.
- بدء دوران محركات التيار المتناوب أحادي الطور.
- منع مرور التيار المباشر.
- التخلص من الإشارات الكهربائية غير المرغوب فيها في الدارات الكهربائية.
- رفع عامل القدرة في الشبكات الكهربائية.
- استخدامها في المرحلات الزمنية.
- استخدامها في دارات التقويم والتنعيم .



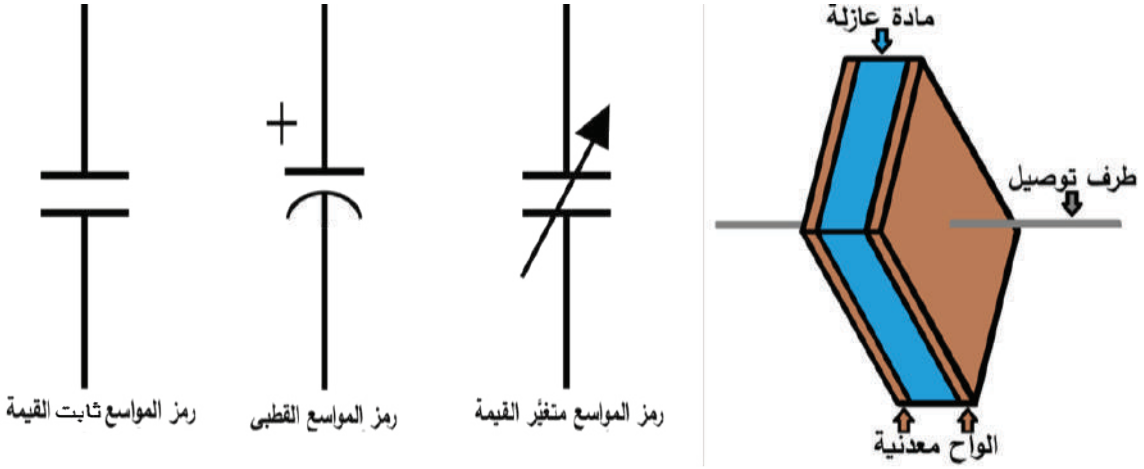
الشكل (1-46)

استكشف

- للمواسعات أشكال مختلفة وقيم متفاوتة، فما هو المواسع؟ وممَّ يتكون؟ وكيف يستخدم؟

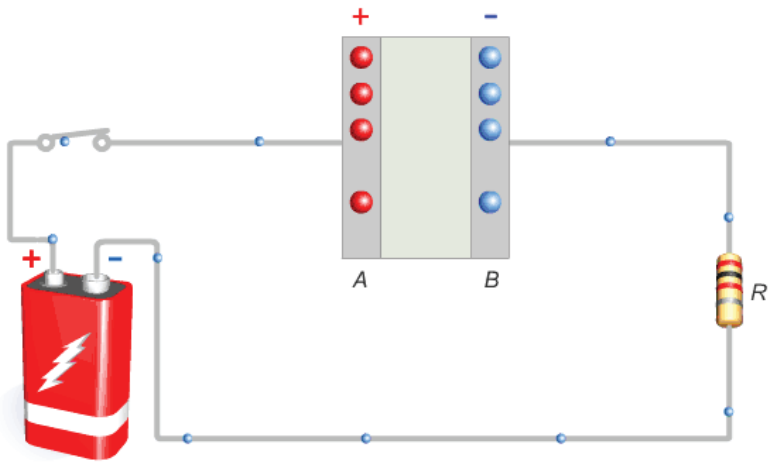
اقرأ وتعلّم

يتكون المواسع من لوحين معدنيين متقابلين، تفصل بينهما مادة عازلة تسمى الوسط العازل، مثل: الهواء أو المايكا أو البلاستيك أو الورق المشبع بالزيت، أو غيرها، ويوصل بكل لوح من لوحَي المواسع سلك توصيل لربط المواسع في الدارات الكهربائية، ويبين الشكل (1-47) تركيب المواسع ورموزه الكهربائية.



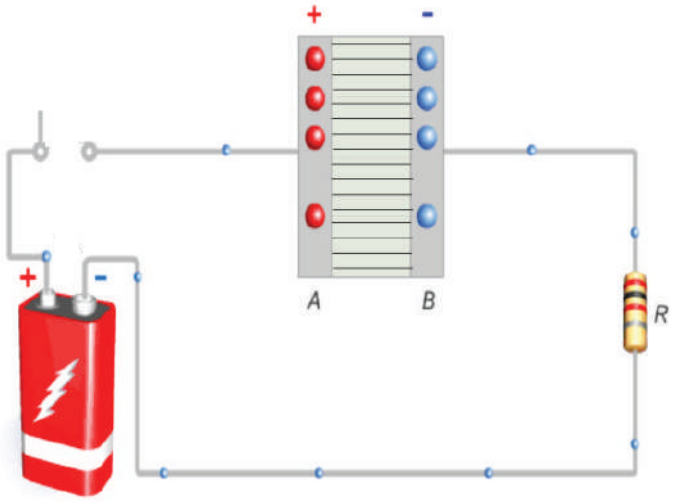
الشكل (1-47).

إذا وُصِّل المواسع بمصدر للفولتية مثل البطارية، كما في الشكل (1-48)، فإن الطرف الموجب للبطارية يجذب الإلكترونات الحرة من لوح المواسع المتصل به، وينتج من ذلك أن يصبح طرف المواسع موجبًا لفقده عددًا من الإلكترونات الحرة وانتقالها إلى الطرف الموجب للبطارية. أما اللوح الموصول بقطب المصدر السالب، فتنجذب إليه أعداد كبيرة من الإلكترونات من ذلك القطب، مُكوِّنًا فائضًا من الشحنات السالبة على ذلك اللوح.



الشكل (1-48): شحن المواسع.

ولوجود المادة العازلة في المواسع، فإن الإلكترونات لا تمر خلال المادة العازلة، بل تتركز على اللوح السالب. وهكذا يبدو كأنه تيار كهربائي يسري في الدارة تحدد قيمته بوساطة المقاومة الخارجية (R)، لا يلبث أن يتوقف عند تساوي كل من الشحنات الموجبة على لوح المواسع الموجب، وقطب مصدر الفولتية الموجب، وكذلك الشحنات السالبة على لوح المواسع السالب وقطب مصدر الفولتية السالب، ويظهر عندها المواسع، وكأنه مصدر فولتية مساوٍ في فولتيته للمصدر الرئيس في الدارة. يتشكل بين لوحي المواسع مجال كهربائي تختزن فيه الطاقة الكهربائية. وإذا فُتح المفتاح كما هو مبين في الشكل (1-49)، فإن شحنة المواسع تبقى مدة من الزمن، وعليه، فإن للمواسع خاصية شحن الطاقة الكهربائية في صورة مجال كهربائي أو شحنات كهربائية.



الشكل (1-49):الطاقة المختزنة في المواسع.

عند فصل الفولتية عن المواسع، يمكن استخدام المواسع المشحون مصدرًا للفولتية مدة قصيرة، فتُفرَّغ شحنته عند وصله بمقاومة خارجية (حمل). كما تلاحظ أنه لا يسري تيار بين لوحي المواسع لوجود المادة العازلة بين اللوحين إذا افترضنا أن هذه العازلية مثالية، وأن سريان التيار في الدارة الخارجية للمواسع يتوقف بعد اكتمال شحن المواسع.

1- سعة المواسع

السعة هي نسبة (مقدار الشحنة الموجودة على أحد لوحَي المواسع) إلى (مقدار فرق الجهد بين لوحَيه)، وتقاس السعة بوحدة الفاراد (Farad).

$$C = \frac{Q}{V}$$

حيث إن:

C: السعة (الفاراد).

Q: الشحنة (الكولوم).

V: الفولتية (الفولت).

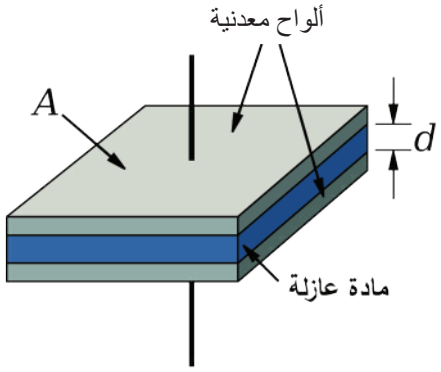
ووحدة الفاراد كبيرة نسبيًّا ولا تستخدم في الحالات العملية، بل تستخدم وحدات أصغر منها، مثل:

الميكروفاراد (μF)	ويساوي	10^{-6} فاراد.
النانوفاراد (nF)	ويساوي	10^{-9} فاراد.
البيكوفاراد (pF)	ويساوي	10^{-12}فاراد.

وتعتمد سعة للمواسع على العوامل الآتية:

أ- مساحة أحد اللوحين المتقابلين (A): وتتناسب السعة والمساحة طرديًّا.

ب- المسافة الفاصلة بين اللوحين (d): وتتناسب السعة والمسافة الفاصلة عكسيًّا، كما في الشكل (1-50).



الشكل (1-50).

جـ- نوع العازل المستعمل أو ثابت العزل للوسط الفاصل بين اللوحين (ε_r): تزداد السعة بازدياد ثابت العزل للوسط الفاصل بين اللوحين.

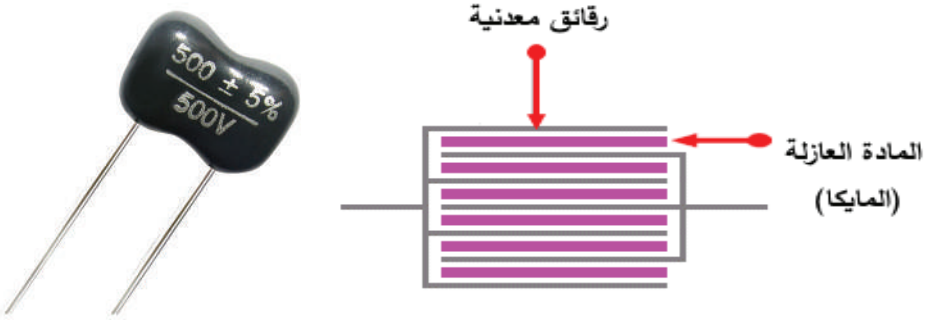
2- أنواع المواسعات

وتختلف المواسعات عن بعضها حسب سعتها، وفولتية تشغيلها، ونوع المادة العازلة المستخدمة فيها وتصنف المواسعات إلى نوعين رئيسين، هما:

أ- المواسعات ثابتة القيمة (السعة) (Fixed Capacitor)

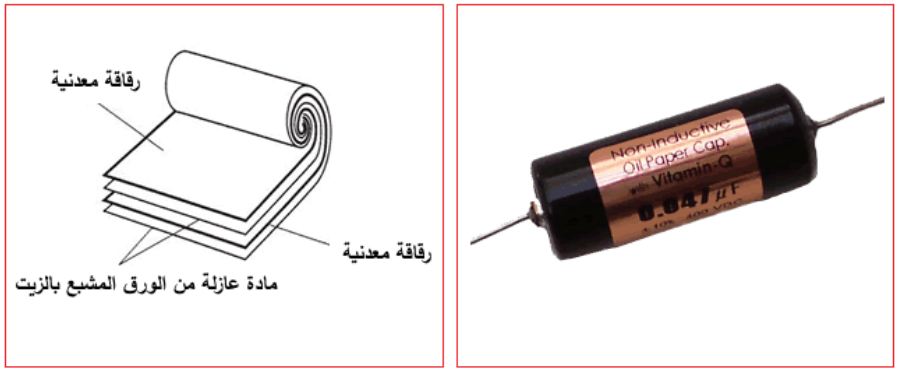
هي مواسعات محددة السعة من قبل الشركة الصانعة، حيث يثبت على جسمها مقدار سعتها، ومقدار فولتية تشغيلها. للمواسعات الثابتة أنواع عديدة، منها:

1. **مواسع المايكا:** يتكون هذا المواسع من شرائح رقيقة من المايكا تشكل الوسط العازل بين لوحين معدنيين. (المايكا اسم لمجموعة من المعادن تحتوي ذرات الألمنيوم والأكسجين والسليكون المرتبطة معًا في شكل رقائق منتظمة، وتمتاز المايكا بالانقسام التام؛ أي أنها تنقسم انقسامًا جيدًا إلى رقائق أو طبقات رقيقة). وتمتاز رقائق المايكا بقوتها ومرونتها وقابليتها للمط كما في الشكل (1-51).



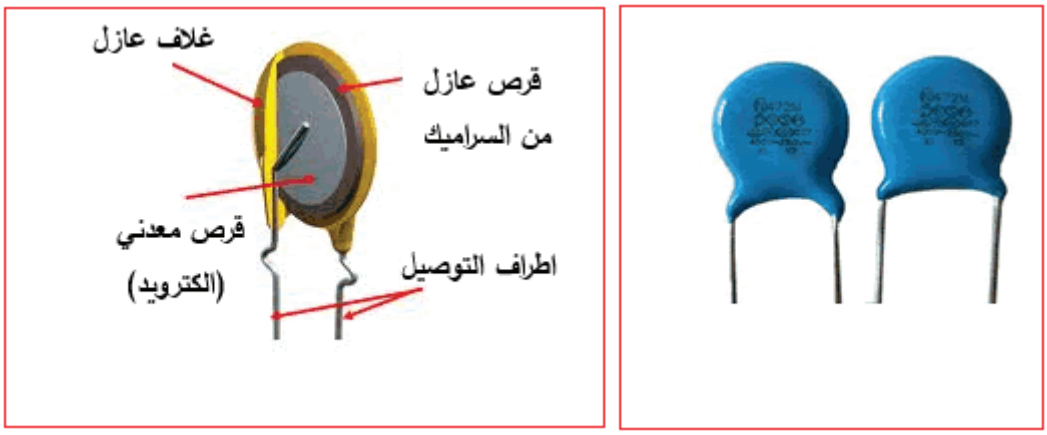
الشكل (1-51).

2. **المواسع الورقي:** يتكون هذا المواسع من صفيحتين رقيقتين من الألمنيوم بينهما طبقة رقيقة من الورق الشمعي أو الورق المشبع بزيت البارافين كما في الشكل (1-52)



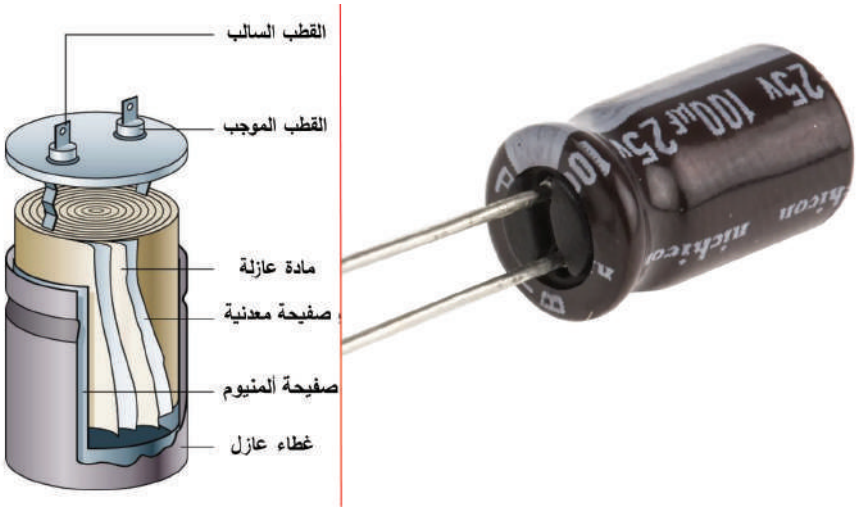
الشكل (1-52).

3. **مواسع السيراميك:** يستخدم السيراميك في هذا المواسع وسطًا عازلًا، ويصنع على شكل قرص أو على شكل أسطواني كما في الشكل (1-53).



الشكل (1-53).

4. **المواسع الإلكتروليتي (Capacitor Electrolytic):** يتكون هذا المواسع من لوح معدني رقيق من الألمنيوم بوصفه طبقة موصلة ورقيقة من الأكسيد الفلزي ليكون وسطًا عازلًا، وعند وصل المواسع بمصدر للفولتية، تصبح هذه الطبقة الرقيقة قطبًا سالبًا، في حين يصبح لوح الألومنيوم قطبًا موجبًا. يمتاز المواسع الإلكتروليتي بسعته الكبيرة التي تصل إلى 200000µF ويصل الحد الأقصى لفولتية التشغيل إلى أكثر من 350V أحيانًا، كما يمتاز بحجمه الصغير، ولهذا النوع من المواسعات قطبية (أي أنها مواسعات مستقطبة)، إذ توضع علامة (+) أو مثلث على غلاف المواسع للدلالة على الطرف الموجب للمواسع أو توضع علامة (-) على طرفه السالب. وهناك أشكال أخرى من المواسعات الإلكتروليتية يستخدم في إحداها التنتاليوم بدلًا من الألمنيوم، ويسمى المواسع في هذه الحالة مواسع التنتاليوم كما في الشكل (1-54).



الشكل (1-54).

ب- المواسعات متغيرة القيمة (السعة) (Variable Capacitor)

يمكن التحكم في سعتها إما يدويًّا وإما آليًّا، ومن أنواعها:

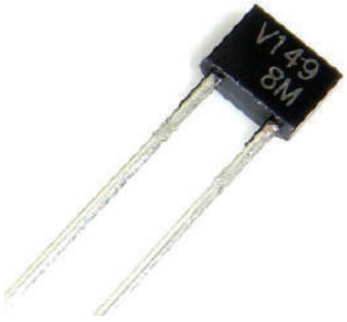
1. **المواسع الهوائي (Air Capacitor):** هو مواسع متغير السعة غالبًا، وفيه يستخدم الهواء مادة عازلة، ويتكون من مجموعتين من الألواح المعدنية (تصنع غالبًا من الألمنيوم)، ويستخدم هذا النوع من المواسعات في دارات التوليف في أجهزة المذياع، كما في الشكل (1-55).

الشكل (1-55).

2. **مواسع الضبط الدقيق (Trimmers):** في هذا النوع من المواسعات تُغيَّر السعة عن طريق التحكم في المسافة الفاصلة بين الصفائح، كما في الشكل (1-56).

الشكل (1-56).

3. **مواسع الفاراكتور (Varactors):** هو عنصر شبه موصل يتم التحكم في سعته عن طريق الفولتية المطبقة عليه، كما في الشكل (1-57).



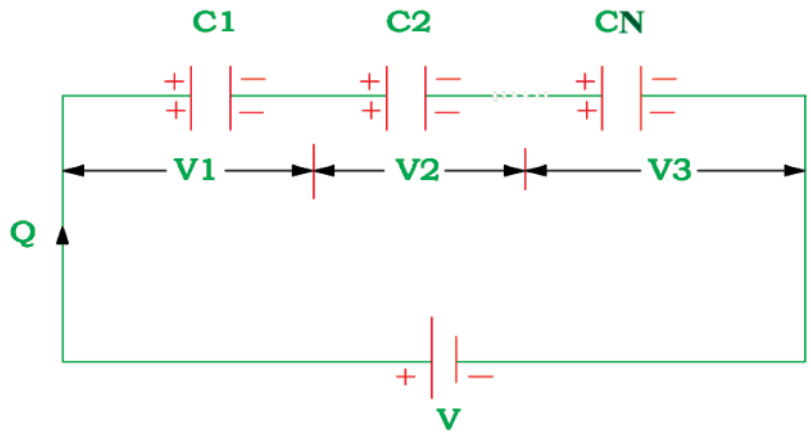
الشكل (1-57).

3- توصيل المواسعات

تتضمن بعض الدارات الكهربائية أكثر من مواسع. ويعتمد حساب السعة المكافئة لمجموعة المواسعات على الطريقة التي توصل بها معًا، وفي ما يأتي طريقة حساب السعة المكافئة لمجموعة من المواسعات الموصولة على التوالي أو على التوازي أو التوصيل المركب:

أ- التوصيل على التوالي (Capacitors in –series)

توصل المواسعات على التوالي كما في الشكل (1-58)، بحيث يوصل اللوح الثاني للمواسع الأول باللوح الأول للمواسع الثاني، ويوصل اللوح الثاني للمواسع الثاني باللوح الأول للمواسع الثالث، وهكذا، وتكون الشحنة في هذا النوع من التوصيل متساوية على المواسعات، بمعنى أن الشحنة على أي مواسع، تساوي الشحنة على المواسع الآخر، وتحسب السعة المكافئة كما يأتي:



الشكل (1-58).

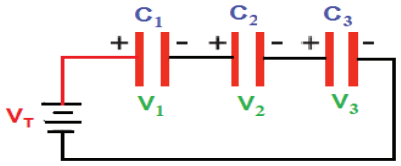
$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \cdots\cdots \frac{1}{C_N}$$

حيث (CT): المواسعة المكافئة، وتعمم هذه النتيجة على أي عدد من المواسعات.

النتيجة: لحساب المواسعة المكافئة لمجموعة من المواسعات الموصولة ببعضها على التوالي، نحسب مقلوب مواسعة كل منها، يكون المجموع مساويًا لمقلوب المواسعة المكافئة.

مثال (13)

وُصِّلت المواسعات (μF) (60، 20، 30) على التوالي، كما في الشكل الآتي، احسب المواسعة المكافئة.



$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{60} + \frac{1}{30} + \frac{1}{20} = \frac{6}{60}$$

$$C_T = \frac{60}{6} = 10\ \mu F$$

مثال (14)

إذا كانت سعة كل مواسع من المواسعات: 3μF، 4μF، 6μF، وكانت موصولة على التوالي، فاحسب السعة الكلية.

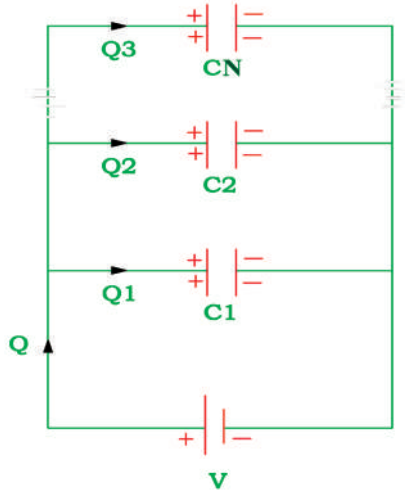
الحل: السعة الكلية تساوي:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{6} = \frac{9}{12}$$

$$C = \frac{12}{9} = \frac{4}{3} = 1.33\ \mu F$$

ب- التوصيل على التوازي (Capacitors in- Parallel)

توصل المواسعات على التوازي كما في الشكل (1-59)، بحيث توصل الألواح المشحونة بشحنة سالبة معًا، والألواح المشحونة بشحنة موجبة معًا. وفي هذا النوع من التوصيل، نلاحظ أن الفولتية بين طرفي كل مواسع نفسها بين طرفي المواسع الآخر، في حين لا تتساوى الشحنات على المواسعات، لاختلاف سعتها وتساوي الفولتية.



الشكل (1-59).

$$C_T = C_1 + C_2 + \ldots + C_N$$

وتعمم النتيجة على أي عدد من المواسعات.

النتيجة: السعة المكافئة لمجموعة من المواسعات الموصولة على التوازي تساوي مجموع هذه المواسَعات.

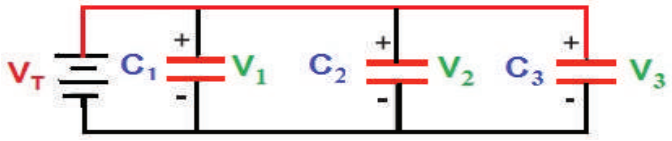
مثال (15)

إذا وُصِّلت المواسعات (μF) (200، 250، 150) على التوازي، فاحسب السعة المكافئة.

$C_T = 150 + 250 + 200 = 600\ \mu F$

مثال (16)

اذا كانت سعة المواسعات في الشكل الآتي هي: 1μF، و200nF، و 50×10^{3}pF، فاحسب السعة الكلية.



الحل:

تحول سعة المواسعات إلى وحدة واحدة ولتكن الميكروفاراد.

$C_1 = 1\mu F$

$C_2 = 200nF = 200 \times 10^{-3} = 0.2\mu F$

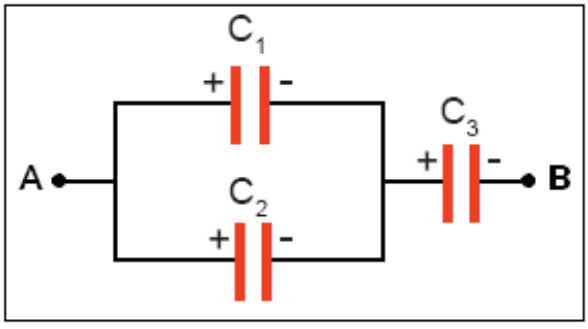
$C_3 = 50 \times 10^{3}pF = 50 \times 10^{3} \times 10^{-6} = 0.05\mu F$

فإن السعة الكلية تساوي

$C_T = 1 + 0.2 + 0.05 \quad = 1.25\ \mu F$

جـ التوصيل المركب

في هذه الحالة توصل المواسعات معًا على التوالي وعلى التوازي في الدارة نفسها كما في الشكل (60-1).



الشكل (60-1)

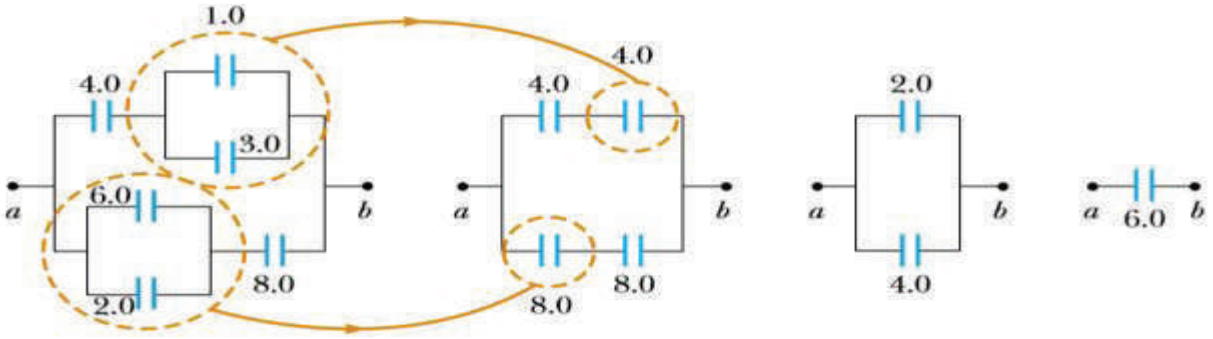
معلومة

لإيجـــاد السعة لمواسعتين موصولتين على التوالي:

$$C_T = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

مثال (17)

احسب السعة المكافئة للمكثفات الموصولة كما في الشكل (أ):



(أ) (ب) (جـ) (د)

في الشكل (أ) سنختصر فرعَي التوازي الموجودين، ونجد المكافئ لهما وفقًا لقانون السعة المكافئة للتوازي:

$$C_{1eq} = 1 + 3 = 4\ F$$

$$C_{2eq} = 6 + 2 \pm 8\ F$$

في الشكل (ب) أصبح للدارة فرعان فقط، في كل فرع توجد مجموعة على التوالي وسيتم إيجاد السعة لهما بعلاقة التوالي.

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{1}{2}$$

$$\therefore \frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{2} \rightarrow C_{eq} = 2\ F$$

وكذلك الأمر بالنسبة إلى الفرع السفلي

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{8} + \frac{1}{8} = \frac{1}{4}$$

$$\therefore \frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{4} \rightarrow C_{eq} = 4\ F$$

نلاحظ أن الدارة قُلِّصت شيئًا فشيئًا إلى أن وصلت إلى ما هو عليه في الشكل (جـ) فأصبحت لدينا مجموعتان موصلتان علي التوازي، وتساوي السعة المكافئة لهما: $C_T = 4 + 2 = 6\ F$

4- قراءة قيمة المواسعات

تطبع المواصفات الفنية مثل: (السعة، وفولتية التشغيل، وقيمة السماح في سعته (الدقة) ودرجة حرارة التشغيل القصوى) على جسم المواسع.

وتستخدم عدة أنواع من الترميز في قيم المواسعات، والأكثر شيوعًا الطريقة الرقمية التي تستخدم فيها الأرقام والحروف، وذلك على النحو الآتي:

أ- **السعة:** تكون السعة بالبيكوفاراد (PF) دائمًا، إلا إذا وجد الحرف (n)، فهذا يعني أن السعة بالنانوفاراد (nF).

ب- **الفولتية:** تعطى رقمًا يتبعه الحرف V وفي كثير من الأحيان لا يكتب الحرف (V).

جـ- **الدقة (السماحية):** تُحدد قيمة السماحية (التفاوت) في سعة المواسع بوساطة الحروف المبينة في الجدول(1-6).

وتلاحظ أن المواسع يكون موسومًا من الشمال إلى اليمين برمز مكون من ثلاثة أرقام، ثم حرف، وبعد ذلك برقمين أو ثلاثة، وتفسير هذه الرموز كما يأتي:

أول رقمين من الشمال هي السعة بالبيكوفاراد، الرقم الثالث هو معامل الضرب، فإذا كان 2 مثلًا، فذلك يعني أن السعة مضروبة في 100 وإذا كان 3 فيعني أن السعة في 1000، وهكذا.

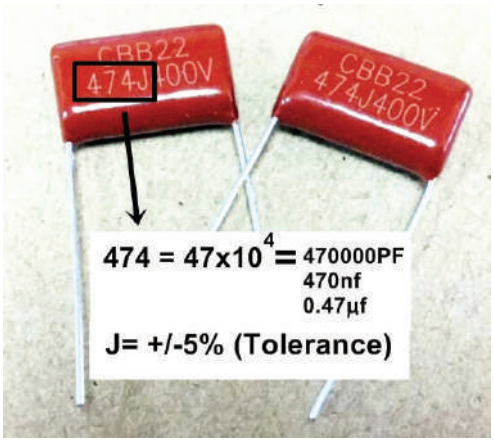
الحرف الذي يتبع الأرقام يحدد الدقة، فالحرف K يعني (±10%)، أما الحرف M، فيعني (±20%)، كما في الجدول (1-4).

الجدول(1-4): سماحية المواسعات.

الحرف	التفاوت
F	1%
G	2%
J	5%
K	10%
M	20%
N	30%

يُحدَّد الرقمان أو الأرقام الثلاثة التي تتبع الحرف الفولتية الذي يعمل عندها المواسع.

ويبين الشكل (1-61) طريقة ترميز المواسع.



الشكل (1-61): ترميز المواسع.

مثال (18)

المواسع في الشكل السابق يشار إليه بالرمز الآتي: 474J400V. فماذا يعني ذلك؟

الحل:

نجد أن أول رقمين من الشمال 47 أي 47 بيكوفاراد.

والرقم الثالث هو 4، فيكون معامل الضرب 10000؛ أي أن سعة المواسع هي:

$(47\times10000) = 470000$ PF

$(47.0000/1000) = 470$ nF

$(470/1000) = 0.47\mu F$

الحرف الذي يلي الأرقام الثلاثة هو (J ويشير إلى الدقة (السماحية) وهي (±5%).

الرقم 400 بعد الحرف J يشير إلى فولتية التشغيل، وفي هذا المثال =400v.

5- أعطال المواسعات

تتعرض المواسعات المستخدمة في الدارات الكهربائية والإلكترونية إلى الأعطال الآتية:

أ- دارة القصر (Short Circuit)

ينتج هذا العطل من اتصال لوحَي المواسع معًا؛ نتيجة انهيار العازل الذي قد ينتج بسبب تعرض المواسع لفولتية أعلى من فولتية الانهيار له، أو تشغيله في ظروف ترتفع فيها درجة حرارته عن الحد المسموح به. وهذا العطل من أكثر أعطال المواسعات شيوعًا، حيث يُصدر المواسع عند قياسه مقاومة منخفضة جدًّا قد تصل إلى صفر. المواسع هنا كأنه مقاومة يُصدر مقاومة ثابتة عند قياس مقاومته.

ب- دارة مفتوحة (Open Circuit)

ينتج هذا العطل غالبًا من انفصال أحد أطرافه أو انفجاره، كما يحدث للمواسعات الإلكتروليتية.

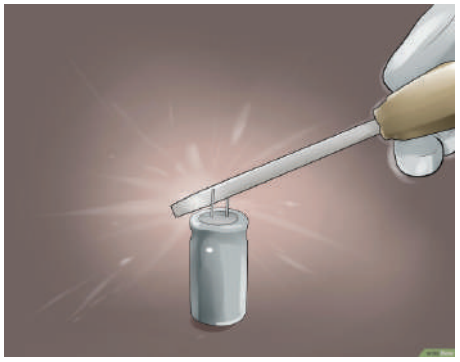
جـ- تغُّير سعة المواسع

يُصدر المواسع في هذه الحالة سعة أكبر من سعته المقررة أو أقل بصورة ملحوظة وينتج ذلك من اختلاف ظروف التشغيل عن الظروف السليمة. ولا يمكن اكتشاف هذا العطل بقياس مقاومة المواسع، ولا بد في هذه الحالة من استخدام جهاز قياس سعة المواسع، ومقارنة قراءة الجهاز بالقيمة المسجلة على جسم المواسع، كما في الشكل (1-62).

الشكل (1-62): جهاز قياس السعة.

ويمكن استخدام الأوميتر في الفحص المبدئي للمواسعات التي تزيد سعتها على 1μF، إذ تُصدر مقاومة منخفضة في البداية، ثم تبدأ قيمتها بالارتفاع تدريجيًّا حتى تثبت عند قيمة عالية جدًّا، وذلك ناتج من عملية شحن المواسع من بطارية جهاز الأوميتر، ويجب الانتباه لتوصيل المواسع بجهاز الأوميتر بالقطبية الصحيحة للحصول على النتائج الصحيحة.

فكّر: لماذا يُمنع نزع غطاء التلفاز أو شاشة الحاسوب وإن كانت غير متصلة بمصدر جهد؟



لأن المواسعات فيها تبقى مشحونة ساعات عدة من إغلاق الجهاز، ما يشكل خطر التعرض لصعقة كهربائية، ويبين الشكل المجاور مواسعًا مشحونًا إلى ما بعد فصله عن الدارة الكهربائية.

- باستخدام مصادر المعلومات المناسبة (الإنترنت أو المكتبات):
ابحث عن الطرائق الآمنة لتفريغ المواسعات تجنبًا لأخطار الصعقة الكهربائية، اكتب تقريرًا عن ذلك، مُناقِشًا فيه زملاءك.

القياس والتقويم

1- ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:

(1) وحدة قياس السعة الكهربائية هي:

أ- الأوم ب- الفاراد جـ- الكولوم د- الهنري

(2) إذا وصلت أربعة مواسعات على التوالي، وكانت سعة المواسع الواحد 10µF، فإن السعة الكلية =

أ- 40µF ب- 2.5µF جـ- 5µF د- 10µF

(3) إذا وُصِّلت المواسعات على التوازي، فإن:

أ- السعة المكافئة أكبر من أكبر سعة في الدارة ب- السعة المكافئة أقل من أقل سعة في الدارة

جـ- السعة المكافئة تساوي إحدى السعات د- لاشيء مما ذكر

2- ضع إشارة (√) أو (×) إزاء العبارات الآتية:

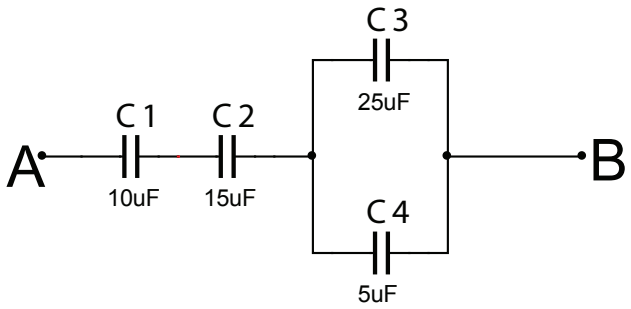
أ - عند توصيل المواسعات على التوازي تقل السعة. ( )

ب- المواسع يسمح بمرور التيار من خلاله. ( )

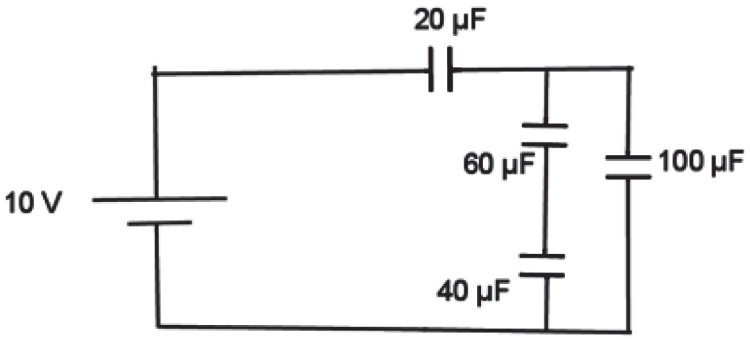
جـ- كلما زادت مساحة الألواح في المواسع، زادت سعته. ( )

3- باستخدام طريقة الترميز الرقمي للمواسعات، احسب قيم المواسعات المبينة في الشكل الآتي.

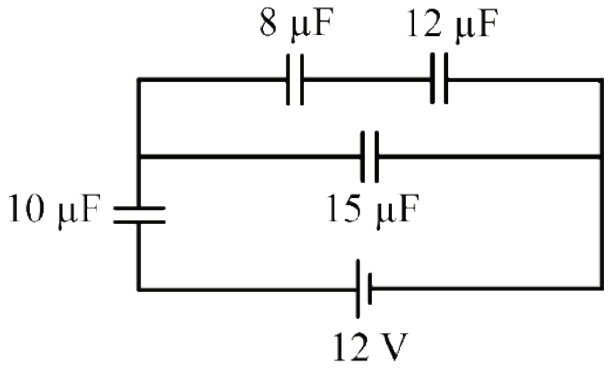
4- احسب السعة المكافئة بين النقطتين A، B في الشكل الآتي.



5- احسب السعة المكافئة في الشكل الآتي.



6- احسب السعة المكافئة في الشكل الآتي.



7- اذكر أهم أعطال المواسعات.

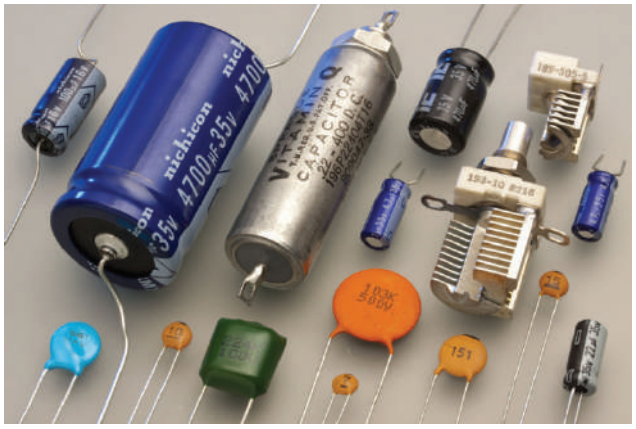
8- اذكر أنواع المواسعات.

تمرين: (1-13) تمييز المواسعات

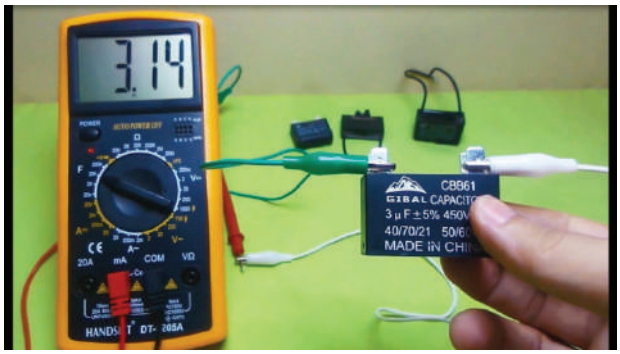
يُتوقع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تميِّز بين أنواع المواسعات المختلفة.
- تحدد قيمة المواسعات من الرموز المكتوبة عليها.

متطلبات تنفيذ التمرين	
التجهيزات (الأدوات)	**المواد الأولية**
- جهاز الأفوميتر الرقمي - جهاز الأفوميتر التماثلي - جهاز قياس السعة - صندوق العدة	- مواسعات ورقية - مواسعات المايكا - مواسعات الإلكتروليتية - مواسعات متغيرة - مواسعات ضبط دقيق - مواسعات تنتاليوم

خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1- تفحص المواسعات، واحسب قيمها. أ - اختر مجموعة من المواسعات المتوافرة في المشغل، كما في الشكل (1). ب-اقرأ قيمة كل مواسع باستخدام طريقة ترميز الأرقام.	 الشكل (1).

جـ - قس قيم المواسعات باستخدام قياس السعة، كما في الشكل (2).



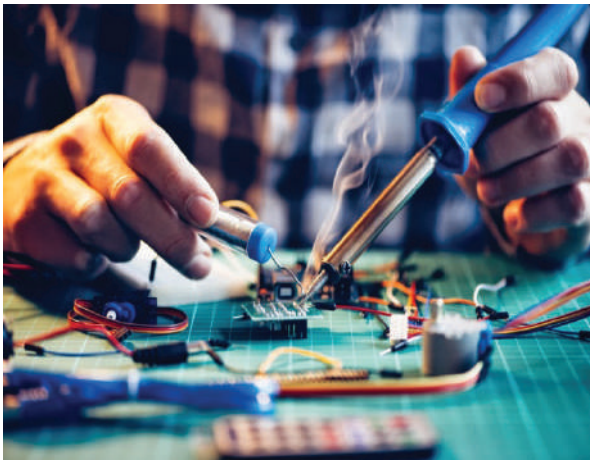
الشكل (2).

2- املأ الجدول الآتي، مُقارنًا السعة المحسوبة حسب طريقة ترميز الأرقام التي قيست بجهاز قياس السعة:

الرقم	الرموز الرقمية للمواسع	قيمة السعة المحسوبة حسب الرموز الرقمية a	السعة b	الفرق بين قيمة السعة a- b	السماحية

3- تمارين للممارسة:

- أحضر لوحة إلكترونية مطبوعة (PCB)، كما في الشكل (3)، ثم نفذ ما يأتي:
  - حدد مواضع المواسعات.
  - فُكَّ المواسعات جميعها.
  - صنف المواسعات حسب أنواعها.
  - حدد سعة المواسعات وفولتية تشغيلها.
  - أعد لحامها على اللوحة المطبوعة.



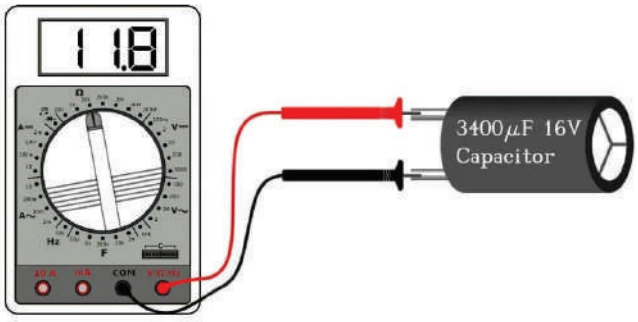
الشكل (3).

تمرين: (1-14) فحص صلاحية المواسعات الكهربائية

يُتوقع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تفحص صلاحية المواسعات الكهربائية.

متطلبات تنفيذ التمرين	
التجهيزات (الأدوات)	**المواد الأولية**
- جهاز الأفوميتر الرقمي - كاوي لحام - صندوق العدة	- 10 مواسعات مختلفة - بكرة لحام قصدير

خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1- صنّف المواسعات: أ - افحص المواسعات المتوافرة في مشغلك ب- تعرف المواسعات المختلفة وصنّفها حسب ثبات قيمتها أو المادة المصنّعة منها، كما هو مبين في الشكل (1).	 الشكل (1).
2- اضبط جهاز الأفوميتر الرقمي على وضع قياس المقاومة أو استخدم الأوميتر: أ - اختر المواسعات التي تزيد سعتها على 1µF. ب- وصّل المواسع بين طرفي الجهاز كما هو مبين في الشكل (2). جـ- قس قيمة المواسع باستخدام جهاز الأفوميتر الرقمي على تدريج قياس المقاومة، ودون النتيجة في الجدول الآتي. حيث تُصدر مقاومة منخفضة في البداية، ثم ترتفع قيمتها تدريجيًّا حتى تثبت عند قيمة عالية جدًّا، وذلك ناتج من عملية شحن المواسع من بطارية جهاز الأفوميتر.	 الشكل (2).

فحص المواسعات باستخدام جهاز الأفوميتر الرقمي

نوع المواسع	قيمة المقاومة بالقياس	مواسع صالح	مواسع غير صالح	نوع العطل

3- نشاط للممارسة:

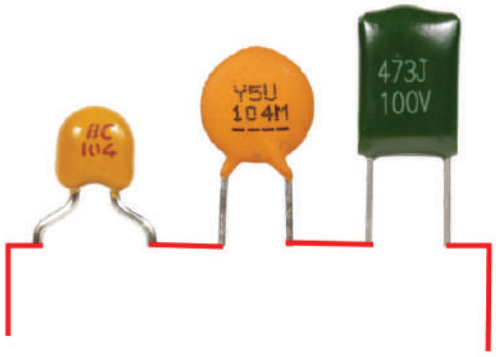
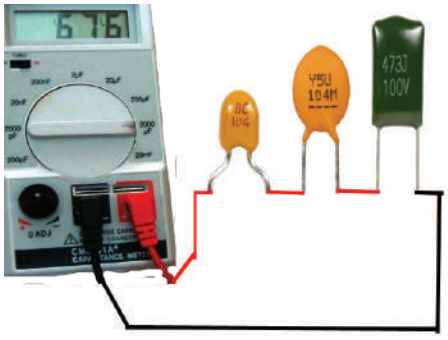
- نفذ التمرين السابق باستخدام جهاز متعدد القياس التماثلي. ثم قارن بين النتائج التي حصلت عليها في الجهازين.

تمرين: (1-15) توصيل المواسعات

يُتوقع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- توصل المواسعات على التوالي والتوازي والتوصيل المركب.
- تحسب السعة الكلية.
- تقيس السعة الكلية.

متطلبات تنفيذ التمرين	
التجهيزات (الأدوات)	**المواد الأولية**
- جهاز الأفوميتر الرقمي - جهاز قياس السعة - كاوي لحام - صندوق العدة	- مواسعات سيراميك ومايكا - أسلاك توصيل. - لوحة توصيل - بكرة لحام قصدير

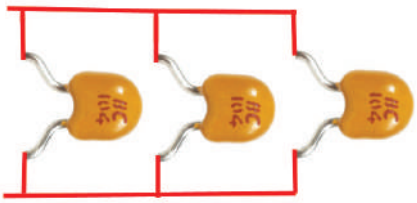
خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1- وصّل المواسعات على التوالي: أ - افحص المواسعات . ب- احسب قيمة كل مواسع باستخدام ترميز الأرقام. جـ- وصّل المواسعات على التوالي كما في الشكل (1). د- أحسب السعة الكلية.	 الشكل (1).
هـ- قس السعة الكلية باستخدام جهاز قياس السعة الرقمي، كما في الشكل (2)، ثم دون النتيجة في دفترك.	 الشكل (2).

2- وصّل المواسعات على التوازي:

أ - وصّل المواسعات على التوازي كما في الشكل (3).

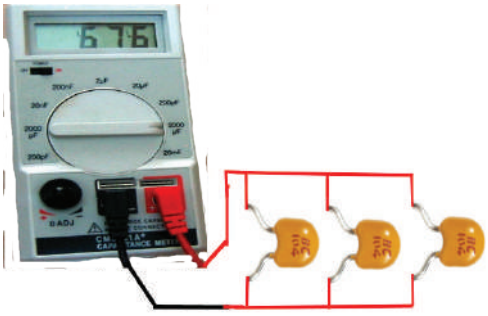
ب- احسب قيمة كل مواسع باستخدام ترميز الأرقام.

جـ- احسب السعة الكلية.



الشكل (3).

د- قس السعة الكلية باستخدام جهاز قياس السعة الرقمي، كما في الشكل (4)، ثم دون النتيجة في دفترك.



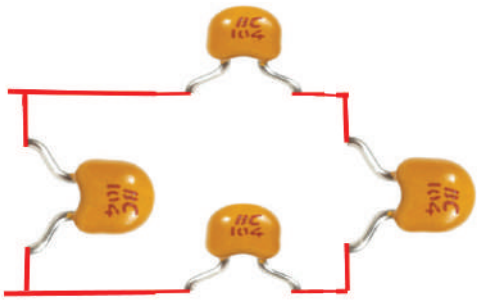
الشكل (4).

3- وصّل المواسعات التوصيل المركّب:

أ -وصّل المواسعات التوصيل المركب كما في الشكل (5).

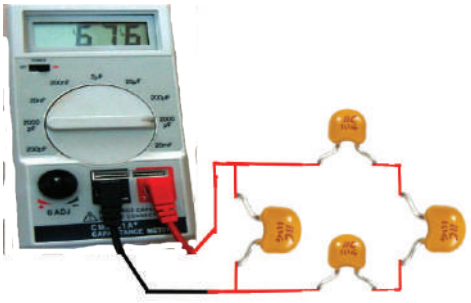
ب- أحسب قيمة كل مواسع باستخدام ترميز الأرقام

جـ- احسب السعة الكلية.



الشكل (5).

د- قس المقاومة الكلية باستخدام جهاز قياس السعة الرقمي، كما في الشكل (6)، ثم دون النتيجة في دفترك.



الشكل (6).

4- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين الخطوات جميعها التي نفذتها.

5- تقويم التمرين:

1- بيّن أسباب توصيل المواسعات على:

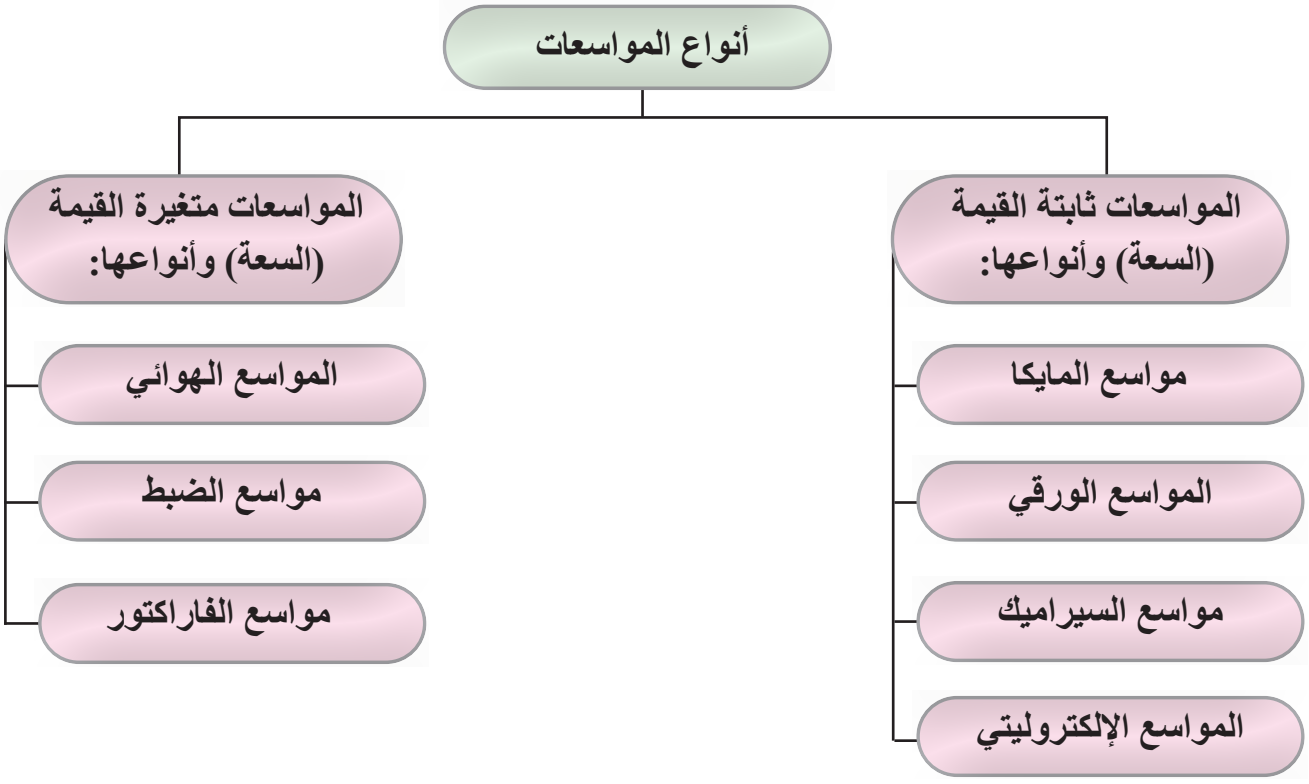
أ- التوالي ب- التوازي جـ- التوصيل المركب

2- هل هناك اختلاف بين قيمتَي السعة الكلية المقيسة والمحسوبة، ولماذا؟

التقويم الذاتي (النقاط الحاكمة)

الرقم	خطوات الأداء	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	أميِّز وأصنف المواسعات.			
2	أحدِّد سعتها وفولتية تشغيلها.			
3	أوصل المواسعات على التوالي.			
4	أوصل المواسعات على التوازي.			
5	أوصل المواسعات التوصيل المركب.			
6	أحسب السعة الكلية للمواسعات.			
7	أضبط جهاز الأفوميتر الرقمي على وضع قياس المقاومة أو أستخدم الأوموميتر لفحص المواسعات والتأكد من صلاحيتها.			

الخرائط المفاهيمية



سادسًا: الكهرومغناطيسية والملفات والمحولات الكهربائية

النتاجات

يُتوقّع منك بعد دراسة هذا الدرس أن:

توضح مفهوم الكهرمغناطيسية.

تبين التأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي.

تحدد أنواع الملفات الكهربائية و خصائصها .

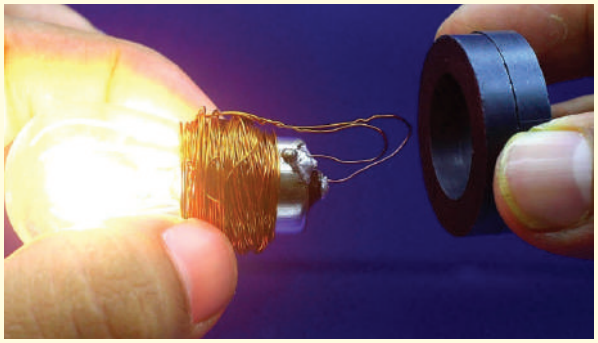
تحدد مجموعة من الملفات على التوالي والتوازي والتوصيل المركب.

تحسب المقاومة والحثية المكافئة لمجموعة من الملفات الموصولة على التوالي والتوازي.

تشرح مبدأ عمل المحولات الكهربائية.

انظر وتساءل

- في الشكل المجاور (1-63)
- ما العلاقة بين المغناطيس والملف الكهربائي والتيار الكـــهربائي الـــذي يضيء المصباح الكهربائي؟ هـل سمعت عن الكهرمغناطيسية؟ ما أهميتها؟ وما أهم تطبيقاتها؟ وما تأثيرها في حياتنا؟



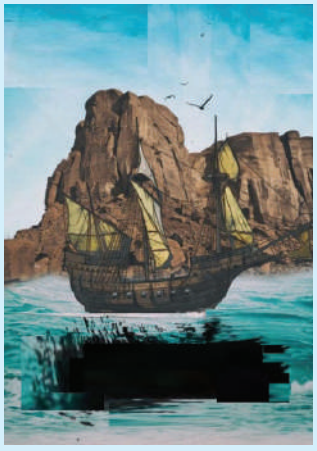
الشكل (1-63)

استكشف

مفهوم الكهرو مغناطيسية

اكتشف الإغريق القدماء المغناطيس الطبيعي (حجر المغناطيس) صدفة سنة 600 ق.م، واستفادوا منه باستعماله بوصلة للاستدلال على الاتجاهات، ومنذ بداية اكتشاف حجر المغناطيس في مدينة مغنيسيا في تركيا والإنسان يحاول استخدام هذا الحجر الجاذب للمعادن، وقد حصلت ثورة كبيرة في الحياة البشرية مع اختراع المغناطيسي الصناعي الذي مهد الطريق لاختراع المولدات والمحركات، والمحولات الكهربائية، ووسائل المواصلات الكهربائية (مثل القطارات والحافلات)، ووسائط تخزين المعلومات في الحاسوب، وأجهزة تسجيل الصوت والصورة (مثل القرص الصلب والكاسيت)، وغيرها كثير من الاختراعات.

معلومة



كان الصينيون يصنعون سفنهم بضم ألواح أخشاب الزيتون إلى بعضها وربطها بحبال من ألياف النباتات، فقد كانت هناك جبال من حجر المغناطيس مغمورة في مياه بحر الصين، كانت تنتزع مسامير الحديد من أجسام السفن فتتفكك ثم تغرق.

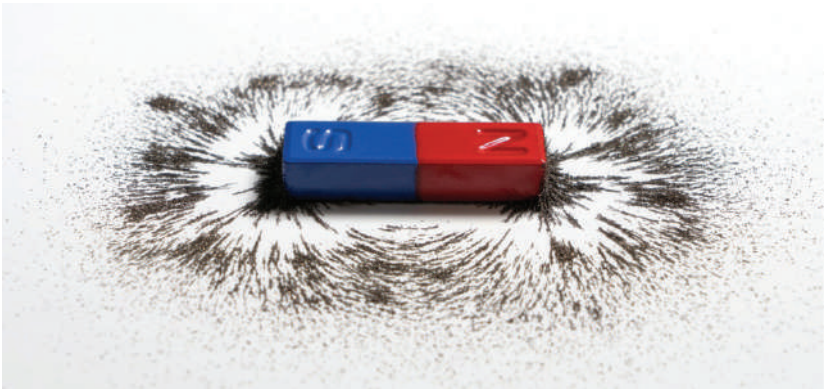
1- التعريفات الرئيسة للكهرومغناطيسية

في ما يأتي بعض التعريفات الضرورية لإدراك مفهوم الكهرومغناطيسية:

أ - **المواد المغناطيسية:** هي المواد التي تتأثر بقوة جذب المغناطيس، مثل: الفولاذ والنيكل، والحديد، والكوبلت.

ب- **المواد غير المغناطيسية:** هي المواد التي لا تتأثر بقوة جذب المغناطيس، مثل: الألمنيوم، والخشب، والنحاس والبلاستيك.

جـ- **أقطاب المغناطيس:** لكل مغناطيس قطبان، قطب شمالي ويرمز إليه بالحرف (N) وقطب جنوبي ويرمز إليه بالحرف (S)، حيث تتمركز قوة المغناطيس عند قطبيه وتضعف كلما اتجهنا نحو المنتصف، كما في الشكل (1-64).



الشكل (1-64)

د - **المجال المغناطيسي:** هو المنطقة المحيطة بالمغناطيس التي تظهر فيها الآثار المغناطيسية.

هـ- **الكثافة المغناطيسية:** هي شدة المجال المغناطيسي عند نقطة ما في مجال مغناطيسي، وهي عدد خطوط القوى المغناطيسية المتدفقة عبر وحدة المساحة (المتر المربع) ويرمز إليها بالحرف (B) وتقاس بوحدة تسمى تسلا (Tesla).

و- **التدفق المغناطيسي (Flux):** هو المجموع الكلي لخطوط المجال المغناطيسي، ويرمز إليه بالرمز (Φ)، يقاس بوحدة الوبر (Weber)، وهو حاصل ضرب الكثافة المغناطيسية بمساحة السطح (A) الذي يغطيها التدفق المغناطيسي عموديًّا عليها:

$$\Phi = B \times A$$

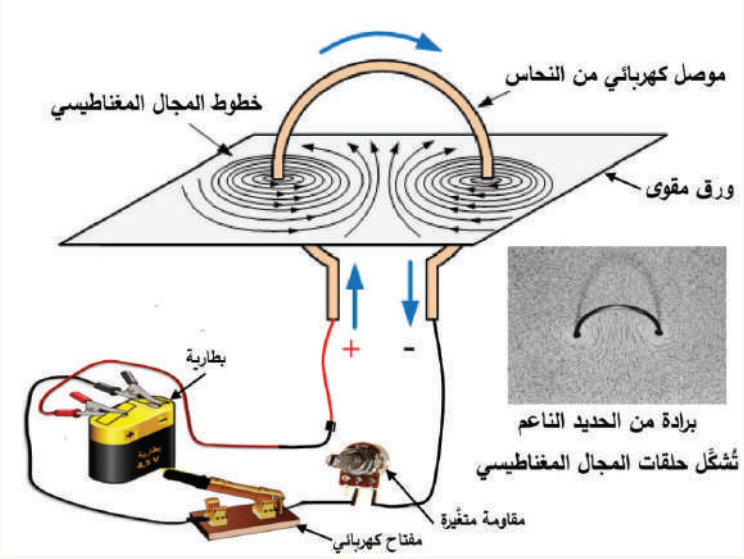
ز- **النفاذية المغناطيسية (Permeability):** وهي تعبر عن قدرة المادة على تمرير خطوط القوى المغناطيسية وتركيزها، والمواد المغناطيسية لها معامل نفاذية مرتفع.

2- التأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي

العالم الدنماركي أورستد هو أول من أثبت أن هناك علاقة بين المغناطيسية والكهرباء عام 1820م. فقد لاحظ انحراف إبرة البوصلة عند تقريبها من سلك يمر به تيار كهربائي، وأن اتجاه هذا الانحراف يعتمد على اتجاه التيار الكهربائي. واستنتج أنه عند مرور تيار كهربائي في موصل يولد حوله مجالًا مغناطيسيًّا عموديًّا على اتجاه التيار.

نشاط

إذا احضرنا لوحًا من الورق المقوى، ثم خرقنا هذا اللوح بموصل كهربائي من النحاس، ثم نثرنا برادة الحديد الناعمة على هذا اللوح الورقي، ثم وصلنا الموصل الكهربائي بدارة كهربائية تتكون من بطارية ومفتاح كهربائي ومقاومة متغيِّرة، كما في الشكل الآتي. وإذا أغلقنا المفتاح الكهربائي، فإنه سيسري في الموصل النحاسي تيار كهربائي مباشر، فماذا سيحصل في برادة الحديد؟ إذا زدنا قيمة التيار الكهربائي المار بالموصل عن طريق خفض المقاومة المتغيّرة، فماذا تلاحظ؟

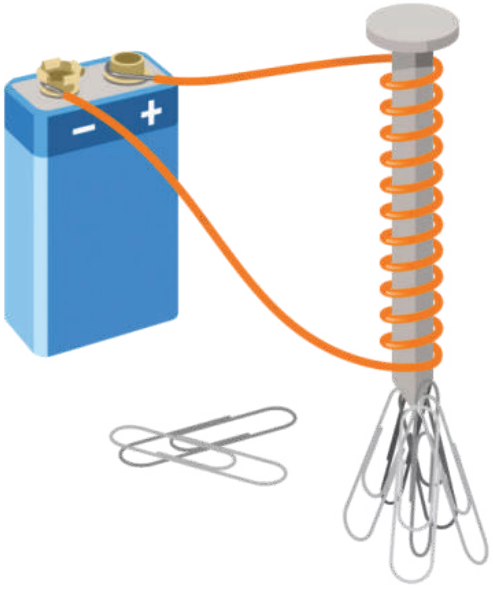


إذا مر تيّار في موصل، فإنه يولدّ مجالًا مغناطيسيًّا (Magnetic Field) حول هذا الموصل يكون على شكل دوائر مركزها ذلك الموصل تسمى خطوط القوى المغناطيسية، تكون هذه الدوائر متقاربة وتزداد المسافة بين هذه الدوائر كلما ابتعدت عن المركز.

المجال المغناطيسي حول موصل يمر به تيار كهربائي هو دوائر عديدة متحدة المركز تقترب كلما اقتربنا من الموصل، وتتباعد كلما ابتعدنا عنه. واتجاه سريان التيار الكهربائي هو الذي يحدد اتجاه المجال المغناطيسي حول الموصل، كما تتناسب شدة المجال المغناطيسي وقيمة التيار المنتج طرديًّا.

3- المغناطيس الكهربائي

إذا لففنا موصلًا معزولًا حول مسمار من مادة مغناطيسية مثل الحديد المطاوع، فإن هذا المسمار يصبح مغناطيسًا صناعيًّا (كهربائيًّا) يمكنه جذب المواد المغناطيسية، مثل: الفولاذ، والنيكل، والحديد، والكوبلت، لحظة وصله بمصدر للتيار الكهربائي المباشر (البطارية)، كما يظهر في الشكل (1-65). ويفقد المسمار خصائصه المغناطيسية لحظة فصل التيار عـــنه.



الشكل (1-65).

أهم خصائص المغناطيس الكهربائي:

يتميز المغناطيس مهما كان حجمه وطوله بأن له قطبين: شمالي وجنوبي ويرمز إلى القطب الشمالي بالحرف N، ويرمز إلى القطب الجنوبي بالحرف S.

أ - عند تعليق المغناطيس من مركز ثقله من المنتصف، فإنه يكون حر الحركة إلى أن يثبت فيتجه أحد قطبيه نحو الشمال المغناطيسي والقطب الآخر نحو الجنوب المغناطيسي، مثل عمل البوصلة.

ب- يفقد خصائصه المغناطيسية لحظة قطع التيار عـــنه.

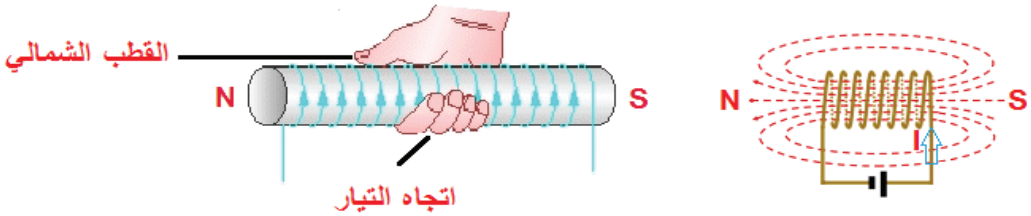
جـ- قوة القطب الشمالي للمغناطيس مساوية لقوة القطب الجنوبي للمغناطيس.

د- يمكن عكس أقطابه بوساطة عكس اتجاه التيار المار به.

هـ- يفقد المغناطيس بعض خصائصه عند تعرضه للطرق الشديد أو التسخين.

4- المجال المغناطيسي لسلك ملفوف

عند مرور تيار كهربائي في سلك ملفوف (مجموعة من اللفات)، فإنه يولد مجالًا مغناطيسيًّا يمر داخل الملف ويخرج من إحدى نهايتيه، ويكمل دائرته خارج الملف ويعود ليدخل في النهاية الأخرى مُكوِّنًا قطبًا شماليًّا عند الطرف الذي يخرج منه، وجنوبيًّا عند الطرف الذي يدخل فيه، ويمكن تحديد اتجاه هذا المجال تبعًا لقاعدة اليد اليمنى، وذلك بإحاطة الملف براحة اليد اليمنى، بحيث يكون اتجاه أطراف الأصابع باتجاه التيار، عندئذٍ يشير إصبع الإبهام إلى القطب الشمالي، كما في الشكل (1-66).



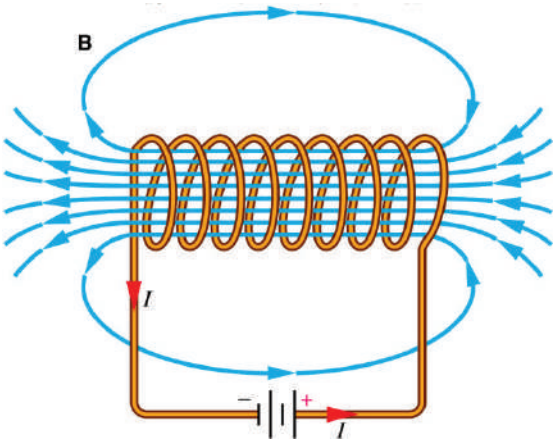
الشكل (1-66).

5- الملفات الكهربائية (Coils)

الملف عنصر كهربائي يمتاز بتخزين الطاقة الكهربائية، فعند توصيل الملف مع بطارية أو مصدر للجهد، سيمر تيار في الدارة وسينشأ فيض مغناطيسي عبر الملف، يزداد شيئًا فشيئًا مع الزمن حتى يصل إلى قيمته القصوى، وعند انقطاع المصدر، أي فصل البطارية من الملف، سينخفض المجال المغناطيسي عبره شيئًا فشيئًا، أي أن الملف لن يفقد طاقته فجأة كما في المقاومات؛ لأن الملف يخزن الطاقة في مجاله المغناطيسي، ويمكن ملاحظة هذا الأثر في دارات الراديو أو التلفاز، وذلك عندما نفصلها من مقبس الكهرباء نلاحظ أن مصباح التلفاز الصغير يضيئ مدة قصيرة بعد فصل التيار، هذه الظاهرة تحدث في دارات الملفات والمكثفات؛ لأنها عناصر خازنة للطاقة.

أ- الحث الذاتي

عند مرور التيار عبر الملف يتولد حول الملف وداخله، مجال مغناطيسي، كما في الشكل (1-67). وعند تغيّر التيار المار في الملف أو تحريك الملف في مجال مغناطيسي ثابت، ستتغير قيمة التدفق المغناطيسي (ϕ) حوله. تغيّر هذا التدفق بالنسبة للفات الملف (N) يولّد فيها جهدًا صغيرًا جدًّا (E_L) وهو ما يعرف بالقوة الدافعة الكهربائية المستحثة ذاتيًّا للملف.



الشكل (1-67).

يُعرف حث الملف بأنه تلك الخصيصة التي تعارض أي تغير في التدفق المغناطيسي في ذلك الملف، وقيمة حث الملف (L) تساوي النسبة بين التدفق المغناطيسي الكلي والتيار المار في الملف، ويعتمد في قيمته على:

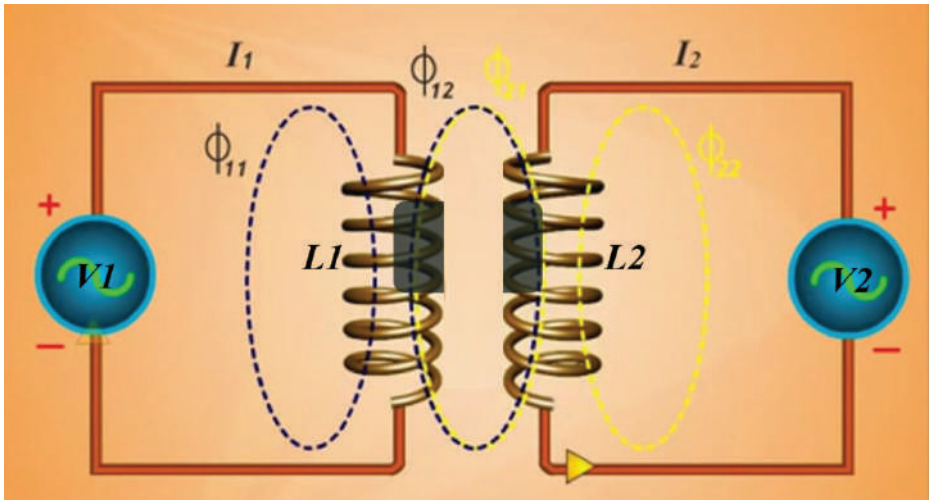
1. **مربع عدد اللفات:** يزداد حث الملف بزيادة عدد لفاته.
2. **نوع مادة القلب المغناطيسي:** يزداد حث الملف بزيادة نفاذية قلبه.
3. **مساحة مقطع القلب المغناطيسي:** يزداد حث الملف بزيادة مساحة مقطع القلب.
4. **طول مسار الفيض المغناطيسي:** يزداد حث الملف بزيادة طول مسار الفيض المغناطيسي.

يُقاس حث الملف بوحدة الهنري، ويرمز إليه بالحرف (H)، وغالبًا ما يقاس الحث بالميلي هنري أو بالميكرو هنري، حيث:

ميلي هنري (mH)	=	10^{-3}هنري
ميكروهنري(µH)	=	10^{-6}هنري

ب- الحث المتبادل

إذا وضع ملفان (معزولان كهربائيًّا عن بعضهما) متقاربين، بحيث يقطع التدفق المغناطيسي لأحدهما الآخر، فإن التدفق المشترك يسمى الحث المتبادل (Mutual Inductance)، وتكون الدارتان مترابطتين مغناطيسيًّا، كما في الشكل (1-68).



الشكل (1-68).

وإذا تغير التيار (I_1)، فإن التدفق المغناطيسي للملف (L_1) سيتغير، ولما كان هذا التدفق يقطع الملف (L_2)، فإن ذلك سينتج قوة دافعة كهربائية في الملف (L_2)، ونتيجة الحث المتبادل بين الملفين تظهر هناك أربعة أنواع من الفولتية، وهي:

1. الفولتية التي تسري خلال الملف الأول (L_1) من مصدر الفولتية (V_1).

2. القوة الدافعة الكهربائية التأثيرية الناتجة من الحث الذاتي داخل الملف الأول (L_1).

3. القوة الدافعة الكهربائية (V_2) المستحثة في الملف الثاني (L_2).

4. القوة الدافعة الكهربائية التأثيرية المعاكسة للملف الأول بوساطة تيار الملف (L_2).

وتعتمد قيمة الحث المتبادل بين الملفين (M): على عدد اللفات لكل منهما، ومقطع قلب الملف، وطوله، ونفاذية الوسط، ويُعبَّر عن (M) بالعلاقة الآتية:

$$M = K\sqrt{L_1 L_2}$$

حيث:

K: معامل الربط المغناطيسي بين الملفين (coupling coefficient) وتتراوح قيمته بين صفر وواحد.

L_1: الحث الذاتي للملف الأول.

L_2: الحث الذاتي للملف الثاني.

مثال (15)

جد الحث المتبادل بين ملفين قيمتهما (90 mH , 10 mH)، إذا كانت قيمة معامل الربط $K = 0.6$

$$M = K\sqrt{L_1 L_2}$$

$$M = 0.6\sqrt{90 \times 10} = 18 \text{ mH}$$

جـ - أنواع الملفات

يتكون الملف من سلك موصل معزول ملفوف، ويسمى الوسط داخل هذه اللفات قلب الملف وهو إما أن يكون هواءً وإما حديدًا وإما خزفًا. تستخدم المواد الحديدية قلبًا للملف لتقليل المقاومة للفيض المغناطيسي الذي ينتج من مرور تيار في هذا الملف؛ لأن السماحية المغناطيسية (permeability) للمواد الحديدية أكبر من السماحية المغناطيسية للهواء. وتعرف نفاذية أي مادة بأنها النسبة بين كثافة التدفق المغناطيسي وشدة المجال المغناطيسي.

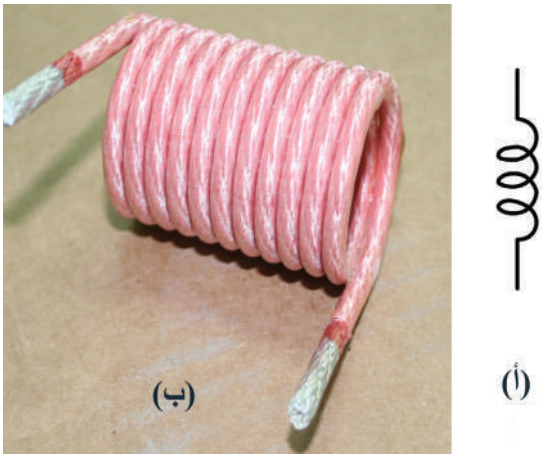
تصنف الملفات إلى نوعين رئيسين، هما:

1. ملفات ثابتة القيمة ومنها:

أ. الملف ذو القلب الهوائي: وهو سلك من النحاس المعزول ذو مقاومة صغيرة، ملفوف على شكل أسطواني فارغ من الداخل، والشكل (1-70) يبين:

(أ) رمزه

(ب) شكل الملف

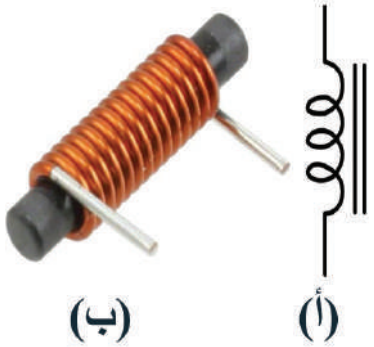


الشكل (1-70).

ب. الملف ذو القلب الحديدي: يتكون من سلك ملفوف حول قلب من الحديد المطاوع، حيث يزيد هذا القلب حثية الملف، والشكل (1-71) يبين:

(أ) رمزه

(ب) شكل الملف

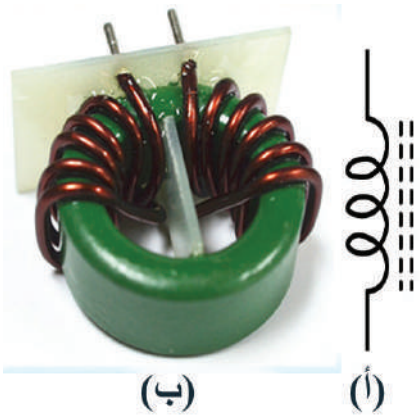


الشكل (1-71).

جـ. الملف ذو القلب الفيرايت: الفيرايت مادة خزفية ذات خصائص مغناطيسية مشابهة للحديد، ويستخدم في صنع الهوائي الداخلي للأجهزة الإلكترونية مثل (الراديو)، والشكل (1-72) يبين:

(أ) رمزه

(ب) شكل الملف

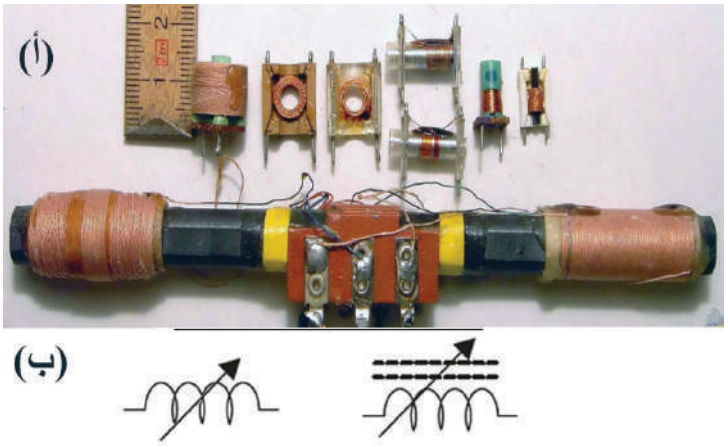


الشكل (1-72).

2. ملفات متغيرة القيمة: يحتوي قلب هذه الملفات عمودًا مصنوعًا من مادة مغناطيسية كالحديد أوالفرايت، ويكون هذا القلب متحركًا داخل الملف، يُحرَّك بمفك مصنوع من مادة بلاستيكية مثلًا، بحيث يغيّر قيمة حث الملف، والشكل (1-73) يبين:

(أ) شكل الملف

(ب) رمزه



الشكل (1-73).

هـ- استخدامات الملفات

تستخدم الملفات في مجالات عدة، من أهمها:

1. المحركات والمحولات والمولدات.
2. دارات الرنين ومنها الجرس الكهربائي.
3. معدات أجهزة الاتصالات ذوات التردد العالي.
4. مكبرات الصوت والميكروفونات.
5. الدارات الإلكترونية، ومن وظائفها أنها:
   أ. تمنع التغير المفاجئ للتيار.
   ب. تحمي بعض الدارات من التيار الزائد عند بدء التشغيل.
   جـ. تمرر التيار المستمر (DC) فقط، وتقاوم أو تمنع مرور التيار المتناوب.

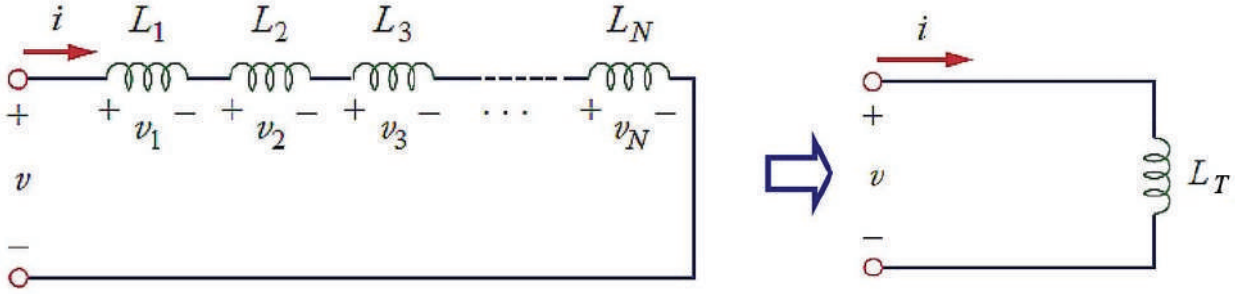
و- توصيل الملفات

توصل الملفات بالطرائق الآتية:

1. توصيل الملفات على التوالي: تماثل هذه الحالة توصيل المقاومات على التوالي، ويبين الشكل

(74-1) الملفات $(L_1,L_2,.....L_N)$ موصولة على التوالي بمصدر فولتية متناوبة، وفي هذه الحالة، فإن الحث الكلي يساوي مجموع الحث لكل من هذه الملفات، أي أن:

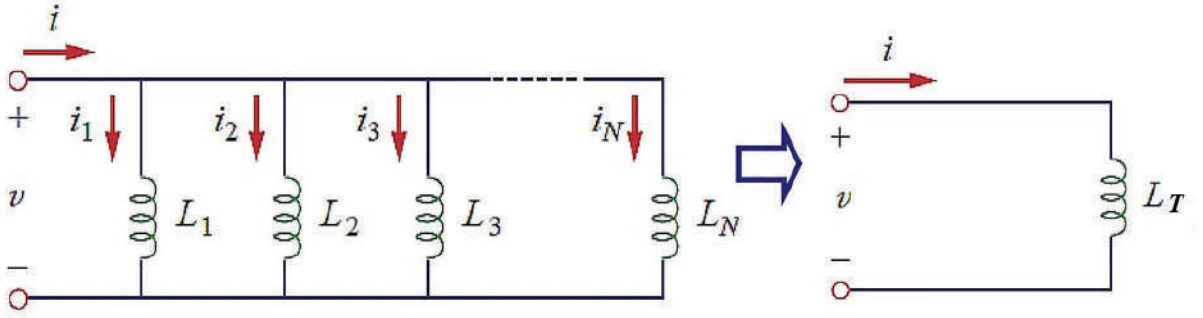
$$L_T = L_1 + L_2 + L_3$$



الشكل (1-74).

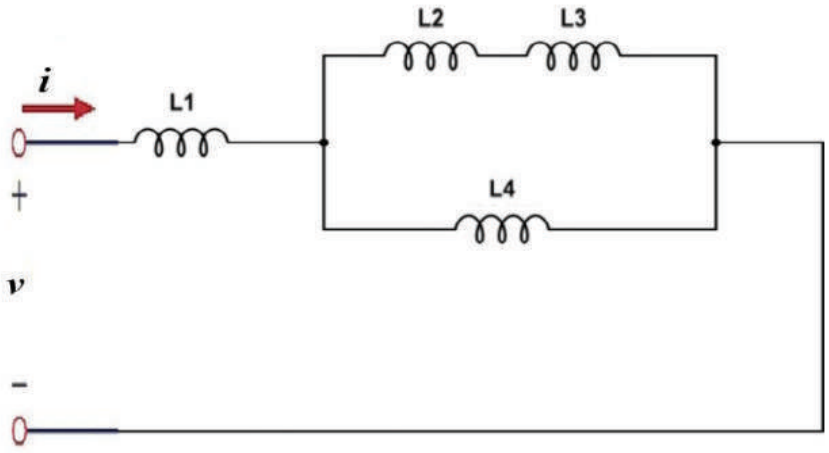
2. توصيل الملفات على التوازي: تماثل هذه الحالة توصيل المقاومات على التوازي، ويبين الشكل (1-75) الملفات $(L_1,L_2,.....L_N)$ موصولة على التوازي بمصدر فولتية متناوبة، وفي هذه الحالة، فإن معكوس الحث الكلي يساوي مجموع معكوس الحث لكل من هذه الملفات، أي أن:

$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}$$



الشكل (1-75).

3. التوصيل المركب للملفات: وهو مزيج من توصيل الملفات على التوازي وعلى التوالي، ويبين الشكل (1-81) الملفات $(L_1,L_2,.....L_N)$ موصولة على التوالي والتوازي بمصدر فولتية متناوبة.



الشكل (1-76).

تقاس قيمة المحاثة للملف الكهربائي بجهاز قياس الحثية Inductance meter أو عن طريق جهاز قياس المقاومة والمواسعة والحثية LCR meter الموضح في الشكل (1-77).

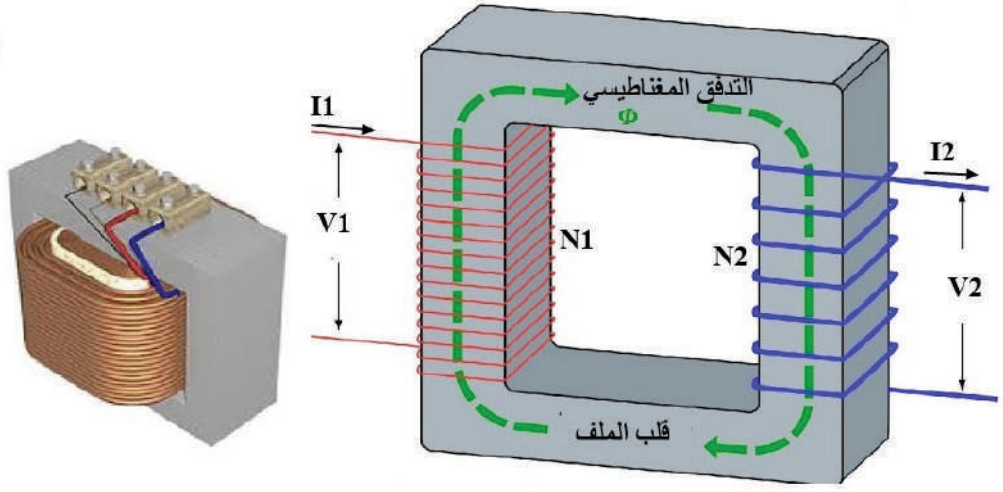
الشكل (1-77).

ز- المحول الكهربائي مثالًا على الحث المتبادل

يتكون المحول الكهربائي من العناصر الأساسية الآتية كما في الشكل (1-69)، وهي:

1. **الملفات:** يتكون المحول من ملفين نحاسيين حثيين ومنفصلين كهربائيًّا أحدهما يسمى الملف الابتدائي، ويكون موصلًا بمصدر الفولتية المتناوبة، والملف الثاني يسمى الملف الثانوي، ويزود الحمل بالطاقة.

2. القلب الحديدي: يتكون من رقائق مصنوعة من مادة مغناطيسية (الحديد) ومعزولة بمادة عازلة (الورنيش)، وتُكبَس هذه الرقائق معًا؛ بحيث تكون الفجوات الهوائية بينها أقل ما يمكن، وتشكل مسارًا متصلًا للتدفق المغناطيسي الناتج من سريان التيار الكهربائي خلال الملف الابتدائي.



الشكل (1-69).

يعتمد عمل المحول الكهربائي على مبدأ الحث المتبادل للملفات المتجاورة. فإذا وُصِّل طرفا الملف الابتدائي بمصدر للفولتية المتناوبة (V_1) فإن التدفق المغناطيسي (Φ) الناتج من مرور التيار في الملف الابتدائي سيقطع الملف الثانوي كليًّا أو جزئيًّا، ما يتسبب في توليد فولتية متناوبة بين طرفي الملف الثانوي (V_2).

تسمى هذه الظاهرة التحويل، ومن هنا جاءت تسميته مُحوِّلًا. على افتراض الحالة المثالية (أن كل خطوط المجال المغناطيسي الناتجة من الملف الابتدائي قد قطعت لفات الملف الثانوي كلها، وأننا أهملنا مقاومة الملفات وقلب الملف، وافترضنا أنه لا يوجد ضياع في الطاقة الكهربائية في المحول). فإن القدرة الكهربائية التي يزودها مصدر التيار المتناوب للملف الابتدائي تساوي تلك القدرة التي يمكن الحصول عليها في الملف الثانوي. فإذا كانت فولتية الملف الابتدائي (V_1)، والتيار(I_1) وعدد لفات الابتدائي (N_1)، والفولتية الناتجة بين طرفي الملف الثانوي (V_2) والتيار (I_2)، وعدد لفات الثانوي (N_2).

فإن القدرة لكلا الملفين (في المحول المثالي) يُعبَّر عنها بالعلاقة الآتية:

$$I_1 V_1 = I_2 V_2$$

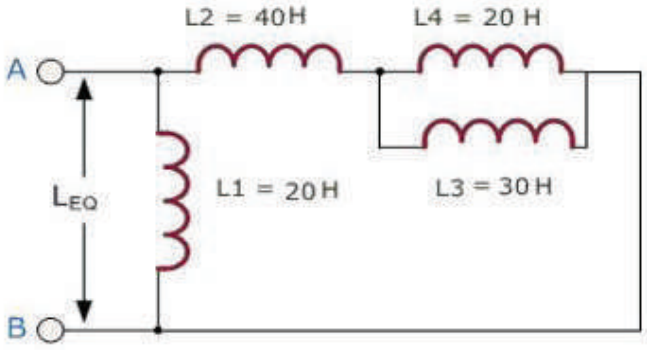
أي أن:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{L_2}{L_1}$$

أي أن النسبة بين فولتية الخرج (V_2) وفولتية الدخل (V_1)، هي النسبة بين عدد لفات الملف الثانوي إلى عدد لفات الملف الابتدائي للمحول (نسبة التحويل).

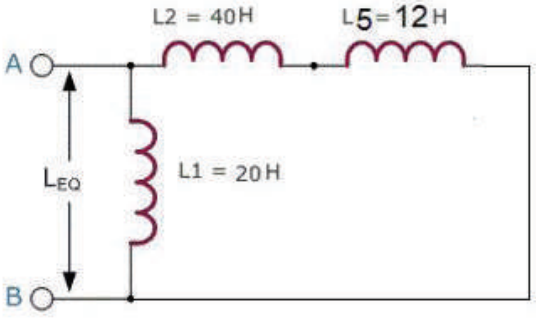
مثال (20)

احسب الحث المكافئ L_{eq} للملفات في بين الطرفين A و B كما في الشكل الآتي:



$$\frac{1}{L_5} = \frac{1}{L_3} + \frac{1}{L_4} = \frac{1}{20} + \frac{1}{30}$$

$$L_5 = 12\ H$$

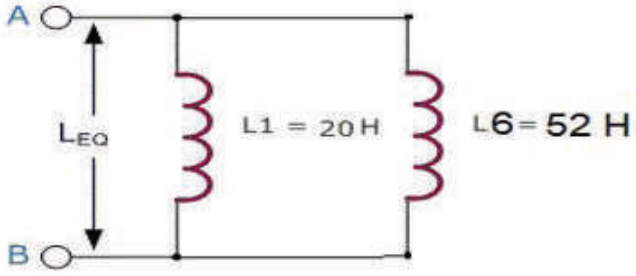


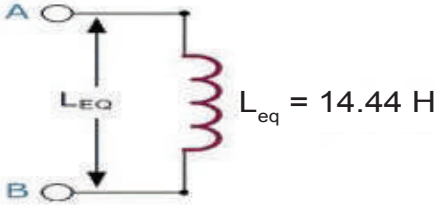
$$L_6 = L2 + L5 = 40 + 12 = 52$$

$$\frac{1}{L_{eq}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_6}$$

$$= \frac{1}{20} + \frac{1}{52}$$

$$\therefore L_{eq} = 14.44\ H$$





ز- أعطال الملفات

تتلخص أعطال الملفات في ما يأتي:

1. انقطاع إحدى لفات الملف.
2. زوال المادة العازلة، ما يسبب قصرًا في ملفات الملف.

- باستخدام مصادر المعلومات المناسبة (الإنترنت أو المكتبات): اكتب عن ملفات الترددات المنخفضة والمتوسطة والعالية.
- ابحث عن استخدامات الملفات الآتية والمحددات التي يجب مراعاتها عند استخدامها في دارة كهربائية:
  - ملف ذو قلب هوائي
  - ملف ذو قلب حديدي
  - ملف ذو قلب فرايت

1- ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة:

(1) وحدة قياس الحث الكهربائية هو:

أ- الهنري ب- الفاراد جـ- الكولوم د- الأوم

(2) من خصائص المغناطيس أنه:

أ - لا يتغير التدفق المغناطيسي له بتغير تردده

ب- لا يمكن عكس أقطابه

جـ- يتوافر منه نماذج صغيرة فقط

د - يفقد خصائصه المغناطيسية عند فصل التيار عنه

(3) تبلغ القوة المؤثرة في موصل موضوع في مجال مغناطيسي ويسري في هذا الموصل تيار كهربائي أقصى قيمة له عندما:

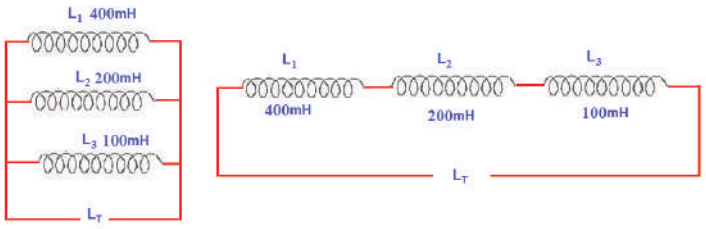
أ - يكون المجال المغناطيسي عموديًّا على الموصل.

ب- تكون خطوط المجال المغناطيسي موازية للموصل.

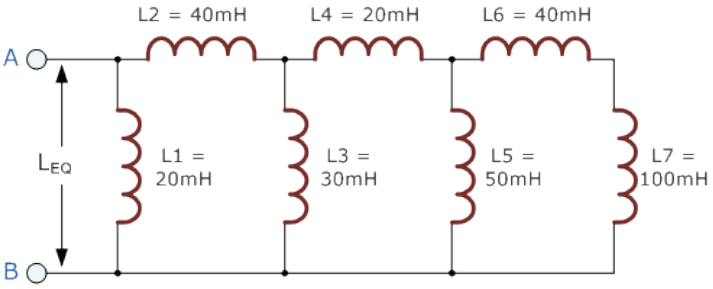
جـ- تميل خطوط المجال بمقدار (45°) عن الموصل.

د - لاعلاقة بين وضع خطوط المجال المغناطيسي بالنسبة إلى الموصل والقوة المؤثرة فيه.

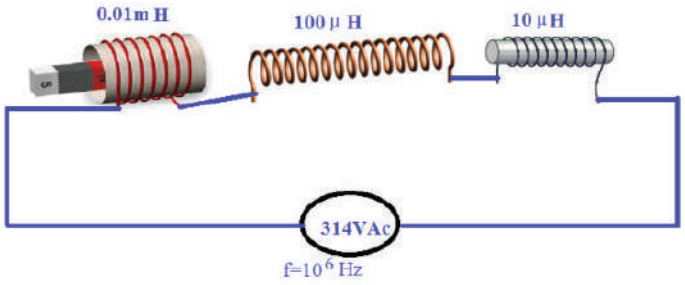
2- احسب الحث الكلي في الشكلين الآتيين.



3- احسب الحث الكلي في الشكل الآتي.



4- احسب الحث الكلي في الشكل الآتي.



5- اذكر أنواع الملفات الكهربائية.

6- أين تستخدم الملفات الآتية، راسمًا رمز كل منها؟

أ ـ ملف ذو قلب هوائي

ب ـ ملف ذو قلب حديدي

جـ ـ ملف ذو قلب فرايت

7- هل يجب مراعاة القطبية عند توصيل الملفات الكهربائية على التوالي والتوازي؟

8- كيف نستدل على صلاحية الملف؟

9- ما أعطال الملفات الشائعة؟

10- اشرح تركيب المحول الكهربائي ومبدأ عمله.

11- ما أهم الطرائق التي يُغيَّر عبرها التدفق المتولد في الملف الكهربائي؟

12- محول كهربائي عدد لفات ملفه الابتدائي (1200) لفة، وعدد لفات ملفه الثانوي (300) لفة، أجب عما يأتي:

أ ـ ما نوع هذا المحول؟

ب- ما نسبة التحويل له؟

جـ- إذا كانت فولتية طرفه الابتدائي (220V)، فما فولتية طرفه الثانوي؟

13- محول كهربائي موصول في دارة كهربائية، فإذا كانت النسبة بين عدد لفات الملف الثانوي للمحول وعدد لفات الابتدائي تساوي ($\frac{1}{11}$)، وكانت فولتية ملفه الابتدائي تساوي (220V) فولت، وتياره (0.5A)، فاحسب:

أ ـ فولتية ملفه الثانوي.

ب- تيار ملفه الثانوي.

التمارين العملية :

تمرين: (1-16) تمييز الملفات

يُتوقع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تميز بين أنواع الملفات المختلفة.
- تحدد قيمة الملفات من الرموز المكتوبة عليها.

متطلبات تنفيذ التمرين	
التجهيزات (الأدوات)	**المواد الأولية**
- جهاز قياس المقاومة والمواسعة والمحاثة (LCR meter) - كاوي لحام - صندوق العدة	- ملف ذو قلب هوائي - ملف ذو قلب حديدي - ملف ذو قلب فرايت - ملفات متغيرة متنوعة - بكرة لحام قصدير

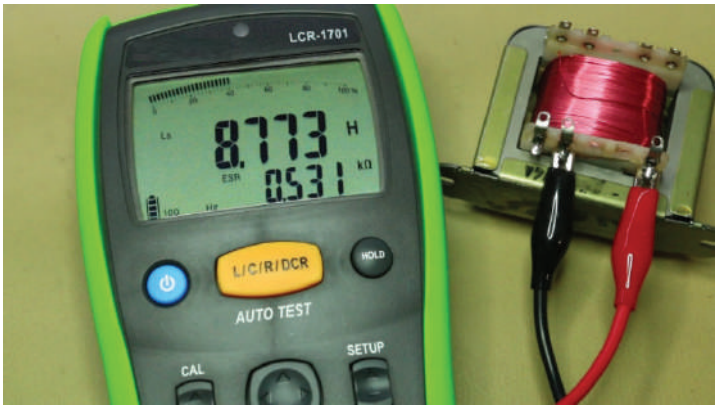
خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية

1- تفحص الملفات:

أ - اختر مجموعة من الملفات المتوافرة في المشغل، كما في الشكل (1).

الشكل (1).

ب - قس قيم الملفات باستخدام جهاز قياس المقاومة والمواسعة والمحاثة (LCR meter)، كما في الشكل (2).



الشكل (2).

جـ - ميز بين أنواع الملفات التي تفحصتها.

2- املأ الجدول الآتي:

نوع الملف	حث الملف (عبر الرموز المكتوبة عليه)	قياس حث الملف باستخدام (LCR meter)	ملاحظات

3- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين الخطوات جميعها التي نفذتها.

4- تمارين للممارسة

- احضر لوحة إلكترونية مطبوعة (PCB)، كما في الشكل (3)، ثم نفذ ما يأتي:
  - حدد مواضع الملفات.
  - فُكَّ الملفات جميعها.
  - صنف الملفات حسب أنواعها.
  - حدد سعة الملفات.
  - أعد لحامها على اللوحة المطبوعة.

الشكل (3).

تمرين: (1-17) فحص صلاحية الملفات الكهربائية

يُتوقع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تفحص صلاحية الملفات الكهربائية باستخدام جهاز الأفوميتر الرقمي.
- تستخدم جهاز قياس المقاومة والمواسعة والمحاثة (LCR meter).

متطلبات تنفيذ التمرين	
التجهيزات (الأدوات)	**المواد الأولية**
- جهاز الأفوميتر الرقمي - جهاز قياس المقاومة والمواسعة والمحاثة (LCR meter) - كاوي لحام - صندوق العدة	- عشرة ملفات مختلفة - بكرة لحام قصدير

خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1- صنّف الملفات: أ - افحص الملفات المتوافرة في مشغلك. ب- تعرّف الملفات المختلفة وصنّفها حسب ثبات قيمتها أو المادة المصنّع منها قلب الملف، كما هو مبين في الشكل (1).	 الشكل (1).
2- اضبط جهاز الأفوميتر الرقمي على وضع قياس المقاومة أو استخدم الأوممیتر: أ - اختر تدريج القياس المناسب.. ب- وصّل الملف بين طرفي الجهاز كما هو مبين في الشكل (2). جـ- افحص صلاحية الملف باستخدام جهاز الأفوميتر الرقمي على تدريج قياس المقاومة، ودون النتيجة في الجدول الآتي.	 الشكل (2).

د- قس حث الملفات باستخدام جهاز قياس حث الملف أو جهاز قياس المقاومة والمواسعة والمحاثة (LCR meter)، كما هو مبين في الشكل (3)، ودون النتيجة في الجدول الآتي.

الشكل (3).

نوع الملف	حث الملف (عبر الرموز والقيم المكتوبة عليه)	الحث المقيس بجهاز (LCR meter)	نتيجة فحص مقاومة الملف بجهاز المقاومة		نوع العطل
			الملف صالح	الملف غير صالح	

الجدول (4-6)

3- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين الخطوات جميعها التي نفذتها.

4- تقويم التمرين:

أ - ما المحددات التي يجب مراعاتها عند فحص صلاحية ملف ما في دارة كهربائية؟

ب- كيف تستدل على صلاحية الملف؟

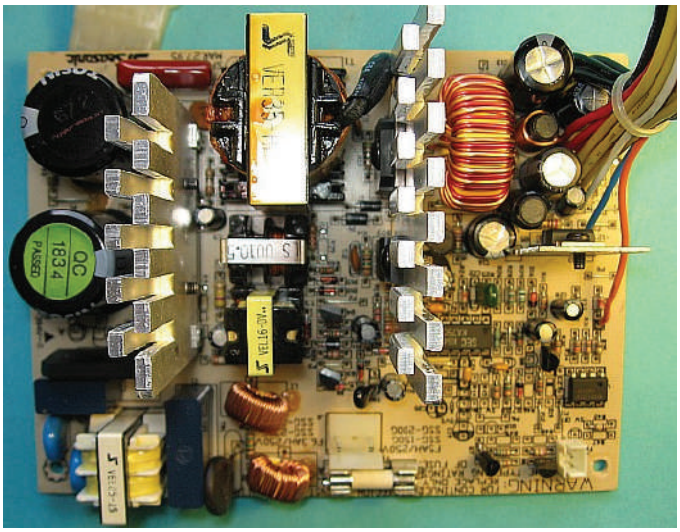
جـ- ما أعطال الملفات الشائعة؟

د - كيف يمكن فحص الملفات المتغيرة؟

5- تمارين للممارسة

نفذ التمارين العملية الآتية وحدك أو في مجموعات صغيرة في المشغل، أو حسب توجيهات المعلم:

احضر لوحة إلكترونية مطبوعة (PCB)، كما في الشكل (4)، ثم نفذ ما يأتي:



الشكل (4).

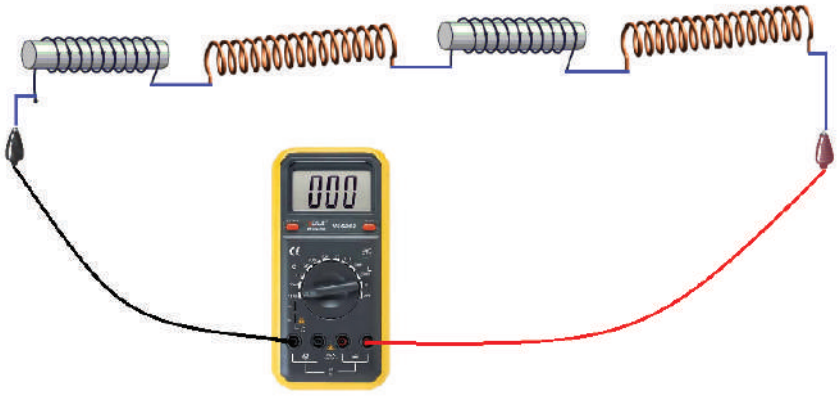
- حدد مواقع الملفات.
- فُكَّ الملفات جميعها.
- صنف الملفات حسب أنواعها.
- جد حث الملفات .
- افحص الملفات وتأكد من صلاحيتها.
- أعد لحامها على اللوحة المطبوعة.

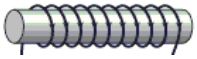
تمرين: (1-18) توصيل الملفات

يُتوقع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- توصل الملفات على التوالي، والتوازي، والتوصيل المركب.
- تحسب الحث الكلي.
- تقيس الحث الكلي.

متطلبات تنفيذ التمرين	
التجهيزات (الأدوات)	**المواد الأولية**
- جهاز قياس المقاومة والمواسعة والمحاثة (LCR meter) - كاوي لحام - صندوق العدة	- ملفات مختلفة. - أسلاك توصيل. - لوحة توصيل - بكرة لحام قصدير

خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1- وصّل الملفات على التوالي: أ- افحص الملفات التي أمامك. ب- وصّل الملفات على التوالي. جـ- احسب الحث الكلي. د- قس الحث الكلي باستخدام الجهاز، كما في الشكل (1)، ثم املأ الجدول التالي.	 الشكل(1).

الرقم	الملف	حث الملف (عبر الرموز المكتوبة عليه)	حث الملف بالقياس	الحث الكلي	ملاحظات
(1)					
(2)					
(3)					

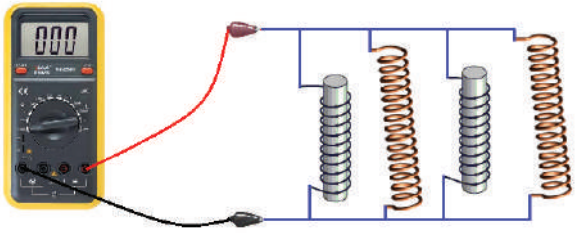
2- وصّل الملفات على التوازي:

أ- أفحص الملفات التي أمامك.

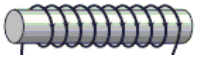
ب- وصّل الملفات على التوازي.

جـ- احسب الحث الكلي.

د- قس الحث الكلي باستخدام الجهاز، كما في الشكل (2)، ثم املأ الجدول الآتي.



الشكل (2).

الرقم	الملف	حث الملف (عبر الرموز المكتوبة عليه)	حث الملف بالقياس	الحث الكلي	ملاحظات
(1)					
(2)					
(3)					

الجدول (6-2).

3- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين الخطوات جميعها التي نفذتها.

4- تقويم التمرين:

أ - بيّن أسباب توصيل الملفات على:

- التوالي - التوازي

ب- هل هنالك اختلاف بين قيمتي المقاومة الكلية المقيسة والمحسوبة؟ ولماذا؟

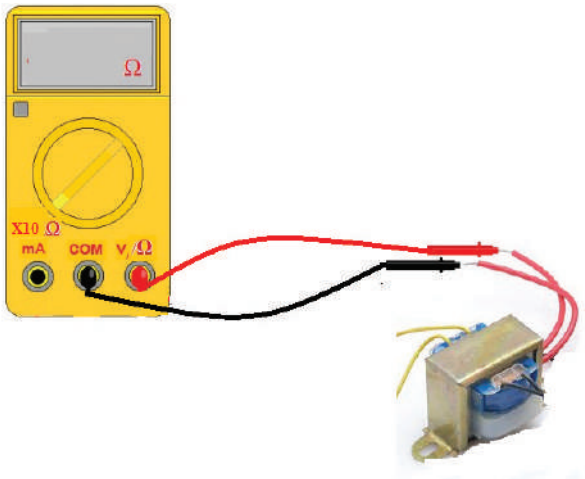
جـ- هل يجب مراعاة القطبية عند التوصيل على التوالي والتوازي؟

تمرين: (1-19) فحص المحولات الكهربائية

يُتوقع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تحدد صلاحية المحول.
- تفحص المحولات باستخدام جهاز الأفوميتر الرقمي.

متطلبات تنفيذ التمرين	
التجهيزات (الأدوات)	**المواد الأولية**
- جهاز الأفوميتر الرقمي - صندوق العدة	- محولات قدرة - محولات ذاتية

خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1- تفحص المحولات - افحص المحولات المتوافرة في مشغلك، كما هو مبين في الشكل (1).	 الشكل (1).
2- فحص مقاومة الملف الابتدائي باستخدام جهاز الأفوميتر الرقمي: أ - اضبط جهاز الأفوميتر الرقمي على وضعية قياس المقاومة. ب - اختر تدريج القياس المناسب. جـ - وصّل طرفي الملف الابتدائي بين طرفي الجهاز كما هو مبين في الشكل (2). د- دوّن قيمة مقاومة الملف الابتدائي.	 الشكل (2).

3- فحص مقاومة الملف الثانوي باستخدام جهاز الأفوميتر:

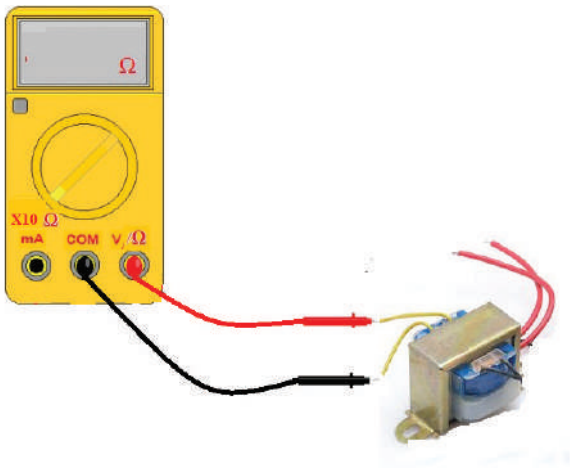
أ - اضبط جهاز الأفوميتر الرقمي على وضعية قياس المقاومة.

ب- اختر تدريج القياس المناسب.

جـ- وصّل طرفي الملف الثانوي بين طرفي الجهاز كما هو مبين في الشكل (3).

د- دوّن قيمة مقاومة الملف الثانوي.

هـ- كرر الخطوات السابقة لفحص أنواع المحولات جميعها، ثم املأ الجدول الآتي.



الشكل (3).

نوع المحول	مقاومة الملف الابتدائي	مقاومة الملف الثانوي	المحول صالح	المحول غير صالح	نوع العطل

4- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين الخطوات جميعها التي نفذتها.

5- تقويم التمرين:

أ - ما المحددات التي يجب مراعاتها عند فحص صلاحية محول ما في دارة كهربائية؟

ب - كيف تستدل على صلاحية المحول؟

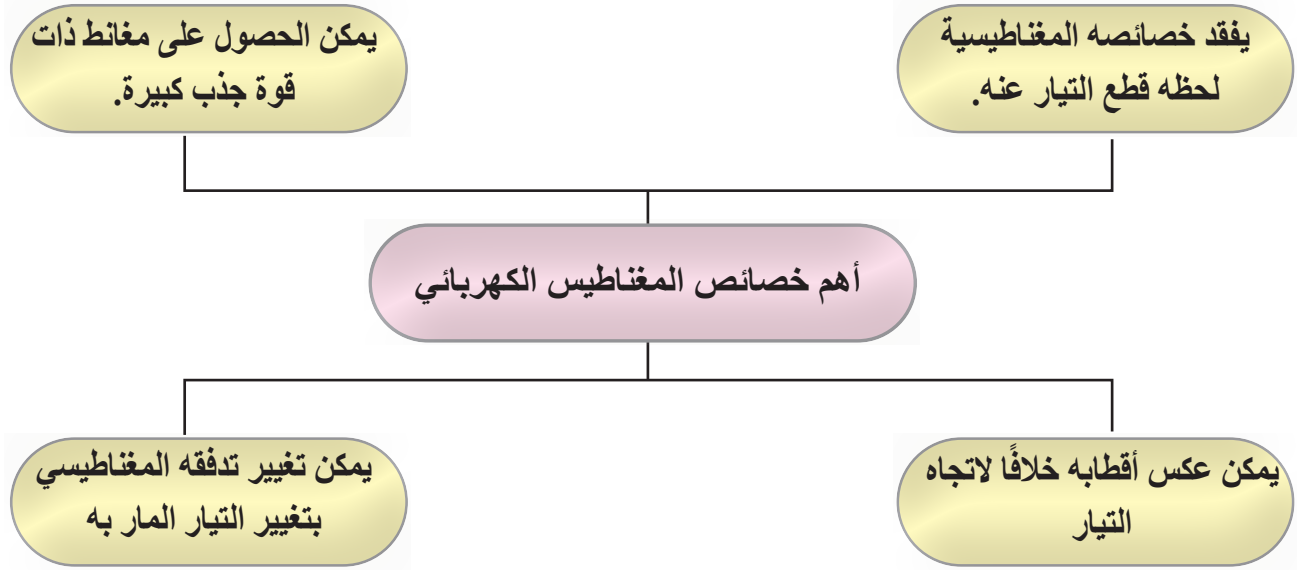
جـ - ما أعطال المحولات الشائعة؟

د - كيف يمكن فحص المحول الذاتي؟

التقويم الذاتي (النقاط الحاكمة)

الرقم	خطوات الأداء	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	أميِّز بين أنواع الملفات المختلفة.			
2	أحدِّد قيمة الملفات من الرموز المكتوبة عليها.			
3	أوصل الملفات على التوالي.			
4	أوصل الملفات على التوازي.			
5	أوصل الملفات التوصيل المركب.			
6	أحسب الحث الكلي للملفات.			
7	أقيس الحث الكلي للملفات.			
8	أضبط جهاز الأفوميتر الرقمي على وضع قياس المقاومة أو أستخدم الأوموميتر لفحص الملفات والتأكد من صلاحيتها.			
9	أستخدم جهاز قياس المقاومة والمواسعة والمحاثة (LCR meter).			
10	أحدّد صلاحية المحول الكهربائي باستخدام جهاز الأفوميتر الرقمي.			

الخرائط المفاهيمية



سابعًا: مبادئ التيار المتناوب

النتاجات

يُتوقّع منك بعد دراسة هذا الدرس أن:

تتعرف مفهوم التيار المتناوب، والقوة الدافعة الكهربائية الحثية.

تتعرف مفهوم التردد وأشكال الموجات.

تقيس الفولتية المتناوبة والتيار المتناوب.

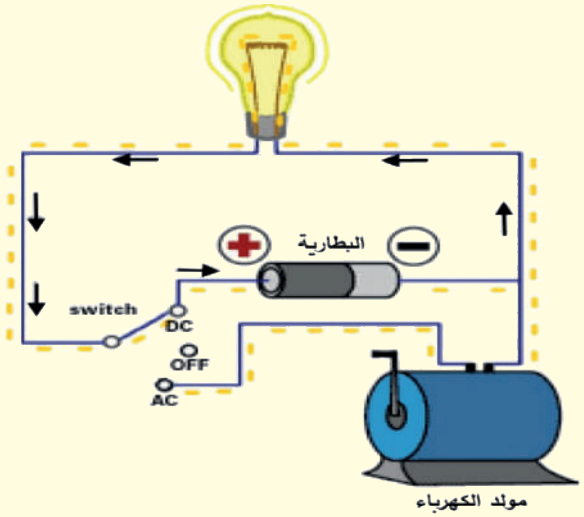
تقيس القيمة الفعالة للموجة الجيبية باستخدام الأفوميتر.

ترسم أشكال الموجات المتناوبة باستخدام جهاز راسم الإشارة ومولد الإشارة.

تتعرف الممانعة الحثية والممانعة السعوية.

انظر وتساءل

- التيار الكهربائي كالمياه المتدفقة في أنابيب المياه، فهو سيل من الإلكترونات تسري في موصل، وهناك نوعان أساسيان للتيار الكهربائي، هما التيار المباشر والتيار المتناوب، كما في الشكل (1-78).
- فما الفرق بين التيارين؟ وما التيار المستخدم في منازلنا؟ وكيف يتولد التيار المتناوب؟ وما خصائصه؟



الشكل (1-78).

استكشف

يتم توليد الكهرباء في محطة لتوليد الطاقة عبر مولدات تحول الطاقة الميكانيكية (الحركية) إلى طاقة كهربائية)، تسخن التوربينات الحرارية الماء في التوربين ليتحول إلى بخار ماء، ويحرك الجزء المتحرك في المولد الكهربائي لينتج الكهرباء، وكذلك حركة المياه المتدفقة من السدود المائية أو حركة الرياح عند ربطها في الجزء المتحرك في المولد الكهربائي ينتج الطاقة الكهربائية، وتشمل مصادر الطاقة الأخرى الخلايا الكهروضوئية الشمسية والطاقة الحرارية الأرضية (الحرارة الجوفية).

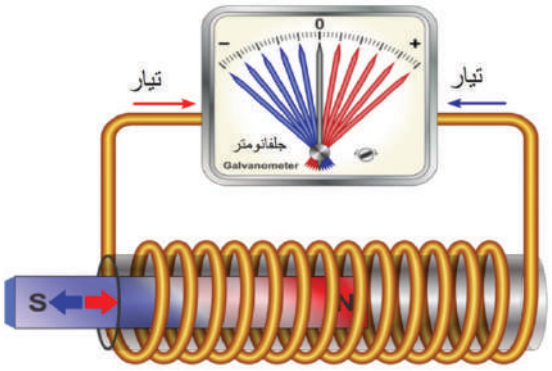
والتيار الكهربائي المتناوب شائع الاستعمال في البيوت والمصانع، واستخداماته متعددة في الأجهزة الكهربائية والصناعية والاتصالات وأنظمة التحكم والإلكترونيات، كما أنه الأساس في نقل الطاقة الكهربائية، وقد أدت الميزات الكبيرة لهذا التيار إلى اعتماد الهندسة الكهربائية الحديثة اعتمادًا كبيرًا على التيار المتناوب.

ابحث

باستخدام مصادر المعلومات المناسبة (الإنترنت أو المكتبات)، اكتب عن مصادر توليد الطاقة الحركية في توربينات المحطات الكهربائية.

1- كيف يتولد التيار الكهربائي الحثي

في الشكل (1-79) نلاحظ أنه عند تقريب القطب الشمالي للمغناطيس (N) من الملف باتجاه خط محوره، يتحرك مؤشر الجلفانوميتر شمالًا، وبعد توقف المغناطيس، يعود مؤشر الجلفانوميتر إلى الصفر، ما يدل على تولد قوة دافعة كهربائية (فولتية) لحظية في الملف لحظة تحرك المغناطيس أو الملف وزوالها عند توقف الحركة، وكذلك عند أبعاد المغناطيس بالاتجاه المعاكس أو تحريكه خارج الملف، تلاحظ تحرك مؤشر الجلفانوميتر بالاتجاه المعاكس، ما يدل على تولد قوة دافعة كهربائية (فولتية) بقطبية معكوسة.



الشكل (1-79).

وهذا يعني أنه في حالة الثبات (عدم الحركة) يخترق الملف عددًا ثابتًا من خطوط المجال، أما عند تقريب المغناطيس، فيزداد عدد خطوط المجال التي تخترق الملف، وعند إبعاده يقل عدد خطوط المجال التي تخترق الملف.

إذًا، يتولد التيار الحثي عندما يتغير عدد خطوط المجال التي تخترق الملف مع الزمن.

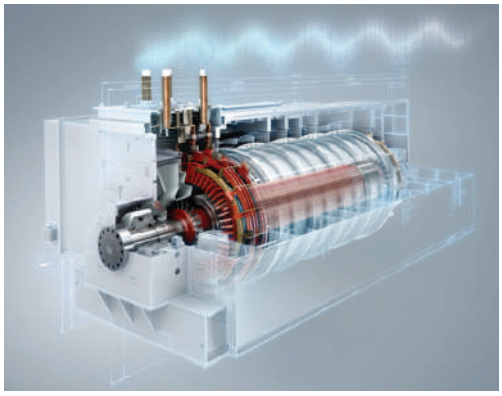
يمكن القول أيضًا: إن التغير في التدفق المغناطيسي (زيادةً أو نقصانًا في عدد خطوط المجال) مع الزمن يولد قوةً دافعةً كهربائيةً في الملف فينشأ تيار حثي.

والقوة الدافعة الكهربائية (Electromotive Force): هي فرق جهدٍ كهربائي (فولتية) وهي أكبر فرق جهد يمكن للمولد الكهربائي توليده بين طرفيه إذا أهملنا حساب المقاومة الداخلية للمولد، ولتجنب أي لبس سنستخدم مصطلح (الفولتية) للتعبير عن فرق الجهد الكهربائي والقوة الدافعة الكهربائية.

تذكر

الجلفانوميتر(Galvanometer): هو جهاز مثل جهاز الأميتر لكنه أكثر حساسية، فهو يستخدم في الكشف عن وجود التيار الكهربائي الصغيرة جدًّا عبر انحراف مؤشره، كما في الشكل المجاور.

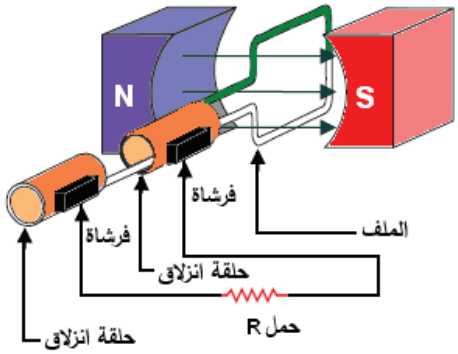
فكّر: المولد يمكن أن يكون صغير الحجم، مثل (الدينامو)، وقد يكون حجمه أكبر من حجم منزل، ويستطيع تزويد آلاف المنازل بالطاقة الكهربائية، كما في الشكل المجاور.



2- توليد التيار المتناوب الجيبي

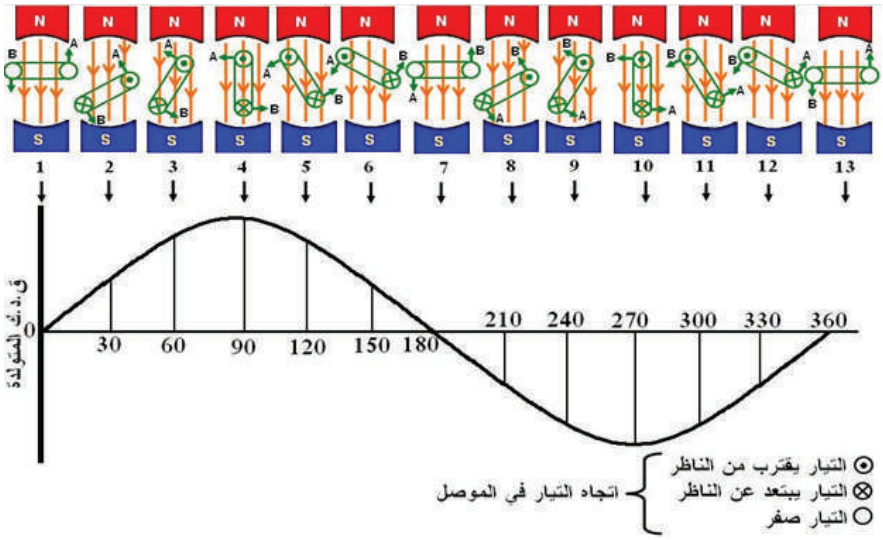
يُعدّ المولّد الكهربائي أحد أهم طرائق تحويل الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية بالاعتماد على مبدأ الحث الكهرومغناطيسي الذي اكتشفه مايكل فاراداي، حيث يمكن إنتاج تيار كهربائي عن طريق دوران ملف كهربائي داخل قطبي مغناطيس بوساطة الطاقة الحركية.

يتكون مولد التيار المتناوب الجيبي البسيط المبين في الشكل (1-80) من ملف يدور يدويًّا بسرعة ثابتة حول محوره باتجاه عكس عقارب الساعة في مجال مغناطيسي منتظم بين قطبين مغناطيسيين (N,S)، ووُصِّلت نهايته بحلقتي انزلاق نحاسيتين (C1,C2)، عليهما فرشاتان من الكربون (E1,E2) تنزلقان على هاتين الحلقتين، بحيث لا تسببان إعاقة الدوران، كما وُصِّلت مقاومة خارجية (R) بالفرشاتين بوصفها حِمْلًا كهربائيًّا.



الشكل (1-80).

ويبين الشكل (1-81) كيفية توليد فولتية ذات موجة جيبيه أحادية الطور، ويبين وضع الملف واتجاه التيار فيه ومقدار الفولتية المتولدة عند كل 30° من الموجة الجيبية.

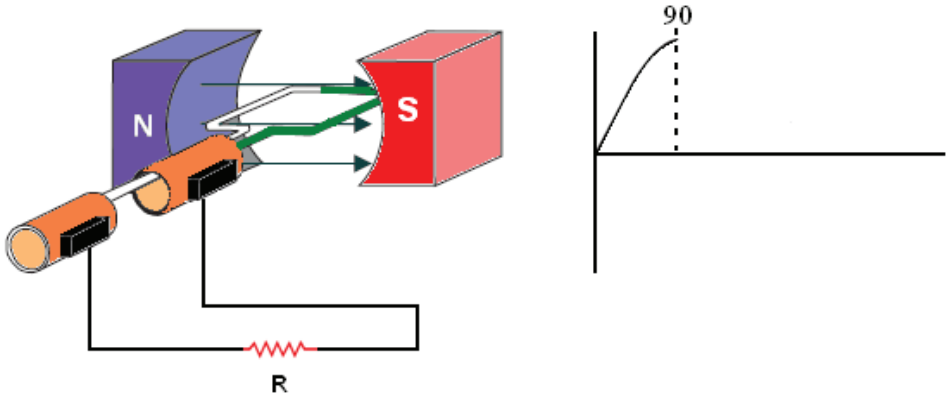


الشكل (1-81).

في ما يأتي تبسيط لمفهوم توليد موجة تيار كهربائي جيبية:

أ- الوضع من (0-90°)

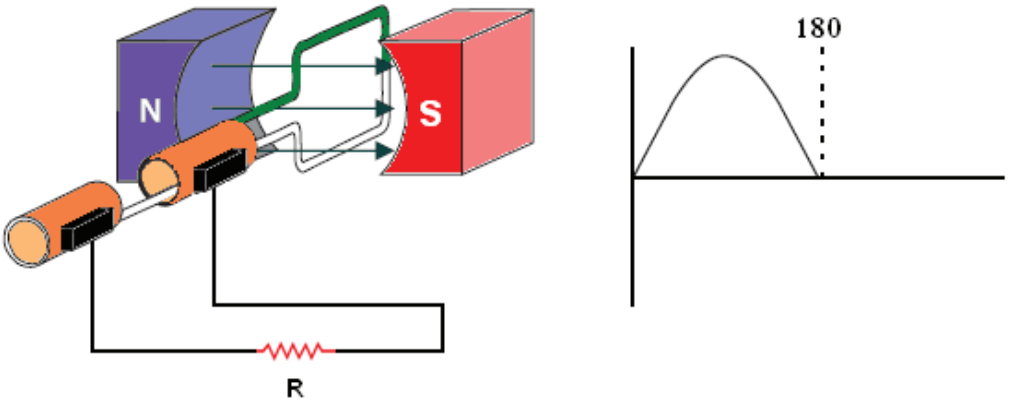
وعندما يكون جانبا الملف موازيين لخطوط المجال المغناطيسي، فلن تكون هناك أي فولتية متولدة. يدور الملف يبدأ بقطع خطوط المجال المغناطيسي بصورة مائلة، فتتولد فيه فولتية قليلة تزداد تديجيًّا إلى أن يصل الملف من الوضع العمودي مع خطوط المجال، فتصل الفولتية قيمتها العظمى عند 90° كما في الشكل (1-82).



الشكل (1-82).

ب- الوضع من (90°-180°)

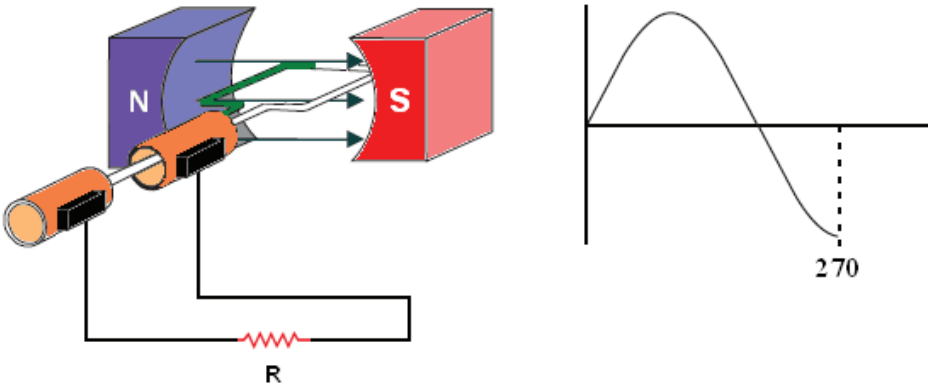
عندما تزيد زاوية الدوران على 90° تبدأ الفولتية بالانخفاض التدريجي؛ لأن الملف يقطع عددًا أقل من خطوط المجال بصورة مائلة إلى أن يصل الملف الوضع؛ عند180°، حيث تصبح الفولتية صفرًا مرةً ثانية، لأن جانبي الملف يصبحان موازيين لخطوط المجال المغناطيسي كما في الشكل (1-90).



الشكل (1-83).

جـ- الوضع من (180°-270°)

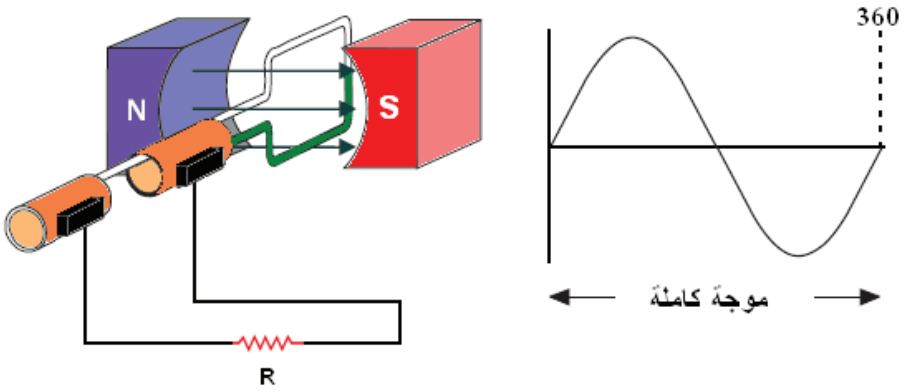
عندما تزيد زاوية الدوران على 180° تبدأ القوة الدافعة الكهربائية المتولدة بالارتفاع، لأن الملف يقطع خطوط المجال بصورة مائلة مرة ثانية، ولكن في هذه اللحظة، تنعكس قطبية الملف بسبب انعكاس اتجاه طرفيه بالنسبة إلى خطوط المجال المغناطيسي إلى أن يصل الملف إلى الوضع العمودي مع خطوط المجال، وتصل الفولتية نهايتها العظمى السالبة عند 270°، كما في الشكل (1-84).



الشكل (1-84)

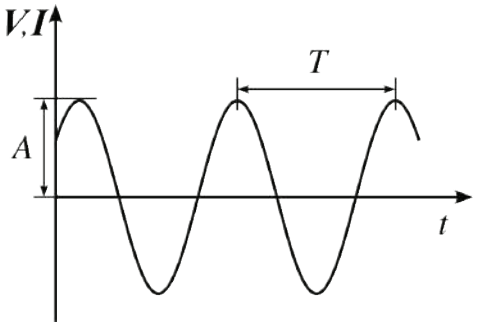
د- الوضع من (270°-360°)

عندما يتجه الملف نحو النقطة التي بدأ فيها الدوران، تبدأ الفولتية بالانخفاض تدريجيًّا؛ لأن الملف يقطع عددًا أقل من خطوط المجال بصورة مائلة إلى أن يصل الملف إلى 360°، فتعود الفولتية إلى الصفر مرةً ثانية؛ لأن جانبى الملف موازيان لخطوط المجال المغناطيسى كما فى الشكل (1-85).



الشكل (1-85).

التيار الكهربائي الذي تزودنا به شركات الكهرباء هو التيار المتناوب الجيبي، وقد سمّي التيار الجيبي؛ لأن تغير الفولتية والتيار مع الزمن يكون مشابهًا لشكل الموجه الجيبية (Sinusoidal Wave)، حسب منحنى « جيب الزاوية»، كما في الشكل (1-86).



الشكل (1-86).

3- المفاهيم الأساسية للتيار المتناوب والفولتية

ستتعرف بعض المفاهيم المهمة للتيار المتناوب، وكل ما ينطبق على التيارالمتناوب من مفاهيم ومعادلات ينطبق كذلك على الفولتية كما يأتي:

أ- الزمن الدوري

هو الوقت اللازم للتيار المتناوب لكي يكمل دورة كاملة (زمن دورة واحدة)، ويرمزإليه بالحرف (T)، كما في الشكل (1-86)، ويقاس (بالثانية).

ب- التردد

تسمى عدد الدورات التي تكملها الموجة الجيبية في الثانية الواحدة بالتردد (Frequency) :f، وهو مقلوب الزمن الدوري، وكلما زاد عدد الدورات في الثانية، زاد التردد.

أي أن:

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

حيث إن:

f: التردد (بالهيرتز)

T: الزمن الدوري (بالثانية).

يقاس التردد بوحدة الهيرتز (Hertz)، نسبة إلى العالم (هيرتز) أحد علماء الفيزياء الألمان، ويرمز إليه بالحرفين (Hz)، إذ تقدر قيمة التردد بهيرتز واحد إذا كان زمن دورته ثانية واحدة. وقيم التردد في الطاقة الكهربائية عالميًّا هي (50Hz و 60Hz)، والتردد المستخدم في الأردن وفي معظم دول العالم (50Hz).

وفي بعض التطبيقات العملية كأنظمة الاتصالات، تعد وحدة الهيرتز وحدة صغيرة، ويلزم استخدام إشارات بترددات عليا، مثل:

كيلوهيرتز (kHz)	=	10^3 هيرتز.
ميغاهيرتز (MHz)	=	10^6 هيرتز.
جيجاهيرتز (GHz)	=	10^9 هيرتز.

فكّر: لماذا التردد المستخدم عالميًّا 60Hz أو 50Hz، ولا يوجد أقل من ذلك ولا أكثر؟

جـ - قيم التيار المتناوب ذي الموجة الجيبية

من قيم التيار المتناوب المستخدمة:

1. القيمة اللحظية (I_t): هي قيمة التيار في أي لحظة من الزمن.

ويعبر عن قيمة التيار اللحظية (عند أي لحظة) بالعلاقة الآتية:

$$It = Im.\ Sin\ \theta$$

حيث (Im): هي القيمة العظمى للتيار وهي أقصى قيمة يبلغها التيار في الاتجاهين الموجب والسالب.

2. القيمة الفعالة (Effective Value): وهي الجذر التربيعي لمتوسط مربعات القيم اللحظية المختلفة للتيار أو الفولتية في موجة كاملة، ويُعبَّر عنها بالمعادلة الآتية:

$$V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0.707 V_m$$

ولهذه القيمة أهمية خاصة؛ إذ إن أجهزة قياس الفولتية والتيار تقيس القيمة الفعالة.

مثال (21)

إذا كانت قراءة الفولتميتر في دارة كهربائية (20V)، فجد القيمة العظمى للفولتية.

الحل:

$$V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0.707 V_m$$

$$V_m = \sqrt{2} \times Vrms = \sqrt{2} \times 20 = 28.28V$$

د - قيم الممانعة الحثية

هي ممانعة الملف للتيار الكهربائي، وقد عرفت سابقًا أن الملف يمانع التغير في التيار الكهربائي، وتقاس الممانعة بوحدة قياس الأوم (Ω)، ويرمز إلى الممانعة بالرمز (X_L)، وتتناسب الممانعة الحثية تناسبًا طرديًّا مع التردد، ومع قيمة الحثية (L) كما هو مبين في المعادلة الآتية:

$$X_L = 2\pi\ fL$$

حيث:

X_L: ممانعة الملف بالأوم.

f: التردد بالهيرتز.

L: محاثة الملف بالهنري.

مثال (22)

إذا وُصّل ملف حثه 0.2H بمصدر فولتية 220V وتردده 50HZ، فاحسب قيمة التيار المار فيه.

الحل:

$$X_L = 2\,\pi\,f\,L$$

$$X_L = 2\times\pi\times 50\times 0.2 = 62.8\Omega$$

$$I = \frac{V}{X_L} = \frac{220}{62.8} = 3.5A$$

هـ - الممانعة السعوية

هي ممانعة المواسع للتيار المتناوب، وقد عرفت سابقًا أن المواسع يمانع التغير في الفولتية، وتقاس الممانعة السعوية بوحدة قياس الأوم (Ω) ويرمز إليها بالرمز (X_C)،وتتناسب الممانعة السعوية تناسبًا عكسيًّا مع التردد وسعة المواسع (F)، كما هو مبين في العلاقة الآتية:

حيث:

$$X_C = \frac{1}{2\pi fc}$$

X_C: الممانعة السعوية بالأوم.

f: التردد بالهيرتز.

C: السعة بالفاراد.

مثال (23)

مواسع سعته 10μF وُصِّل بمصدر للتيار المتناوب فولتيته 220V وتردده 50Hz. جد ممانعة المواسع وتياره.

$$X_C = \frac{1}{2\pi fc}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fc} + \frac{1}{2\times 3.14\times 50\times 10\times 10^{-6}} = 318\Omega$$

$$I = \frac{V}{X_C} = \frac{220}{318} = 0.7A$$

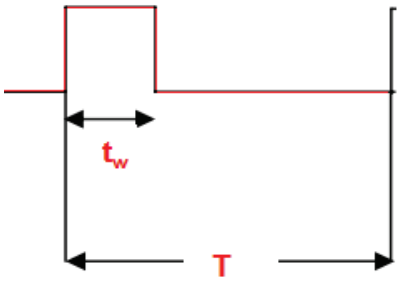
4- الموجات غير الجيبية

هناك أشكال أخرى متنوعة لموجات الفولتية والتيار، ما هذه الأشكال؟ وما استخداماتها الخاصة في التطبيقات العملية؟

من أشكال الموجات غير الجيبية ما يأتي:

أ- الموجة المربعة (Square Wave)

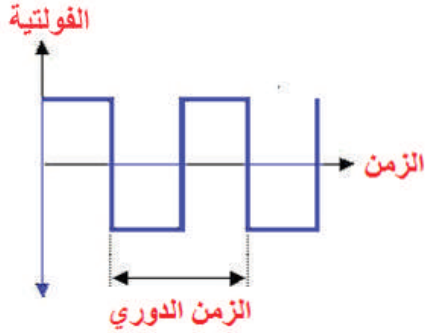
تمثل الموجة المربعة حالة خاصة من الموجات النبضية تتغير قيمة الموجة المربعة من الصفر إلى القيمة العظمى فجأة، ثم تستمر عندها مدة زمنية معينة، ثم تهبط فجأة إلى قيمة سالبة عظمى تستمر عندها مدة زمنية أخرى، ثم تعود بعدها للارتفاع إلى القيمة الموجبة وهكذا، كما هو مبين في الشكل (1-88).



الشكل (1-87).

ب- الموجة النبضية (Pulse Wave)

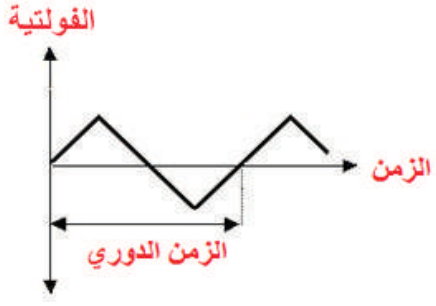
يوضح الشكل (1-87) الموجة النبضية، وتتكون هذه الموجة من نبضة تكرر نفسها بصفة دورية بعد مرور زمن يساوي (T).



الشكل (1-88).

جـ- الموجة المثلثية (Triangular Wave Form)

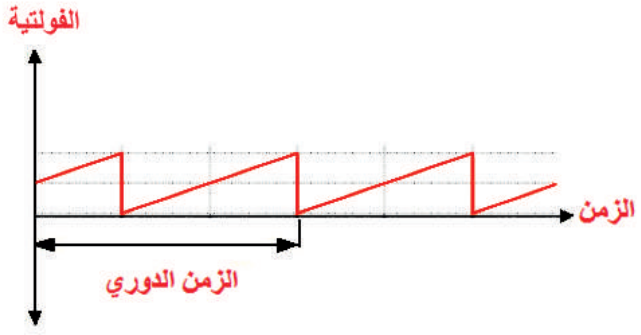
في هذه الموجة يساوي زمن الهبوط زمن الصعود، ويبين الشكل (1-89) شكل الموجة المثلثية.



الشكل (1-89).

د- موجة سن المنشار (Saw tooth Wave Form)

تعد هذه الموجة حالة خاصة من الموجات المثلثية، وتتميز بأن شكلها يشبه أسنان المنشار، وزمن الصعود في هذه الموجة لا يساوي زمن الهبوط، كما هو مبين في الشكل (1-90).

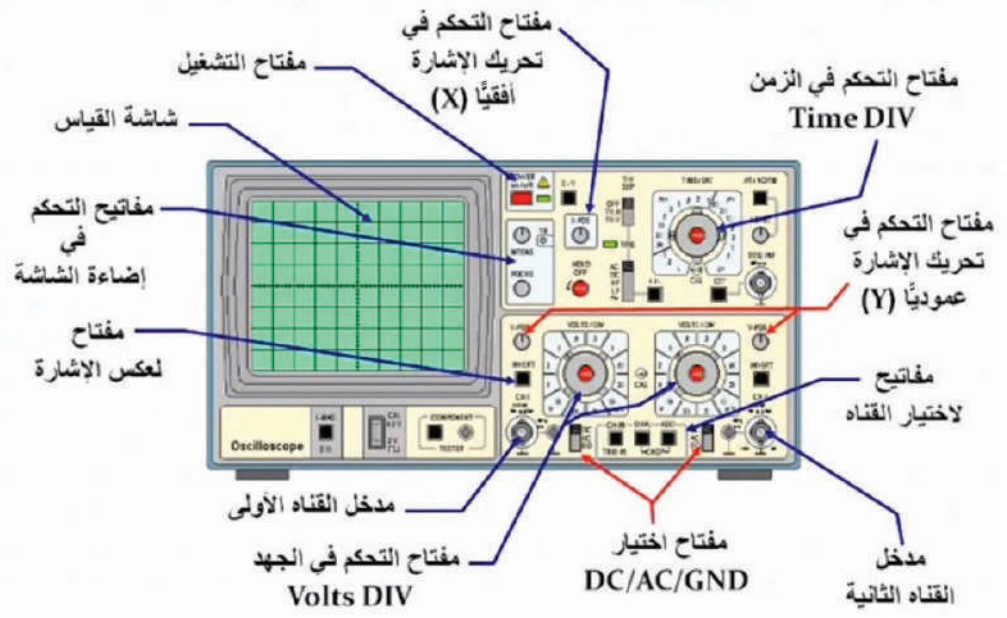


الشكل (1-90).

5- جهاز راسم الإشارة (Oscilloscope)

هو جهاز قياس إلكتروني يسمح بإظهار شكل الإشارة ورسمها في صورة مخطط ثنائي الأبعاد، الفولتية (على المحور العمودي) مقابل الزمن (على المحور الأفقي). وله مدخلان، أي يستطيع رسم إشارة أو إشارتين مختلفتين على شاشة العرض أو يعرضهما معًا، ويمكن عرض قيمة طرح الإشارتين أو ضربهما.

يُعد راسم الإشارة من أجهزة القياس والمستخدمة بكثرة، لا بد منها في كل مشغل كهرباء أو إلكترونيات، ويُستخدم في دراسة أشكال موجات التيار المتناوب والفولتية، وقياس قيمها بالإضافة إلى قياس التردد بالقيمة والشكل. كما يمكنه ربط هذه الكميات بالزمن على الشاشة، ويستخدم راسم الإشارة في مجالات عدة، مثل: الصناعة، والطب، والبحث العلمي. ويستخدم فنيو الإلكترونيات هذه الأجهزة في فحص الحواسيب وأجهزة الراديو، والأجهزة الإلكترونية الأخرى، ويستخدمها الأطباء في دراسة النبضات الكهربائية الصادرة عن الدماغ أو القلب، كما يمكن دراسة الضوء، والحركة الآلية، والصوت بوساطة هذه الأجهزة، ويبين الشكل (1-91) جهاز راسم الإشارة وأجزاءه الخارجية.



الشكل (1-91).

6- جهاز مولد الإشارة (Function generator)

يُنتج هذا الجهاز إشارات مختلفة مثل الموجة الجيبية وسن المنشار والمربعة والمثلثية، وتستخدم هذه الإشارات في تغذية الدارات الإلكترونية، ويتم متابعتها باستخدام راسم الإشارة.

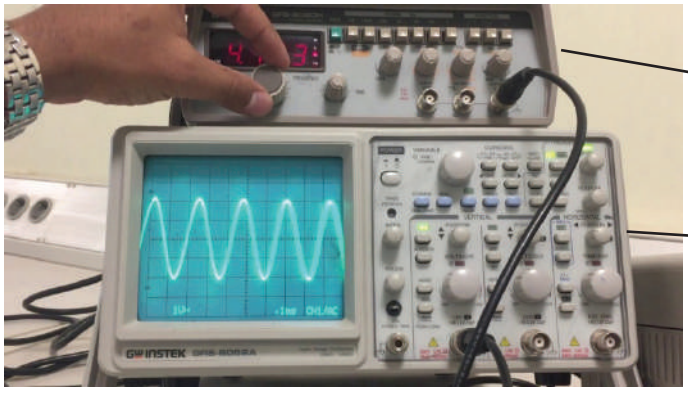
يحتوي هذا الجهاز مجموعة من مفاتيح التشغيل والتحكم، كما في الشكل (1-92)، من أهمها:

أ ـ مفتاح التشغيل (Power): لتشغيل الجهاز.

ب ـ مفتاح اختيار الموجة (Function): لاختيار نوع الموجة المراد إنتاجها، مثل: الموجة الجيبية، والمربعة، والمثلثية.

جـ ـ مفتاح اختيار التردد.

د ـ المخرج.



الشكل (1-92).

باستخدام مصادر المعلومات المناسبة (الإنترنت أو المكتبات)، اكتب عن استخدامات الموجات الجيبية الخاصة في التطبيقات العملية.

القياس والتقويم

1- ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:

(1) وحدة قياس التردد هي:

أ- الهنري ب- الفاراد جـ- الهيرتز د- الأوم

(2) إشارة كهربائية ترددها (1KHz)، فإن زمنها (بالثانية):

أ- (0.001) ب- (0.01) جـ- (0.1) د- (1)

(3) الميغاهيرتز يساوي:

أ- (1000) هيرتز ب- (10^4) هيرتز جـ- (10^6) هيرتز د- (100) كيلوهيرتز

(4) اذا كانت القيمة العظمى لفولتية مصدر كهربائي (10v)، فإن القيمة الفعالة لها (بالفولت):

أ- (1.414) ب- (5) جـ- (6.37) د- (7.07)

(5) تقاس القوة الدافعة الكهربائية الحثية بوحدة:

أ- الواط ب- الفولت جـ- الأمبير د- الجول

2- موجة فولتية جيبية قيمتها العظمى (155v). احسب القيمة الفعالة لهذه الموجة (Vr.m.s).

3- موجة جيبية قيمتها الفعالة (120v)، احسب القيمة العظمى (Vm).

4- احسب الزمن الدوري لموجة ترددها (50Hz).

5- احسب تردد موجة زمنها الدوري يساوي (4) ثوانٍ.

6- ملف حثيته (115mH) وُصِّل بمصدره فولتية مقداره (100V) وتردده (50Hz)، احسب مقدار التيار الفعال الذي يسري خلاله.

7- ملف حثيته (0.4H) احسب الممانعة الحثية عند الترددات الآتية:
(5Hz)، (10Hz)، (50Hz)، (100Hz)

8- احسب الممانعة السعوية (X_C) لمواسع سعته (20μF) عند تردد مقداره (50Hz).

9- اشرح مع رسم الموجة، مبدأ توليد التيار المتناوب الجيبي.

10- عرف القيم اللحظية والفعالة والعظمى للموجات الجيبية، مُبيِّنًا العلاقة بينها.

11- علل ما يأتي: استخدام التيار المتناوب في نقل الطاقة الكهربائية.

12- اذكر خطوات استخدام جهاز راسم الإشارة.

13- ما الإشارات التي ينتجها جهاز مولد الإشارة؟

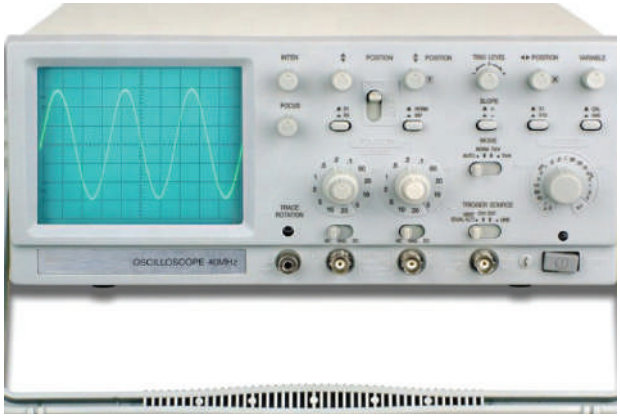
14- أين تستخدم الموجتان المربعة والمثلثية؟

تمرين: (1-20) استخدام راسم الإشارة الكهربائية

يُتوقع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تتعرَّف المكونات الخارجية لجهاز راسم الإشارة الكهربائية.
- تستخدم جهاز راسم الإشارة في قياس الفولتية.

متطلبات تنفيذ التمرين	
التجهيزات (الأدوات)	**المواد الأولية**
- جهاز الأفوميتر الرقمي - جهاز راسم الإشارة (قناتان) - مولد إشارة كهربائية (أشكال مختلفة). - صندوق العدة	

خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1-تعرَّف المكونات الخارجية لجهاز راسم: الإشارة الكهربائية أ- تفحَّص جهاز راسم الإشارة المتوافر في مشغلك. ب- تعرَّف مفاتيح جهاز راسم الإشارة ووظيفة كل منها، كما هو مبين في الشكل (1).	 الشكل (1).

2- تعرَّف خطوات تشغيل راسم الإشارة:

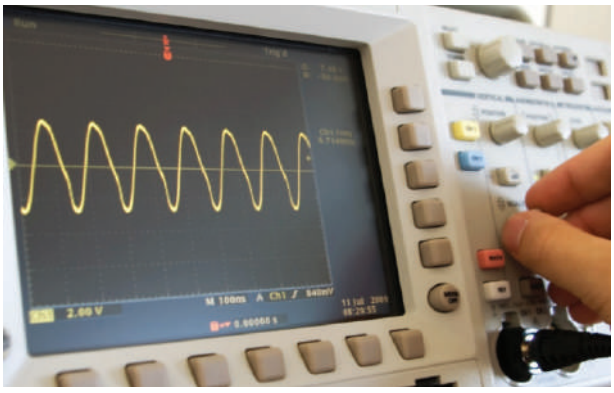
أ - ضع مفتاح الفولتية (On-Off)على الوضع (On).

ب-اضبط مفتاح الزمن (Sec/Div) على الوضع (1ms/Div).

جـ- اضبط مفتاح القدح على الوضع (Auto Trigger).

د - اختر القناة الأولى (CH1)، كما هو مبين في الشكل (2).

هـ- إذا لم يظهر الخط الأفقي، فافحص مفتاح التحكم في شدة الإضاءة (Intensity).



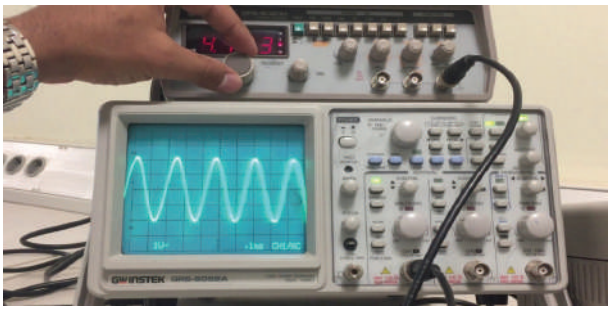
الشكل (2).

3- تعرَّف جهاز مولِّد الإشارة:

أ - تفحَّص جهاز مولد الإشارة المتوافر في مشغلك.

ب- تعرَّف مفاتيح الجهاز ووظيفة كل منها.

جـ- تعرَّف طريقة ربط جهاز مولد الإشارة بجهاز راسم الإشارة، وطريقة تشغيله، كما هو مبَّين في الشكل (3).



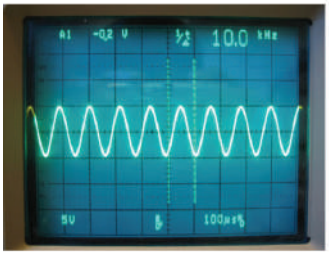
الشكل (3)

4- تعرَّف حساب الفولتية:

أ - تفحَّص المفتاح الخاص بالتحكم في الفولتية.

ب-تفحَّص شاشة عرض جهاز راسم الإشارة، كما هو مبين في الشكل (4).

جـ-احسب الفولتية المتناوبة حسب المعادلة الآتية: الزمن الدوري = عدد المربعات العمودية × وضع مفتاح اختيار الفولت (Volt/Div).



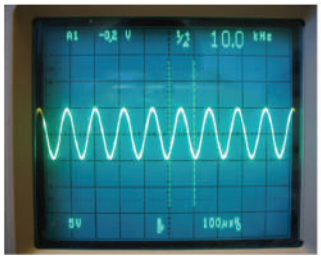
الشكل (4).

5- تعرَّف حساب الزمن الدوري:

أ - تفحَّص مفتاح التحكم في الزمن الدوري

ب- تفحَّص شاشة عرض جهاز راسم الإشارة، كما هو مبين في الشكل (5).

جـ- احسب الزمن الدوري حسب المعادلة الآتية: الفولتية = عدد المربعات الأفقية × وضع مفتاح اختيار الزمن الدوري (Time/Div).



الشكل (5).

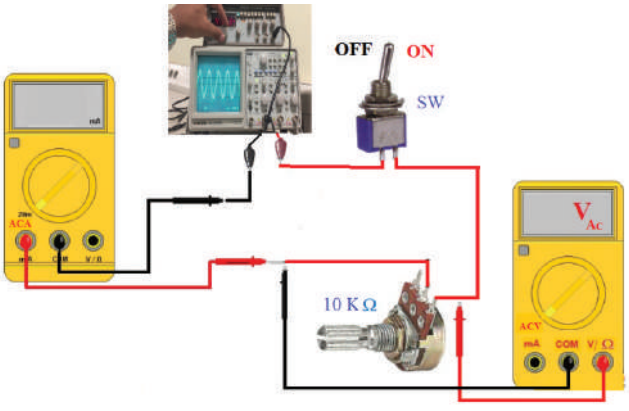
6- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين الخطوات جميعها التي نفذتها.

تمرين: (1-21) قياس الفولتية المتناوبة والتيار المتناوب

يُتوقع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تتعرَّف استخدم جهاز الأفوميتر لقراءة فولتية مولد الإشارة.
- تقيس الفولتية المتناوبة والتيار المتناوب.

متطلبات تنفيذ التمرين	
التجهيزات (الأدوات)	**المواد الأولية**
- جهاز الأفوميتر الرقمي	- مقاومة متغيرة (10KΩ)/ 2W
- جهاز راسم الإشارة (قناتان)	- مفتاح توصيل
- مولد إشارة كهربائية (أشكال مختلفة).	- أسلاك توصيل
- صندوق العدة	- لوحة توصيل
- كاوي لحام	- بكرة لحام قصدير

خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1- نفّذ الدارة المبينة في الشكل (1) أ- اضبط مولد الإشارة ليعطي موجة جيبية اتساعها (1V) وترددها (50Hz). ب- اضبط أجهزة القياس (التيار والفولتية) على التدريج المناسب لقياس الفولتية والتيار المتناوبين. جـ- وصّل الدارة بالمصدر الكهربائي ثم أغلق المفتاح (SW) على الوضع (ON).	 الشكل (1).

2- تغيير فولتية مولد الاشارة:

أ- غير فولتية مولد الإشارة كما هو مبين في الجدول المجاور.

ب- دوّن قراءة كل من جهاز قياس الفولتية والتيار.

جـ- ارسم العلاقة بين كل من الفولتية والتيار عبر القراءات التي حصلت عليها، ودوّن النتيجة في دفترك.

مولد الإشارة	قراءة الأفوميتر (V)	قراءة الأميتر (mA)
1		
2		
3		
4		
5		

الجدول (1-7).

3- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين الخطوات جميعها التي نفذتها.

4- تقويم التمرين:

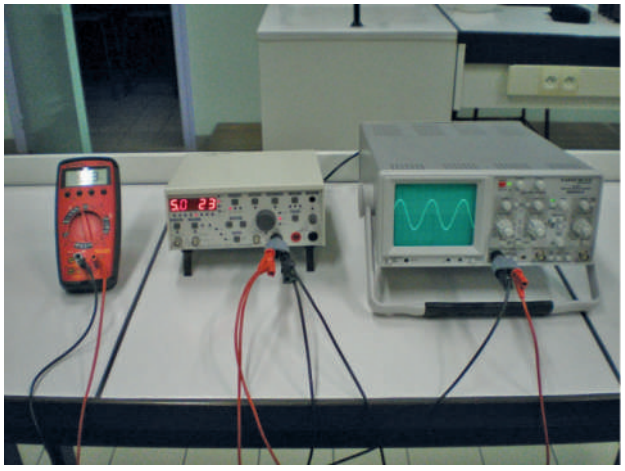
- بيَّن العلاقة بين الفولتية والتيار عبر الرسم.

تمرين: (1-22) قياس القيميتين العظمى والفعالة وحساب التردد

يُتوقع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تقيس القيمة العظمى (Vmax) وتحسب التردد (f) باستخدام راسم الإشارة.
- تقيس القيمة الفعالة باستخدام الأفوميتر.

متطلبات تنفيذ التمرين	
التجهيزات (الأدوات)	**المواد الأولية**
- جهاز الأفوميتر الرقمي - جهاز راسم الإشارة (قناتان) - مولد إشارة كهربائية (أشكال مختلفة). - صندوق العدة - كاوي لحام	- مقاومة متغيرة (10KΩ)/ 2W - مفتاح توصيل - أسلاك توصيل - لوحة توصيل - بكرة لحام قصدير

خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1- نفّذ الدارة المبينة في الشكل المجاور أ - وصّل مدخل راسم الإشارة على مخرج مولد الاشارة. ب- اضبط مولد الإشارة لإعطاء موجة جيبية ترددها (1KHz). جـ- اضبط جهاز متعدد القياس الرقمي على وضع الفولتية المتناوبة. د- اضبط فولتية مولد الإشارة على فولتية (1Vrms) باستخدام جهاز الأفوميتر الرقمي. هـ- احسب القيمة العظمى والتردد عبر جهاز راسم الإشارة.	

2- تغيير تردد مولد الإشارة وفولتيته:

أ- غيَّر تردد مولد الإشارة وفولتيته، مُستعينًا بالجدول الآتي:

التردد	الفولتية (V_{rms}) المقيسة باستخدام جهاز الأفوميتر	القيمة العظمى (باستخدام راسم الإشارة)	التردد (باستخدام راسم الإشارة)
1k	1V		
2k	2V		
3k	3V		
4k	4V		
5k	5V		
6k	6V		

3- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين الخطوات جميعها التي نفذتها.

4- تقويم التمرين:

أ - ما الفرق بين القيم المقيسة باستخدام جهاز راسم الإشارة والقيم المقيسة باستخدام الأفوميتر؟

ب- احسب القيمة العظمى لإشارات التردد التي قستها.

5- تمارين للممارسة:

- نفذ التمرين السابق للإشارات الآتية:

3KHz , 2Vrms

6KHz , 2.5Vrms

10KHz , 3.5 Vrms

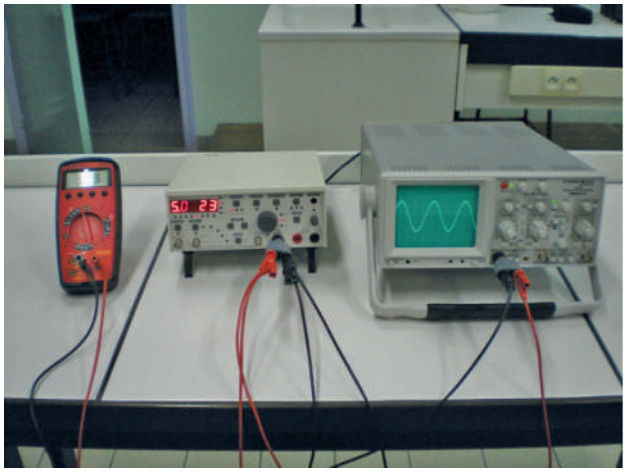
- احسب القيمة العظمى لإشارات التردد التي قستها.

تمرين: (1-23) تعرف أشكال الموجات

يُتوقع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تميز بين أشكال الموجات المختلفة.
- تظهر أشكال الموجات على جهاز راسم الإشارة.

متطلبات تنفيذ التمرين	
التجهيزات (الأدوات)	**المواد الأولية**
- جهاز الأفوميتر الرقمي - جهاز راسم الإشارة (قناتان) - مولد إشارة كهربائية (أشكال مختلفة). - صندوق العدة - كاوي لحام	- مقاومة متغيرة (10KΩ)/ 2W - مفتاح توصيل - أسلاك توصيل - لوحة توصيل - بكرة لحام قصدير

خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1- الحصول على الموجة الجيبية أ - نفّذ التوصيلات المبينة في الشكل (1). ب- وصِّل مدخل راسم الإشارة على مخرج مولد الإشارة. جـ- اضبط مولد الإشارة لإعطاء موجة جيبية ترددها (1KHz). د- اضبط جهاز الأفوميتر على وضع الفولتية المتناوبة. هـ- اضبط فولتية مولد الإشارة على فولتية (2VP-P) باستخدام جهاز الأفومينر. و- جد كلًّا من التردد والفولتية العظمى للإشارة باستخدام جهاز راسم الإشارة. ز- قارن القيم التي حصلت عليها بتردد مولد الإشارة وفولتيته.	 الشكل (1).

2- الحصول على الموجة المربَّعة:

أ- نفّذ التوصيلات المبينة في الشكل (2)

ب- وصّل مدخل راسم الإشارة على مخرج مولد الإشارة.

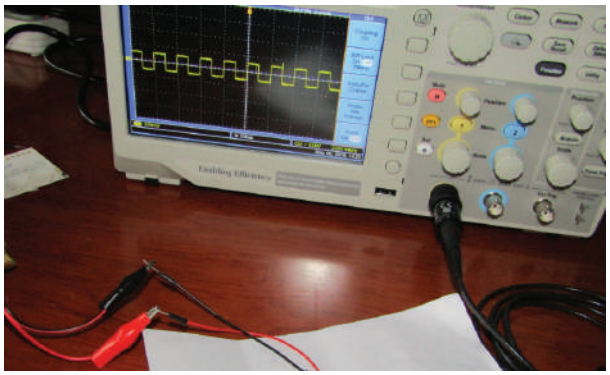
جـ- اضبط مولد الإشارة لإعطاء موجة مربَّعة ترددها (1KHz)

د- اضبط جهاز الأفوميتر على وضع الفولتية المتناوبة.

هـ- اضبط فولتية مولد الإشارة على فولتية (2VP-P) باستخدام جهاز الأفومينر.

و- جد كلًّا من التردد والفولتية العظمى للإشارة باستخدام جهاز راسم الإشارة.

ز- قارن القيم التي حصلت عليها بتردد مولد الإشارة وفولتيته.



الشكل (2).

3- الحصول على الموجة المثلثية:

أ- نفّذ التوصيلات المبينة في الشكل (3).

ب- وصّل مدخل راسم الإشارة على مخرج مولد الإشارة.

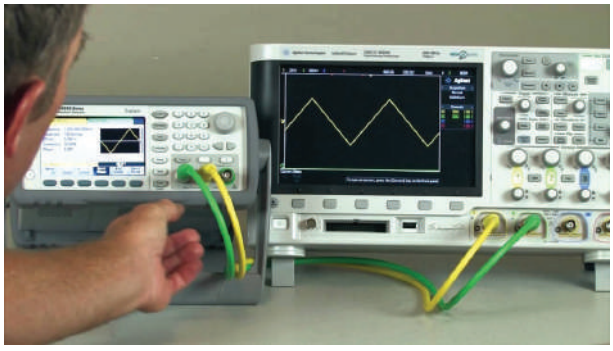
جـ- اضبط مولد الإشارة لإعطاء موجة مثلثية ترددها (1KHz)

د- اضبط جهاز الأفوميتر على وضع الفولتية المتناوبة.

هـ- اضبط فولتية مولد الإشارة على فولتية (2VP-P) باستخدام جهاز الافومينر.

و- جد كلًّا من التردد والفولتية العظمى للإشارة باستخدام جهاز راسم الإشارة.

ز- قارن القيم التي حصلت عليها بتردد مولد الإشارة وفولتيته.



الشكل (3).

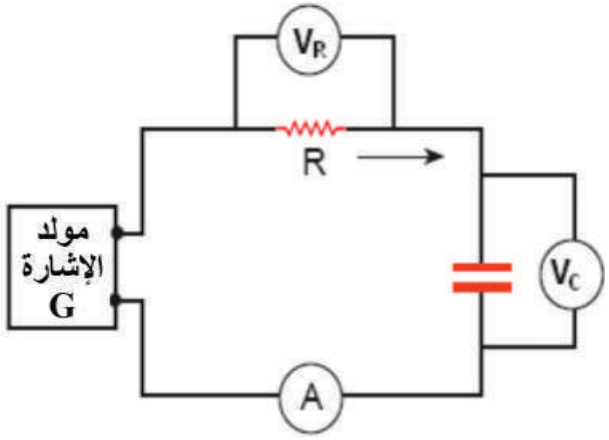
4- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين الخطوات جميعها التي نفذتها.

تمرين: (1-24)

قياس الممانعة الحثيّة والسعويّة في دارات كهربائية تحتوي مقاومة ومواسعًا وملفًّا

يُتوقع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تقيس الممانعة السعويّة.
- تقيس الممانعة الحثيّة.
- تحسب قيمة الممانعة السعوية والحثية.
- تتعرف تأثير التردد في الممانعة الحثية والسعوية.

متطلبات تنفيذ التمرين	
التجهيزات (الأدوات)	**المواد الأولية**
- جهاز الأفوميتر الرقمي - جهاز راسم الإشارة (قناتان) - مولد إشارة كهربائية (أشكال مختلفة). - صندوق العدة - كاوي لحام	- مقاومة متغيرة (10KΩ)/ 2W - مواسع (0.22mF) - ملف (100mH) - مفتاح توصيل - أسلاك توصيل - لوحة توصيل - بكرة لحام قصدير
خطوات الأداء	**الرسومات التوضيحية**
1- قياس وحساب الممانعة السعوية: أ - ابنِ الدارة كما في الشكل (1) ب- اضبط مولد الإشارة على فولتية مقدارها (2V) وتردد مقداره (1KHz)، ثم دوّن القيمة الفعالة للفولتية. جـ- دوّن القيمة الفعالة للفولتية (V_R,V_C). د- دوّن القيمة الفعالة للتيار (I). هـ- غير تردد الإشارة من مولد الإشارة إلى (2KHz). و- أعد الخطوتين (ج، د). ز- احسب الممانعة السعويّة (X_C).	 الشكل (1).

2- قياس الممانعة الحثية وحسابها:

أ- ابنِ الدارة كما في الشكل (2).

ب- اضبط مولـد الإشـارة على فولتيـة مقدارها (2V) وتردد مقـداره (1KHz)، ثـم دوّن القيمة الفعالة للفولتية.

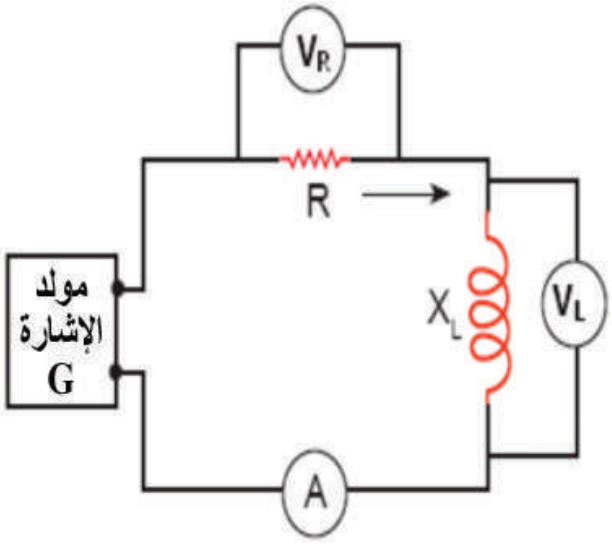
جـ- دوّن القيمة الفعالة للفولتية (V_R, V_L).

د- دوّن القيمة الفعالة للتيار (I).

هـ- غير تردد الإشارة من مولد الإشارة إلى 2KHz

و- أعد الخطوتين (ج، د)

ز- احسب الممانعة الحثية (X_L) والمقاومة المادية (R).



الشكل (2).

3- املأ جدول القراءات والنتائج الآتي:

الرقم	القراءات والنتائج	f = 1KHz v = 2v	f = 2KHz v =2v
1	فولتية مولد الاشارة (V_S) في حالة المواسع		
2	القيمة الفعالة للفولتية (V_R) في حالة المواسع		
3	القيمة الفعالة للفولتية (V_C)		
4	القيمة الفعالة للفولتية (V_R) في حالة الملف		
5	القيمة الفعالة للفولتية (V_L)		
6	تيار الدارة (قراءة الأميتر) (I) في حالة المواسع		
7	تيار الدارة (قراءة الأميتر) (I) في حالة الملف		
8	الممانعة السعوية (X_C) $(X_C=V_C/I)$		
9	سعة المواسع $(C=\frac{1}{2\pi f X_C})$		
10	الممانعة الحثية (X_L) $(X_L=V_L/I)$		
11	حثية الملف $(L= X_L/2\pi f)$		

4- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين الخطوات جميعها التي نفذتها.

5- تمارين ممارسة:

أ - وصّل الدارة كما في الشكل (1).

ب- اضبط تردد الإشارة من مولد الموجات على (1KHz) ثم غير الفولتية إلى 1V.

جـ- دوّن القيمة الفعالة للفولتية (V_R,V_C)، مُدوِّنًا القيمة الفعالة للتيار (I) في حالة المواسع.

د- وصّل الدارة كما في الشكل (2).

هـ- اضبط تردد الإشارة من مولد الموجات على (1KHz) ثم غير الفولتية إلى 1V.

و- دوّن القيمة الفعالة للفولتية (V_R,V_L). دوّن القيمة الفعالة للتيار (I) في حالة الملف.

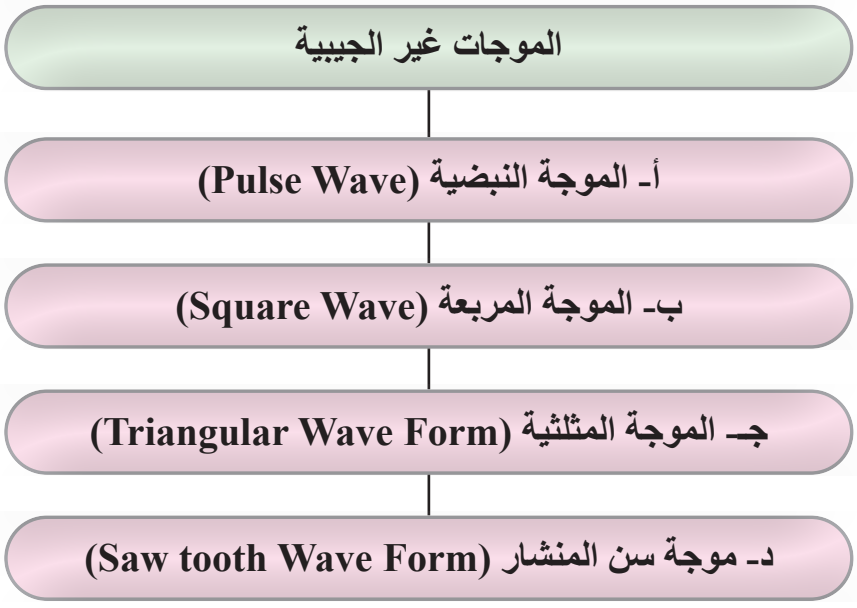
ز- أجب الأسئلة الآتية:

1. قارن حثية الملف التي حصلت عليها بالقيم المعطاة.
2. ما العوامل التي تؤثر في الممانعة الحثية للملف؟
3. قارن مواسعة المواسع التي حصلت عليها بالقيم المعطاة.
4. ما العوامل التي تؤثر في الممانعة السعوية للمواسع؟

التقويم الذاتي (النقاط الحاكمة)

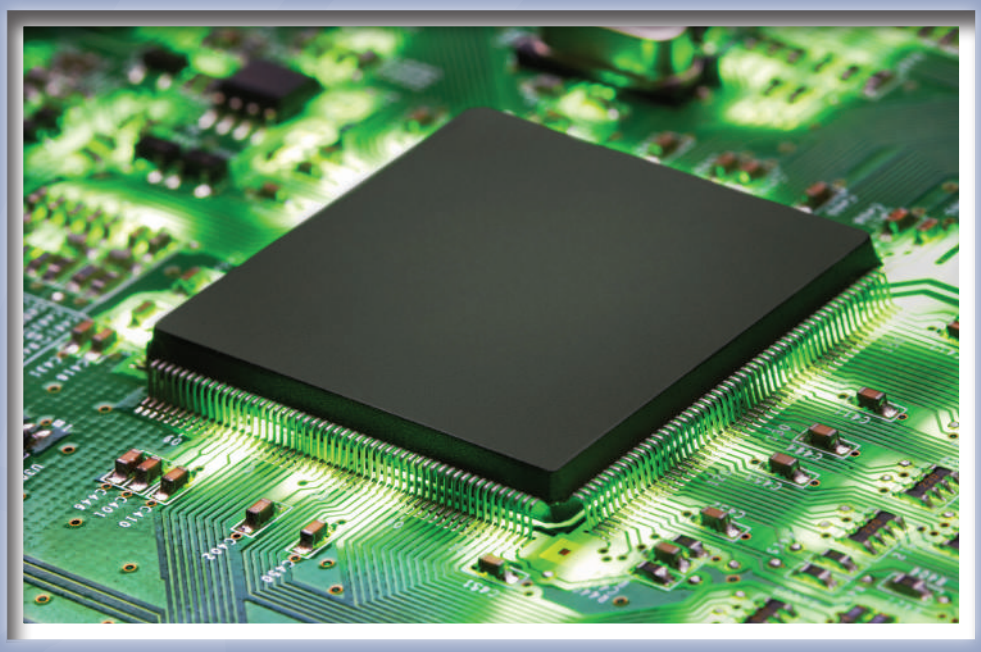
الرقم	خطوات الأداء	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	أستخدم جهاز راسم الإشارة الكهربائي.			
2	أشغل جهاز مولد الإشارة.			
3	أضبط مولد الإشارة للحصول على موجة جيبية.			
4	أضبط جهاز القياس (التيار) على التدريج المناسب لقياس التيار.			
5	أضبط جهاز القياس (الفولتية) على التدريج المناسب لقياس الفولتية.			
6	أوضح كيف يتم معايرة جهاز القياس وتوصيله بالدارة لقياس التيار المتناوب.			
7	أضبط جهاز مولد الإشارة للحصول على موجة جيبية ترددها (1KHz)			
8	أضبط فولتية مولد الإشارة على فولتية (1Vrms) باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي.			
9	أميِّز بين أشكال الموجات المختلفة.			
10	أضبط جهاز مولد الإشارة للحصول على موجة جيبية ترددها (1KHz).			
11	أقيس الممانعة الحثيّة.			
12	أقيس الممانعة السعويّة.			
13	أحسب قيمة الممانعة السعوية والحثية.			
14	أتعَّرف تاثير التردد والممانعة الحثية والسعوية.			

الخرائط المفاهيمية



الوحدة الثانية

أساسيات الإلكترونيات



- ما أهمية الإلكترونيات في حياتنا؟
- كيف تُصنع القطع الإلكترونية؟

أولًا: المواد شبه الموصلة والثنائي شبه الموصل

النتاجات

يتوقع منك بعد دراسة هذا الدرس أن:

تتعرّف التركيب الذري لأشباه الموصلات.

توضح كيفية إضافة الشوائب للمادة شبه الموصلة (التطعيم).

تميز بين الشوائب المانحة والشوائب المتقبلة.

- تتعرف تركيب الثنائي وخواصه.
- تميز أنواع الثنائيات واستخداماتها.
- تحدد المواصفات الفنية للثنائيات.
- تتعرف الأشكال العملية للثنائيات.
- تحدد أطراف الثنائيات باستخدام جهاز الأفوميتر.
- تفحص صلاحية الثنائيات باستخدام جهاز.

انظر وتساءل

- في الشكل (2-1): برأيك، ما الجهاز الذي يحاول هؤلاء الرجال جاهدين إدخاله في الشاحنة؟ هل تتوقع أنك تملك في جيبك أو داخل هاتفك النقال شريحة تتسع لمعلومات تفوق سعة الجهاز الذي في الصورة مئات آلاف المرات؟

الشكل (2-1)

استكشف

إن التقدم الهائل الذي تشهده البشرية اليوم في جميع المجالات التقنية والمعرفية لم يكن ليتحقق لولا اكتشاف عناصر أشباه الموصلات، التي مهدت لعالمنا الجديد عالم الذكاء الصناعي.

في عصرنا الحاضر وبتطور صناعات أشباه الموصلات، أصبح بالإمكان صناعة دارات إلكترونية تحتوي ملايين العناصر الإلكترونية المثبتة على رقاقات صغيرة جدًّا، تصنع غالبًا من السيليكون، وتعرف بالدارات المتكاملة، ولا تتعدى أحجام هذه الرقاقات عدة مليمترات.

اقرأ وتعلّم

1- المواد شبه الموصلة (semi-conductors)

درست في الوحدة السابقة التركيب الذري للمادة، وأن المواد تُقسم من حيث قدرتها على توصيل الكهرباء إلى مواد: موصلة، عازلة، أشباه موصلة.

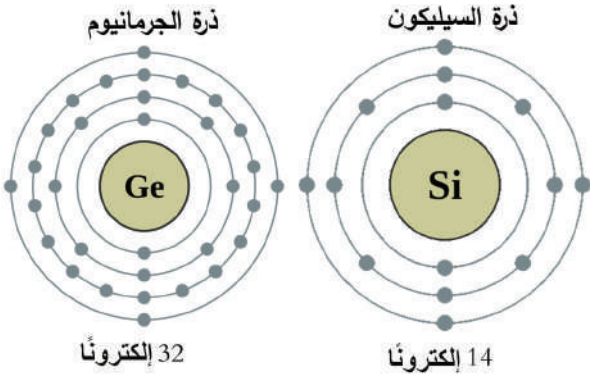
- **المواد الموصلة (Conductors):** وهي المواد التي تستطيع توصيل التيار الكهربائي بسهولة؛ وذلك لاحتوائها كمية كبيرة من الإلكترونات الحرة؛ بسبب ضعف قوة جذب النواة لإلكترونات التكافؤ (valence electron) وهي الإلكترونات الموجودة في المدار الأخير للذرة، فتتحرر تلك الإلكترونات وتتحول إلى إلكترونات حرة (free electron)، تستطيع توصيل التيار الكهربائي.
- **المواد العازلة (Insulators):** وهي المواد التي لا تستطيع توصيل التيار الكهربائي في الظروف العادية؛ وذلك لعدم احتوائها إلكترونات حرة كافية لتوصيل التيار الكهربائي؛ بسبب قوة جذب النواة لإلكترونات التكافؤ فلا تستطيع تلك الإلكترونات أن تتحرر.
- **المواد شبه الموصلة (Semiconductors):** وهي المواد التي تقع بين المواد الموصلة والمواد العازلة من حيث قدرتها علي توصيل الكهرباء، ومن أمثلتها السيليكون (Silicon: Si) والجرمانيوم (Germanium Ge).

أ- التركيب الذري للمواد شبه الموصلة

من دراسة التركيب الذري لعنصري السيليكون والجرمانيوم شبه الموصلين، نلاحظ أن ذرة السيليكون تتكون من نواة في المركز فيها (14) بروتونًا ويدور حولها (14) إلكترونًا، أما ذرة الجرمانيوم، فتتكون من نواة في المركز فيها (32) بروتونًا، يدور حولها (32) إلكترونًا، وطبقًا لتوزيع الإلكترونات في مدارات الذرة حسب العلاقة الآتية:

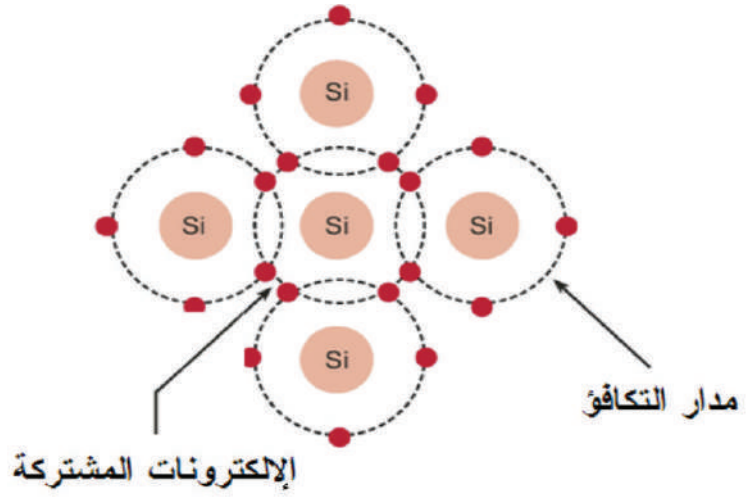
السعة القصوى للمدار= ($2n^2$) علمًا أن (n) رقم المدار.

إن وجود أربعة إلكترونات في المدار الأخير لكل منهما يحول دون منح هاتين الذرتين إلكترونات أو تقبلها لإكمال المستوى الأخير كما في الشكل (2-2).



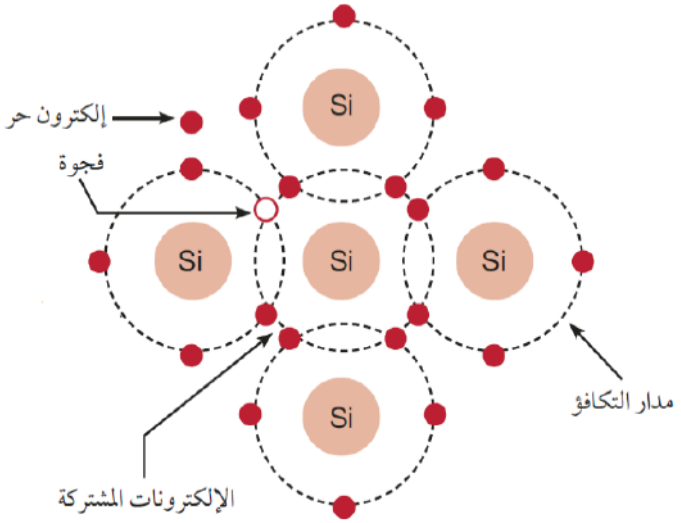
الشكل (2-2)

ولكي تصل الذرة إلى حالة الاستقرار، ترتبط ذرات السيليكون ببعضها عن طريق روابط تساهمية (covalent bonds)، حيث تسهم كل ذرة بإلكترونات المدار الأخير (إلكترونات التكافؤ) مع أربع ذرات في ترتيب معين يسمى **التركيب البلوري** لتكملة مدارها الأخير إلى (8) إلكترونات، كما في الشكل (2-3)، وتنشأ نتيجة لذلك **روابط تشاركية** بين الذرات؛ بحيث تتشارك كل ذرة مع أربع ذرات مجاورة؛ لكي تكمل عدد إلكترونات مدارها الأخير إلى ثمانية إلكترونات.



الشكل (2-3)

تبقى الروابط التشاركية قائمة في بلورة ذرة السيليكون عند درجة حرارة الصفر المطلق، ولا تحتوي ذرة السيليكون في بلورة السيليكون النقية إلكترونات حرة، ولكن عند درجة حرارة الغرفة (20^0c) تكتسب إلكترونات المدار الأخير طاقة حرارية كافية، تمكنها من التحرر من هذه الروابط، فتتحول إلى إلكترونات حرة كما في الشكل (2-4).



الشكل (2-4)

إلا أن عدد الإلكترونات الحرة الناتجة من ارتفاع درجة الحرارة غير كافٍ ولا يمرر إلا تيارًا ضئيلًا؛ لذا لا بد من تنشيط المادة شبة الموصلة وزيادة عدد الإلكترونات الحرة فيها لزيادة موصليتها للتيار الكهربائي.

معلومة

غالبًا ما تصنع أشباه الموصلات من السليكيون أو الجرمانيوم. ونظرًا لوفرة السيلكيون على سطح الأرض، كما في الشكل المجاور وسهولة تنقيته (يستخرج من الرمل)، فإن استخدامه أكثر شيوعًا من الجرمانيوم، مع أن موصلية الجرمانيوم أعلى من موصلية السيليكون.

ابحث

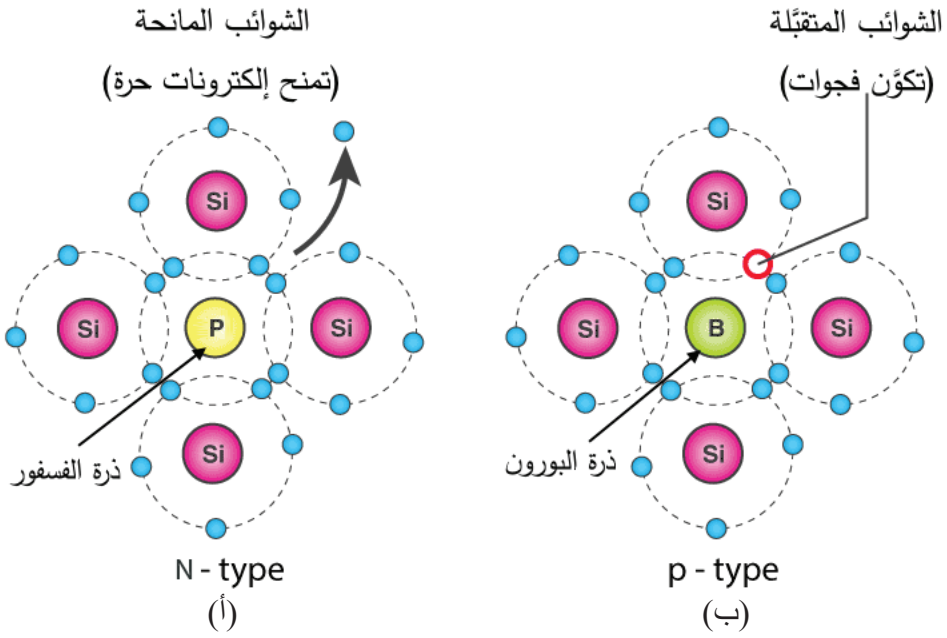
كيف يمكن زيادة موصلية المواد شبة الموصلة بطريقة أكثر فاعلية من زيادة درجة الحرارة؟

كيف تضاف الشوائب إلى المادة شبه الموصلة (التطعيم)؟

ب- إضافة الشوائب للمادة شبه الموصلة (عملية التطعيم (Doping))

لا بد من تنشيط المادة شبة الموصلة وزيادة عدد الإلكترونات الحرة فيها لزيادة موصليتها، عن طريق إضافة شوائب معينة بنسب ضئيلة جدًّا حيث ترتبط ذرات هذه الشوائب بذرات المادة شبه الموصلة مُكوِّنة تشابكًا بلوريًّا جديدًا، وتعرف هذه الطريقة بالتطعيم (Doping)، والشوائب نوعان، هما:

1. الشوائب المانحة (Donors): فعند إضافة ذرة من أحد عناصر المجموعة الخامسة التي تحوي خمسة إلكترونات في مدارها الأخير (كالفسفور) إلى المادة شبه الموصلة (السيليكون) تتشكل أربع روابط تشاركية مع أربع ذرات سيليكون مجاورة في البلورة، مستخدمة أربعة من إلكتروناتها الخمسة، في حين يبقى الإلكترون الخامس حرًّا، حيث يضاف هذا الإلكترون إلى مجموع الإلكترونات الناتجة من درجة الحرارة، ما يزيد عدد الإلكترونات في البلورة، ومن جهة أخرى، يبقى عدد الفجوات ثابت القيمة غير متأثر بعملية إضافة الذرة الشائبة، ولأن عملية إضافة ذرة شائبة من أحد عناصر المجموعة الخامسة يؤدي إلى زيادة عدد الإلكترونات، تسمى هذه العناصر المانحة، وتسمى بلورة السيليكون المطعّم نوع السالب (N-type)، كما في الشكل (2-5/أ).



الشكل (2-5)

2. الشوائب المتقبلة (Acceptors): وعند إضافة ذرة من أحد عناصر المجموعة الثالثة (كالبورون) التي تحوي ثلاثة إلكترونات في مدارها الأخير إلى المادة شبه الموصلة (السيليكون) تتشكل ثلاث روابط تشاركية مكتملة مع ثلاث ذرات سيليكون مجاورة في البلورة، مستخدمة إلكتروناتها الثلاثة، في حين تبقى رابطة تشاركية غير مكتملة (فجوة)، وتضاف هذه الفجوة إلى مجموع الفجوات الناتجة من درجة الحرارة، فيزداد عدد الفجوات في البلورة، ويبقى عدد الإلكترونات ثابت القيمة غير متأثر

بعملية إضافة الذرة الشائبة، ولأن عملية إضافة ذرة شائبة من أحد عناصر المجموعة الثالثة يؤدي إلى زيادة عدد الفجوات، تسمى هذه العناصر الشوائب المتقبلة، وتسمى بلورة السيليكون المطعّم نوع الموجب (p-type)، كمافي الشكل (2-5/ب).

فكّر : لماذا نبذل كل هذا الجهد في تطعيم المواد شبه الموصلة لتصبح موصلة للتيار الكهربائي، ونحن نملك بكل بساطة كميات هائلة من المواد الموصلة متوافرة في الطبيعة مثل النحاس وغيّره من المعادن؟

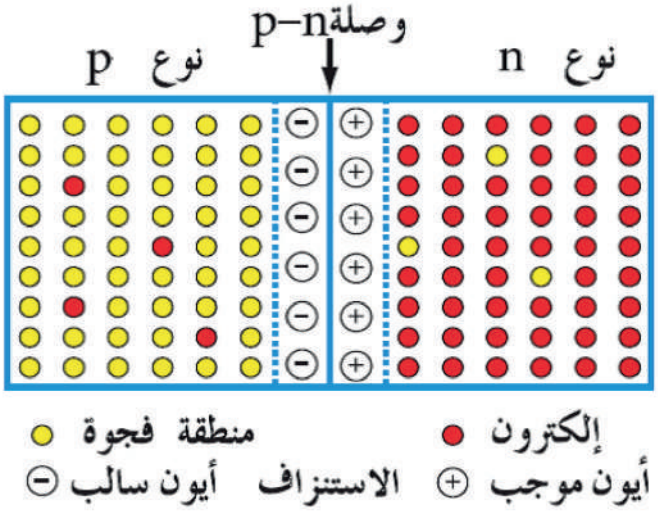
الهدف الأساسي من عملية تطعيم أشباه الموصلات، هو التحكم في درجة توصيل التيار الكهربي خلالها، وعمل اختلال فى التركيب الذري للمواد شبه الموصلة للاستفادة منها في تطبيقات تدخل في صناعة الأجهزة الإلكترونية.

2- الثنائي شبه الموصل (Diode)

الديود (الثنائي): هو عنصر إلكتروني مصنوع من أشباه الموصلات، يسمح بمرور التيار في اتجاه واحد، ويمنع مرور التيار في الاتجاه المعاكس، وعليه، يستخدم في كثير من التطبيقات (أنظمة الاتصالات، والحواسيب، ودارات المراقبة، والراديو والتلفاز، ومن أهم التطبيقات الأكثر شيوعًا في استخدام الديود وهي دارات التقويم أو التوحيد (Rectifier)، في مصادر التغذية الكهربائية (Power supply).

أ- تركيب الثنائي

يتكون الثنائي من اتحاد شريحتين، إحداهما شريحة موجبة (p-type) غنية بالفجوات، وفيها عدد قليل من الإلكترونات الحرة، والأخرى سالبة (n-type) غنية بالإلكترونات الحرة، وفيها عدد قليل من الفجوات. عندما تتصل الشريحتان، تتكون منطقة بين الشريحتين تسمى منطقة الاستنزاف (De-pletion Region) أو منطقة التماس، في هذه المنطقة تتحد الشحنات الموجبة والسالبة القريبة من بعضها وتتعادل، فتتشكل منطقه فارغة من الشحنات الحرة كما في الشكل (2-6).



الشكل (2-6).

ويكون سُمْك هذه المنطقة صغيرًا جدًّا (1 ميكرومتر تقريبًا).

إن انتقال الفجوات يولد أيونات سالبة في المنطقة (P) وانتقال الإلكترونات يولد أيونات موجبة في المنطقة (N) على جانبي المنطقة، وبذلك يتكون فرق جهد كهربائي يسمى جهد الحاجز (Barrier potential) على جانبي منطقة الاستنزاف معاكسًا لحركة نواقل الشحنة، وينمو هذا المجال حتى يصبح كافيًا لإيقاف هذا الانتقال فيحصل التوازن. ويكون فرق الجهد في هذه الحالة يساوي حوالي (0.3) فولت لوصلة الجرمانيوم، وحوالي (0.7) فولت لوصلة السيليكون عند درجة حرارة الغرفة (20^0c)، ويتغيّر مقدار فرق الجهد هذا مع تغيّر درجة الحرارة ونسبة الشوائب المضافة.

للثنائي طرفان، الطرف الأول المتصل بالمادة نوع (p) ويطلق عليه المصعد (Anode) ويرمز إليه بالحرف (A)، والطرف الثاني المتصل بالمادة نوع (n)، ويطلق عليه المهبط (Cathode)، ويرمز إليه بالحرف (K)، كما في الشكل (2-7).

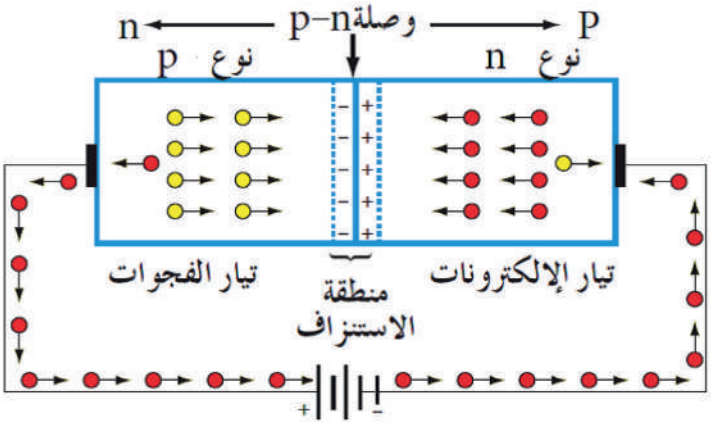
(أ) التركيب (ب) الشكل العملي (جـ) الرمز

الشكل (2-7).

ب- انحياز الثنائي في الدارة الكهربائية

للديود حالتان لانحيازه بالدارة وهما: الانحياز الأمامي Forward Bias والانحياز العكسي Reverse Bias، كما يأتي:

1. الانحياز الأمامي (Forward Bias): عند توصيل الثنائي بمصدر للفولتية (البطارية)؛ بحيث يوصل القطب الموجب للبطارية بالمصعد (Anode)، والقطب السالب بالمهبط (Cathode) كما هو موضح في الشكل (2-8).



الشكل (2-8): تقلص حجم منطقة الاستنزاف في الثنائي.

يدفع القطب السالب للبطارية وبفعل تنافر الشحنات المتشابهة الإلكترونات الموجودة في الشريحة السالبة إلى منطقة الاستنـزاف، أما القطب الموجب للبطارية، فيدفع الفجوات إلى منطقة الاستنزاف، يتغلب المجال الكهربائي الناتج من مصدر فولتية البطارية (V) على فولتية حاجز الجهد ((0.3) فولت للجرمانيوم و(0.7) فولت للسيليكون) على جانبي منطقة الاستنزاف، ويمر تيار عالٍ في الوصلة يسمى تيار الانحياز الأمامي (Forward Current)، وقد يتلف هذا التيار الثنائي؛ لذلك توصل مقاومة على التوالي مع الثنائي عند وصله في الاتجاه الأمامي، لتحديد قيمة التيار الذي سيمر بالثنائي ولحمايته من زيادة التيار.

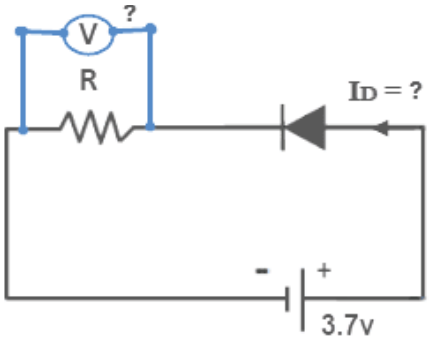
ولتبسيط الفكرة:

لنتخيل أن المنطقة الفاصلة بين P-type وN-type بالديود، هي باب غرفة يحاول أحد الأشخاص المرور عبره، ولكي ينجح في عبوره، فإنه يحتاج إلى دفع الباب بقوة بـ0.7 إذا كان الباب مصنوعًا من السيلكون أو بـ0.3 إذا كان الباب مصنوعًا من الجرمانيوم.

ماذا لو وجّد شخص اخر خلف الباب يصده، وهذا الشخص يدفع الباب بقوة معينة، في هذه الحالة، لكي ينجح الشخص الذي يريد العبور بفتح الباب، فإن كل مايحتاج إليه هو أن يدفع الباب بقوة من الشخص الآخر الذي يصده بالإضافة إلى القوة 0.7 أو 0.3.

مثال (1)

إذا وصلنا ديود (بالانحياز الأمامي) مصنوعًا من بلورات السيليكون على التوالي بمقاومة كهربائية قدرها R وببطارية (3.7v)، كما في الشكل الآتي. فهل سيمر تيار كهربائي في الدائرة؟ وما الفولتية المطبقة على المقاومة؟

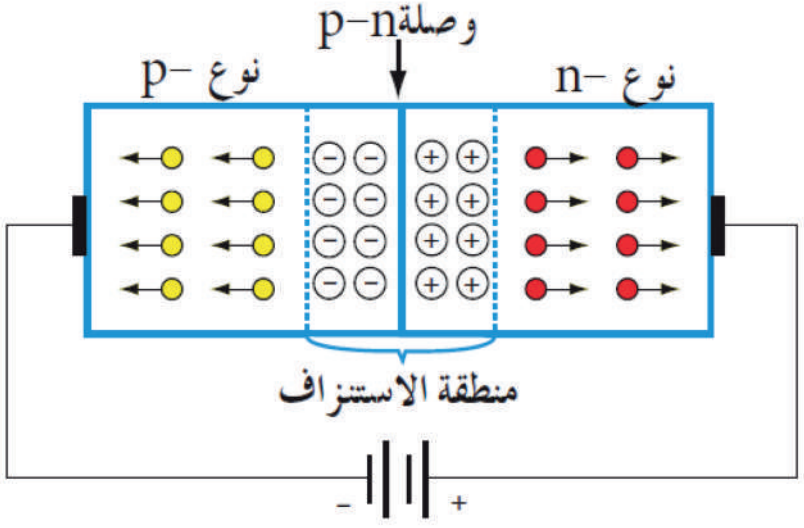


الحل: سوف يمر التيار لأن الديود في حالة التوصيل الأمامي.

والفولتية المطبقة على المقاومة = فولتية البطارية - فولتية الديود (فولت 0.7 فولت للسيليكون)

$$3.7 - 0.7 = 3V$$

2. الانحياز العكسي (Reverse Bias): في هذه الحالة يوصل القطب الموجب لمصدر الفولتية (البطارية) بالمهبط (K)، والقطب السالب بالمصعد (A) كما هو مبيّن في الشكل (2-9)، ويجذب القطب السالب للبطارية وبفعل تجاذب الشحنات المختلفة الفجوات الموجودة في الشريحة الموجبة باتجاهه، أما القطب الموجب للبطارية، فيجذب الإلكترونات في الشريحة السالبة باتجاهه، ونتيجة لذلك تبتعد الإلكترونات والفجوات عن منطقة الاستنزاف.

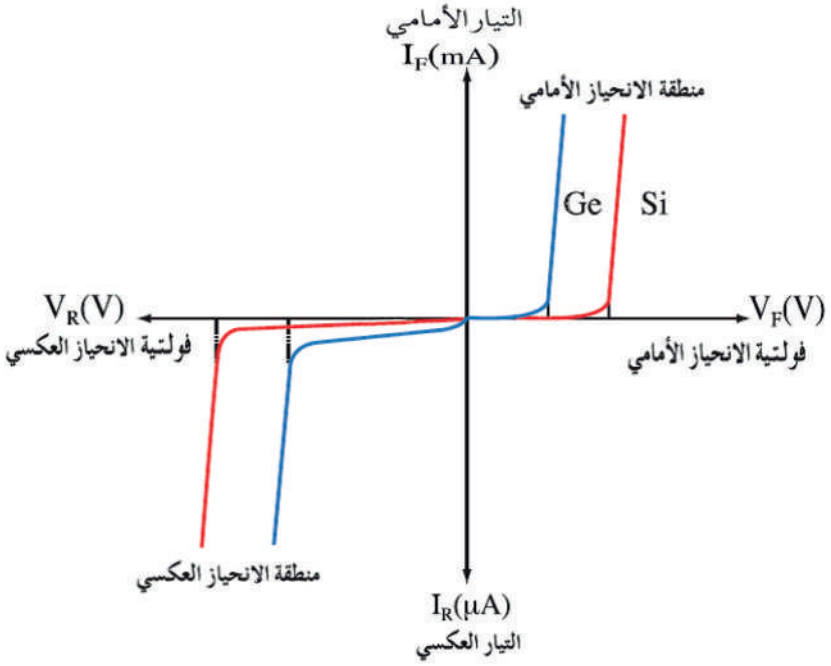


الشكل (2-9): زيادة حجم منطقة الاستنزاف في الثنائي.

فيزيد حجم هذه المنطقة زيادة كبيرة، وعليه، تزداد مقاومة الثنائي، ما يؤدي إلى السماح لتيار صغير جدًّا بالمرور خلال منطقة الاستنزاف يسمى **تيار التشبع العكسي**، وذلك بفعل حاملات الشحنة القليلة، والسبب هو أن البلورة السالبة رغم كونها غنية بالإلكترونات، فهي لا تخلو من بعض الفجوات القليلة، وكذلك البلورة الموجبة رغم كونها غنية بالفجوات، فهي لا تخلو من بعض الإلكترونات الحرة القليلة، والانحياز العكسي الذي طبقناه على الثنائي يعد انحيازًا أماميًّا بالنسبة إلى هذا العدد الضئيل جدًّا من الإلكترونات والفجوات القليلة، وهذه الإلكترونات والفجوات تمرر تيارًا كهربائيًّا ضعيفًا جدًّا لا يكاد يذكر، يسمى تيار التشبع العكسي (I_R)، وليس جيدًا أن يعوّق هذا التيار العمل الذي صُمِّم الثنائي من أجله، بل يمكن اعتبار الثنائي غير موصل عند هذه الظروف.

جـ منحنى خواص الثنائي (Characteristic Curve)

يمثل منحنى خصائص الثنائي العلاقة بين التيار المار خلال الثنائي وبين الفولتية المطبقة عليه سواء في حالة الانحياز الأمامي أو الانحياز العكسي، ويبين الشكل (2-10) منحنى الخصائص لثنائي من السيليكون (Si) وآخر من الجرمانيوم (Ge).



الشكل (2-10): منحنى خواص الثنائي.

ومن الشكل نلاحظ ما يأتي:

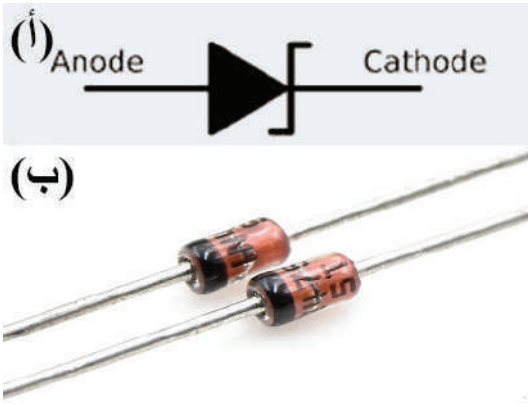
- **منطقة الانحياز الأمامي**: في حالة التوصيل الأمامي وبعد أن تتجاوز الفولتية المطبقة على الثنائي فولتية القطع ويمر خلال الثنائي تيار، ويسمى هذا التيار تيار الانحياز الأمامي (I_F).

- **منطقة الانحياز العكسي:** يقتصر التيار المار خلال الثنائي على تيار صغير جدًّا يسمى تيار التشبع العكسي (I_R)، ولا يزداد هذا التيار عند زيادة الفولتية المطبقة إلا قليلًا إلى أن تصل الفولتية إلى قيمة معينة، يبدأ التيار بالتزايد بعدها تزايدًا سريعًا إلى أن يصل إلى قيمة عالية دوّن تغيّر في الفولتية، وتسمى هذه الفولتية فولتية الانهيار (Breakdown Voltage: V_{BR})؛ حيث يتلف الثنائي عند تعرضه لهذه الفولتية.

د- أنواع الثنائيات

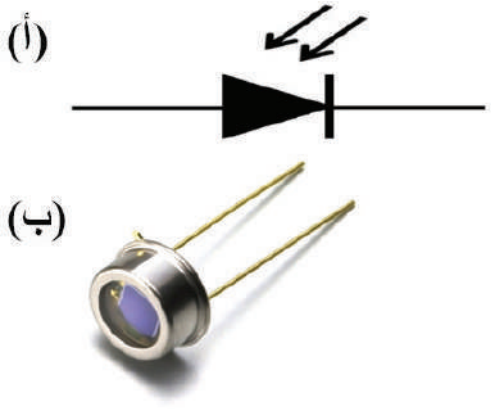
تصنع الثنائيات بأنواع وأشكال كثيرة تبعًا لمجالات استخداماتها، وتصنف الثنائيات إلى أنواع كثيرة بحسب تركيبها وتصنيعها واستخداماتها، ومن أهم هذه الأنواع ما يأتي:

1. ثنائي زينر (Zener Diode): ثنائي زينر هو نوع من أنواع الثنائيات يشبه في بنائه الداخلي الثنائي العادي ويتكون من وصلة (p-n) من السيليكون ذات تركيز عالٍ للشوائب، ويوصل دائمًا في حالة انحياز عكسي، ويستخدم ثنائي زينر **لتنظيم الفولتية** في الدارات الإلكترونية، والشكل (2-11) يبيّن (أ) الرمز الفني للثنائي، و(ب) شكل الثنائي.



الشكل (2-11).

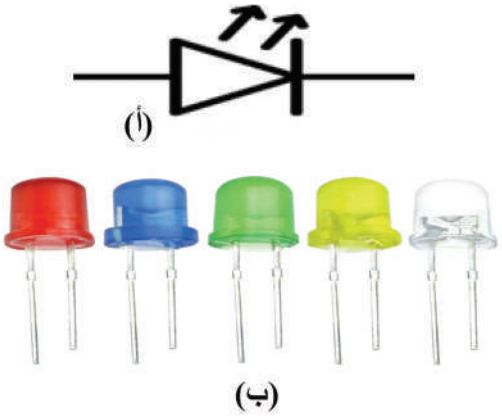
2. الثنائي الضوئي (Photo Diode): الثنائي المصمم لتحسس الضوء يسمى الثنائي الضوئي، ولهذه الثنائيات سطح يسمح للضوء بالنفاذ من خلالها، وتوصل هذه الثنائيات في الدارات في وضع الانحياز العكسي، وعند تعرضها للضوء، تنخفض مقاومتها وتمرر التيار الكهربائي، والشكل (2-12) يبيّن (أ) الرمز الفني للثنائي، و(ب) شكل الثنائي. وتستخدم هذه الثنائيات في دارات التحكم.



الشكل (2-12).

3. الثنائي المشع للضوء (Light- Emitting Diode: LED):

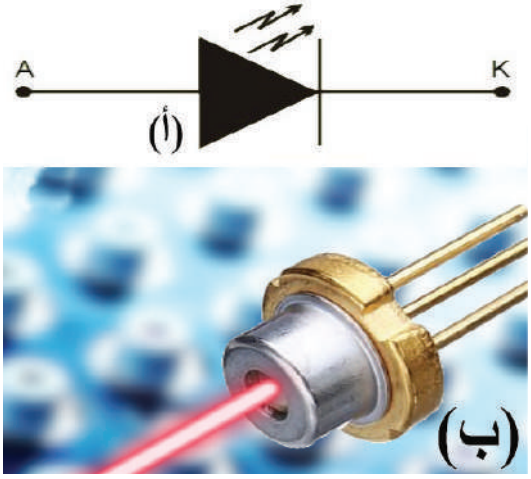
نوع من الثنائيات ينتج أشعة ضوئية عند وصلها بالتيار الكهربائي في وضع الانحياز الأمامي، واختصارها (LED)، والشكل (2-13) يبيِّن (أ) الرمز الفني للثنائي، (ب) شكل الثنائي. ويستخدم كمبين إشارة عند تشغيل الأجهزة.



الشكل (2-13)

4. ثنائي الليزر (Laser Diode):

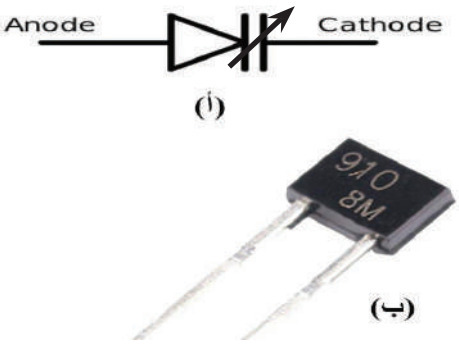
ثنائي يولد ويشع ضوءًا متماسكًا عالي الكثافة ويسمى أيضًا ليزر الحقن، ويتكون من وصلة (PN) مكوَّنة من شريحتين من مادة جاليوم أرسنايد (gallium arsenide) المطعمة، ويوجد سطحان للوصلة يشكلان نهايتين، إحداهما عاكسة والأخرى شبه عاكسة، ويمثلان حجرة مناسبة لعملية تكوين شعاع الليزر، والشكل (2-14) يبين (أ) الرمز الفني للثنائي، و(ب) شكل الثنائي. ويستخدم في آلات تصوير الوثائق.



الشكل (2-14).

5. ثنائي السعة المتغيّرة (Varactor Diode):

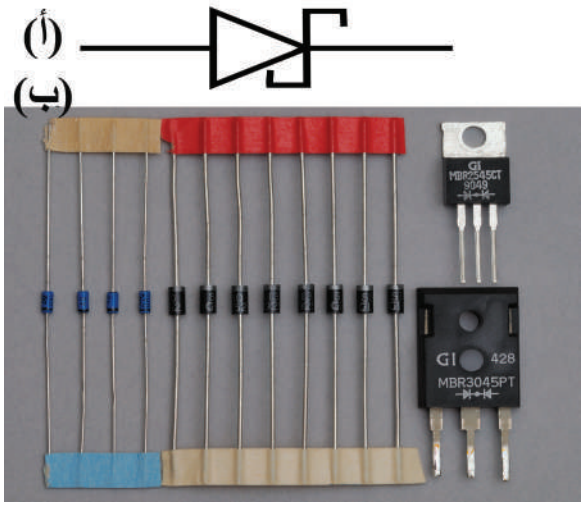
الثنائي السعوي يعد مواسعًا متغيّر السعة تُغيَّر سعته بالتحكم في فولتية الانحياز العكسي. والشكل (2-15) يبيِّن (أ) الرمز الفني للثنائي، و(ب) شكل الثنائي. ويستخدم في البحث عن قنوات المحطات الإذاعية والتلفزيونية.



الشكل (2-15).

6. ثنائي شوتكي (Shottky diode): في ديود شوتكي تُستخدم مواد مثل الألمنيوم أو البلاتين عوضًا عن الشّريحة p-type.

ويعمل عند فولتية أقل من (200V) وتيار يصل إلى (300A)، ما يلائم التطبيقات ذات التيار العالي والجهد المنخفض، ويستخدم في تطبيقات الفتح والإغلاق، والشكل (2-16) يبيِّن (أ) الرمز الفني للثنائي، و(ب) شكل الثنائي.



الشكل (2-16)

هـ- المواصفات الفنية للثنائيات

أهم المواصفات الفنية التي يجب مراعاتها عند استبدال أو اختيار الثنائيات العادية في دارة ما:

1. **التيار الأمامي (I_F):** وهو أقصى تيار يمكن أن يمرره الثنائي في حالة الانحياز الأمامي دون أن يتلف.
2. **الفولتية العكسية القصوى (V_{RM}):** وهو أقصى فولتية يمكن أن يتحملها الثنائي في حالة الانحياز العكسي قبل أن ينهار الثنائي، ويبدأ بتمرير التيار الذي يؤدي إلى تلفه.

- مستخدمًا الإنترنت ومكتبة مدرستك، ابحث في الجدول الدوري للعناصر، عن عناصر المجموعتين الثالثة والخامسة والعدد الذري لكل عنصر، وتوزيع الإلكترونات في مدارات كل ذرة، ثم ناقش زملاءك في ذلك.
- باستخدام الإنترنت وبالتعاون مع مجموعتك، ابحث عن أنواع أخرى من الثنائيات (مثل الثنائي النفقي وثنائي القدرة، وغيرها)، ومجالات استخدامها في الدارات الإلكترونية.

القياس والتقويم

1- اختر الإجابة الصحيحة لكل فقرة من الفقرات الآتية:

(1) قيمة مقاومة الثنائي في حالة الانحياز العكسي تكون:

أ- صفرًا ب- صغّيرة جدًّا جـ- متوسطة د- كبيرة جدًّا

(2) تعتمد قيمة تيار التشبع العكسي في ثنائي الوصلة على:

أ- مقاومة الوصلة ب- درجة حرارة الوصلة جـ- حجم الوصلة د- نوع الوصلة

(3) يعتمد عدد ناقلات الشحنة في المادة شبه الموصلة اعتمادًا رئيسًا على:

أ- درجة الحرارة ب- نسبة التطعيم جـ- نوع المادة شبة الموصلة د- شكل الوصلة

(4) في حالة الانحياز الأمامي للثنائي:

أ- تضيق منطقة الاستنزاف ب- تتسع منطقة الاستنزاف

جـ- تزداد فولتية الحاجز د- تبقى منطقة الاستنزاف ثابتة

(5) تصنع ثنائيات زينر بتركيز:

أ- متوسط للشوائب عند عملية التطعيم ب- عالٍ للشوائب عند عملية التطعيم

جـ- قليل للشوائب عند عملية التطعيم د- لا يتم التطعيم

2- عرَّف ما يأتي:

أ- الثنائي ب- منطقة الاستنزاف جـ- الشوائب المانحة

3- ارسم الرمز الفني للثنائيات الآتية:

أ- الثنائي المشع للضوء.

ب- الثنائي الضوئي.

جـ- ثنائي زينر.

د- ثنائي السعة المتغيّرة

هـ- ثنائي الليزر

و- ثنائي شوتكي

4- ما اسم الرابطة بين ذرات المادة شبه الموصلة؟

5- ما المقصود بتطعيم أشباه الموصلات؟

6- وضّح كيفية الحصول على الشريحتين السالبة والموجبة.

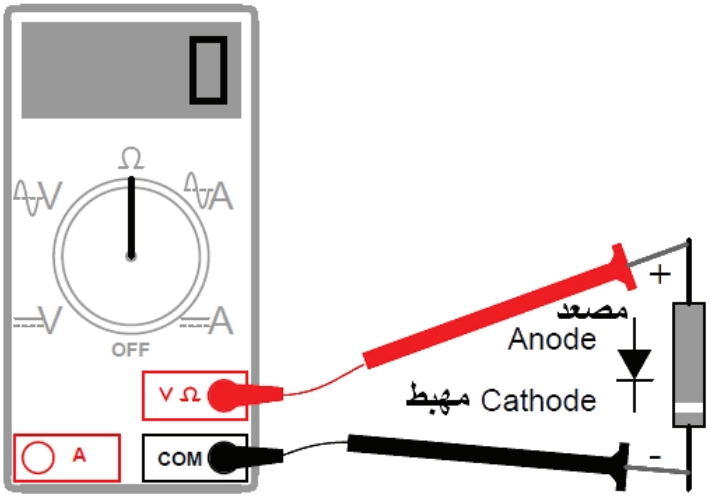
7- بين كيف تتكون منطقة الاستنزاف في الثنائي.

8- ارسم دارة الانحياز الأمامي، مُبيِّنًا اتجاه التيار.

9- ارسم منحنى الخصائص للثنائي العادي مُحدِّدًا عليه منطقتي الانحياز الأمامي والانحياز العكسي وفولتية الانهيار.

10- ما أهم المواصفات التي يجب مراعاتها عند اختيار الثنائي العادي لاستخدامه في دارة معينة؟

11- عند فحص الثنائي باستخدام الأفوميتر الرقمي كما هو مبيّن في الشكل الآتي، أجب ما يأتي:



أ- كيف وُصِّلت أطراف جهاز القياس بطرفي الثنائي؟

ب- ما قراءة جهاز القياس؟

جـ- ما مقاومة الثنائي في هذا الوضع؟

د- كيف تُوصَّل أطراف الأوميتر التناظري بأطراف الثنائي لفحص صلاحية الثنائي؟

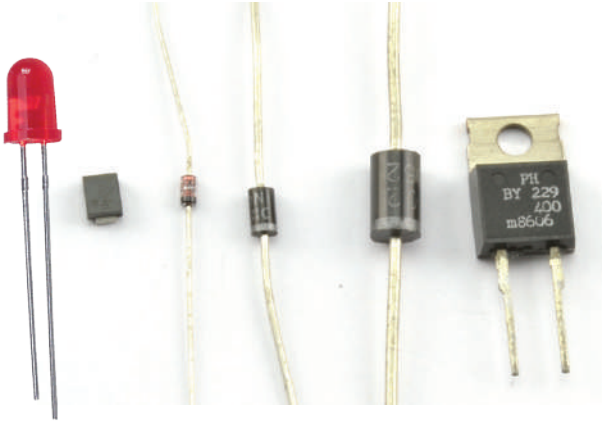
تمرين: (2-1) تمييز الثنائيات

النتاجات

يُتوقَّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تتعرف الأشكال العملية للثنائيات.
- تميز بين الثنائيات شبه الموصلة.
- تحدّد أطراف الثنائيات.
- تستخدم كتيب مكافئات الثنائيات.

متطلبات تنفيذ التمرين	
العدد اليدوية والأدوات	**المواد الأولية**
- جهاز الأفوميتر الرقمي - صندوق العدة	- ثنائيات عادية متنوعة في الشكل والحجم. - ثنائيات زينر متنوعة في الشكل والحجم. - ثنائيات ضوئية متنوعة في الشكل والحجم. - ثنائيات باعثة للضوء متنوعة في الحجم واللون. - كتيب مكافئات الثنائيات إصدار حديث.

خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1- تفحص الثنائيات: أ - تفحَّص الثنائيات المتوافرة في مشغلك وابحث عن الحلقة الفضية الموجودة عليها، حينئذٍ يكون الطرف المجاور لها هو المهبط والطرف الآخر هو المصعد. ب- افحص مجموعة الثنائيات التي أمامك وميز بينها من حيث النوع والشكل والحجم والرموز الموجودة عليها، كما هو مبيّن في الشكل (1).	 الشكل (1).

2- املأ الجدول الآتي مُستعينًا بكتيب بدائل الثنائيات:

رقم الثنائي	الرمز	النوع	المادة المصنوع منها	المواصفات				الاستخدام	شكل الثنائي وتحديد الأطراف	البدائل
				الفولتية	التيار	القدرة	التردد			
1N4401										

3- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين الخطوات جميعها التي نفذتها.

4- تقويم التمرين:

أ- ما العلاقة التي تربط بين حجم الثنائي وقدرته؟

ب- هل يمكن تحديد نوع الثنائي من شكله الخارجي؟

5- تمارين للممارسة:

- نفذ التمارين العملية الآتية وحدك أو في مجموعات صغيرة في المشغل، أو حسب توجيهات المعلم:

- أحضر لوحة مطبوعة (Printed Circuit)، ثم حدد الثنائيات الموجودة فيها، وعدد أنواعها وخصائصها.

- استخرج مواصفات وخصائص وأشكال الثنائيات الآتية وخصائصها وأشكالها مُستعينًا بكتيب بدائل الثنائيات:

1N4001	1N4007	1N418
Y339	BY299	BZY95
BA15	N4500	1N4742

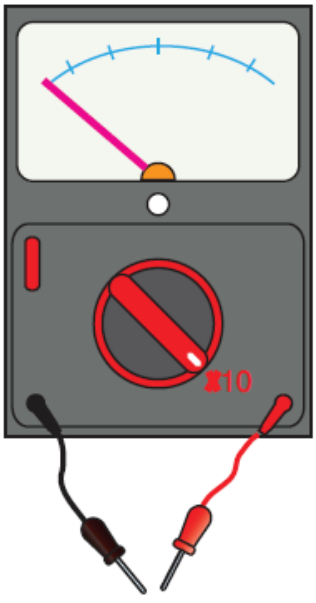
تمرين: (2-2) فحص الثنائيات

النتاجات

يُتوقَّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تحدد أطراف الثنائيات باستخدام جهاز متعدد القياس التماثلي والرقمي (الأفوميتر).
- تفحص صلاحية الثنائيات باستخدام جهاز متعدد القياس التماثلي والرقمي.

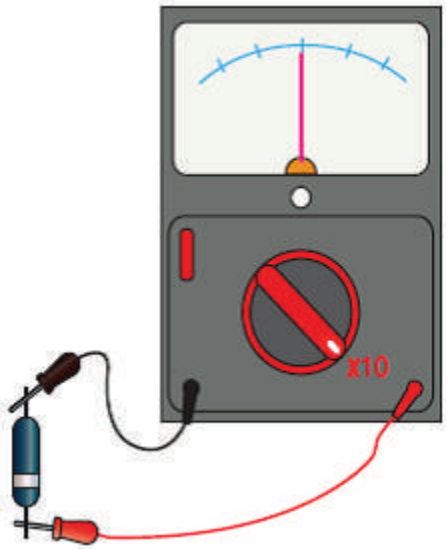
متطلبات تنفيذ التمرين	
العدد اليدوية والأدوات	**المواد الأولية**
- جهاز الأفوميتر الرقمي - جهاز متعدد القياس التماثلي - صندوق العدة	- ثنائيات عادية. - ثنائيات زينر. - ثنائيات ضوئية. - ثنائيات باعثة للضوء. - كتيب مكافئات الثنائيات إصدار حديث.

خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1- اضبط جهاز متعدد القياس التماثلي: - اضبط جهاز متعدد القياس التماثلي على تدريج المقاومة (x 10)، كما هو مبيّن في الشكل (1).	 الشكل (1).

2- فحص صلاحية الثنائيات بجهاز متعدد القياس التماثلي:

أ- وصّل الطرف الأسود الذي يمثل القطب الموجب في المصعد والطرف الأحمر الذي يمثل القطب السالب بالمهبط، كما هو مبيّن في الشكل (2). ثم دوّن قيمة المقاومة الأمامية للثنائي في دفترك.

ملحوظة: في جهاز متعدد القياس التماثلي، الطرف الأسود يمثل القطب الموجب للبطارية الداخلية لجهاز القياس، والطرف الأحمر يمثل القطب السالب لها، وهذا عكس جهاز الأفوميتر الرقمي.

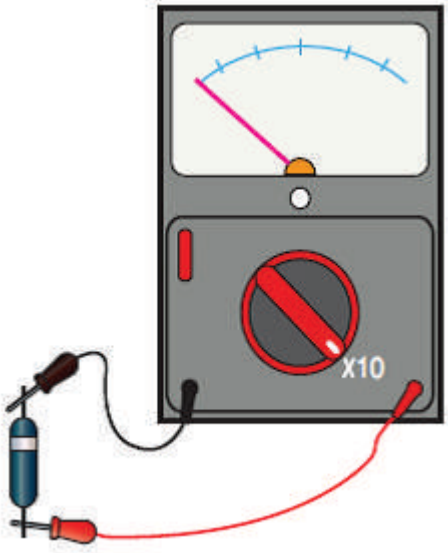


الشكل (2).

ب-وصّل الطرف الأسود الذي يمثل القطب الموجب بالمهبط، والطرف الأحمر الذي يمثل القطب السالب بالمصعد، كما هو مبيّن في الشكل (3)، ثم دوّن قيمة المقاومة العكسية للثنائي في دفترك.

جـ-ميز المهبط من المصعد عبر القياس.

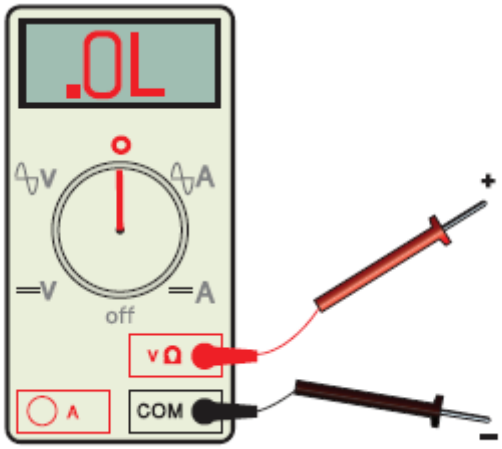
د - حدد الثنائيات الصالحة والمعطلة عبر القياس



الشكل (3).

3- ضبط جهاز الأفوميتر الرقمي:

- اضبط جهاز الأفوميتر الرقمي على وضع قياس المقاومة (Ω)، كما هو مبيّن في الشكل (4).

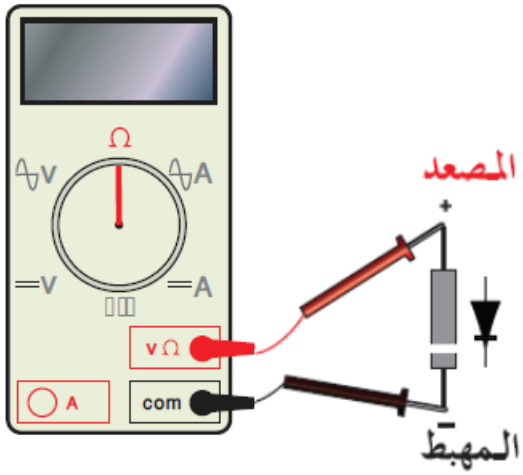


الشكل (4).

4- فحص صلاحية الثنائيات بجهاز الأفوميتر الرقمي:

أ- اضبط جهاز الأفوميتر على وضع قياس المقاومة (Ω).

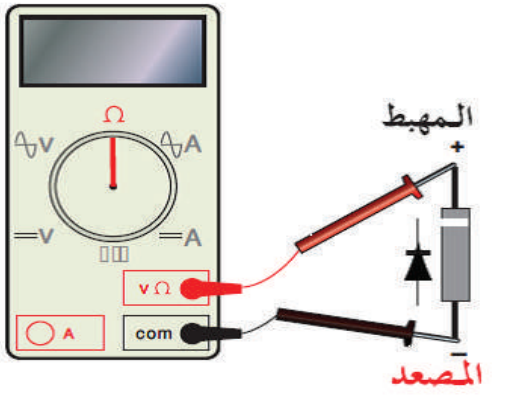
ب-وصّل الطرف الأسود الذي يمثل القطب السالب بالمهبط، والطرف الأحمر الذي يمثل القطب الموجب بالمصعد، كما هو مبيّن في الشكل (5)، ثم دوّن قيمة المقاومة الأمامية للثنائي في دفترك.



الشكل (5).

جـ-وصّل الطرف الأسود الذي يمثل القطب السالب بالمصعد، والطرف الأحمر الذي يمثل القطب الموجب بالمهبط، كما هو مبيّن في الشكل (6)، ثم دوّن قيمة المقاومة العكسية للثنائي في دفترك.

د - حدد الثنائيات الصالحة والمعطلة عبر القياس.



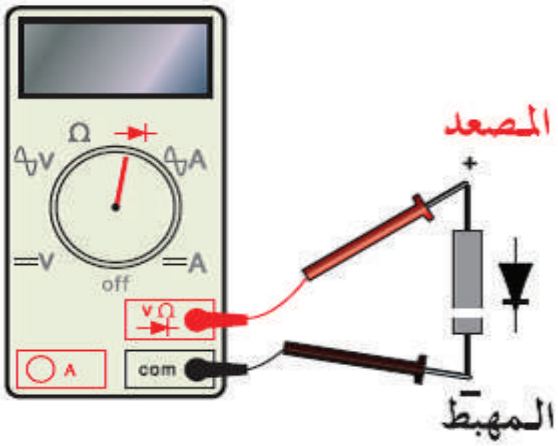
الشكل (6).

5- ضبط الجهاز وفحص صلاحية الثنائيات

بجهاز الأفوميتر على وضع فحص الثنائي:

أ - اضبط جهاز متعدد القياس (DMM) على وضع الثنائي (⊣▶⊢).

ب- وصّل الطرف الأسود الذي يمثل القطب السالب بالمهبط، والطرف الأحمر الذي يمثل القطب الموجب بالمصعد، كما هو مبيّن في الشكل (7)، ثم دوّن قيمة المقاومة الأمامية للثنائي في دفترك.

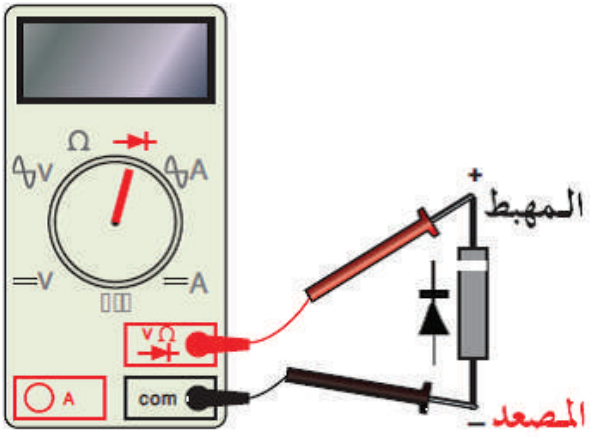


الشكل (7).

جـ - و صِّل الطرف الأسود الذي يمثل القطب السالب بالمصعد، والطرف الأحمر الذي يمثل القطب الموجب بالمهبط، كما هو مبيّن في الشكل (8)، ثم دوّن قيمة المقاومة العكسية للثنائي في دفترك.

د- حدد الثنائيات الصالحة والمعطلة عبر القياس.

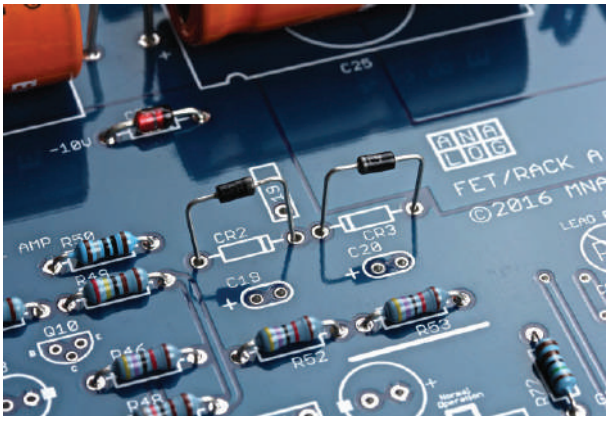
هـ- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين الخطوات جميعها التي نفذتها.



الشكل (8).

و- أحضر لوحة إلكترونية مطبوعة (PCB)، كما في الشكل (9) ، ثم نفذ ما يأتي:

- حدد مواقع الثنائيات (الديودات).
- فك الثنائيات جميعها باستخدام كاوي اللحام وشفاط اللحام.
- افحص صلاحية هذه الثنائيات.
- أعد لحام الثنائيات على اللوحة المطبوعة.



الشكل (9).

5- تقويم التمرين:

أ - كيف تميز المصعد من المهبط باستخدام جهاز القياس؟

ب- كيف تميز ثنائيًّا صالحًا من آخر معطوب؟

جـ- فسر اختلاف قيمة المقاومة الأمامية من ثنائي إلى آخر.

د- هل يمكن فحص الثنائي دون فصل أحد أطرافه من الدارة؟ ولماذا؟

هـ- حدد أنواع الثنائيات التي يمكن تحديد صلاحيتها باستخدام جهاز الأفوميتر الرقمي.

6- تمارين للممارسة:

- افحص مجموعة من الثنائيات المثبتة على لوحة مطبوعة دون فصل أحد أطرافها ودوّن القراءات، ثم افصل أحد أطرافها، مُدوِّنًا القراءات ولاحظ النتيجة.

- حدد مستعينًا بكتيب البدائل أقطاب الثنائيات التي قستها في التمرين السابق.

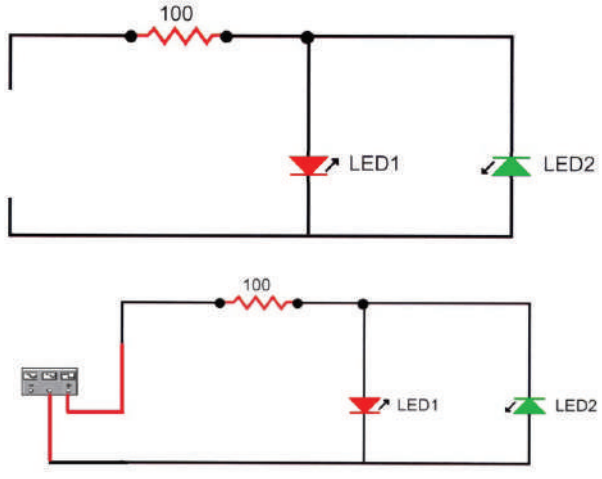
تمرين: (2-3) الثنائي المشع للضوء (مبيّن الإشارة)

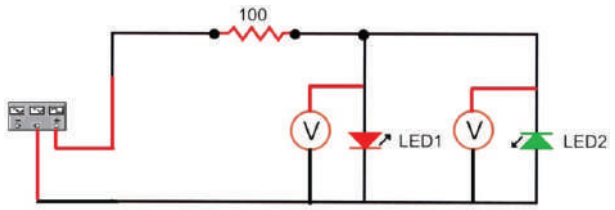
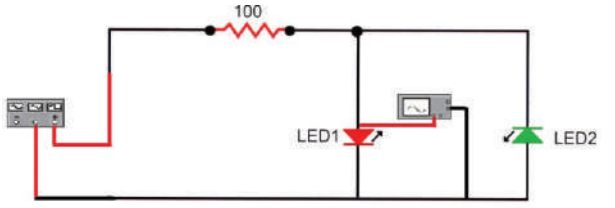
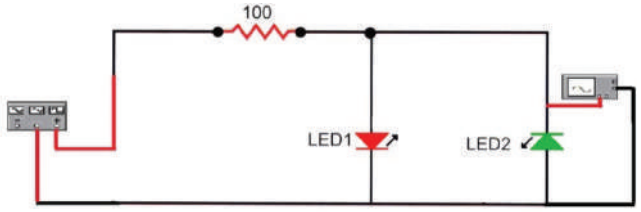
النتاجات

يُتوقَّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تبني دارة مبيّن إشارة باستخدام ثنائي مشع للضوء.
- تتحقق من خصائص الثنائي المشع للضوء.

متطلبات تنفيذ التمرين	
العدد اليدوية والأدوات	**المواد الأولية**
- جهاز الأفوميتر الرقمي - مولّد إشارة أشكال إشارات مختلفة - كاوي لحام - صندوق العدة	- ثنائيان مشعان للضوء (أحمر، وأخضر) - مقاومة كربونية (100Ω) /2W - لوحة وأسلاك توصيل - بكرة لحام قصدير.

خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1- نفّذ الدارة المبيّنة في الشكل (1): أ- اضبط فولتية مولّد الإشارة على فولتية مناسبة حتى تضيء الثنائيات (p-p) (1-3V)، (1-20 KHz)، كما في الشكل (1)، ثم غيّر في تردد الإشارة ولاحظ إضاءة الثنائيات.	 الشكل (1).

ب- قس الفولتية على طرفي كل من الثنائيين باستخدام جهاز الأفوميتر كما في الشكل (2).	 الشكل (2).
جـ- وصّل القناة الأولى لجهاز راسم الإشارة لمشاهدة الإشارة على طرفي (LED)، كما في الشكل (3) وارسم شكل الموجة في دفترك.	 الشكل (3).
د- وصّل القناة الثانية لجهاز راسم الإشارة لمشاهدة الإشارة على طرفي (LED2)، كما في الشكل (4)، وارسم شكل الموجة في دفترك. و- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين الخطوات جميعها التي نفذتها.	 الشكل (4).

2- تقويم التمرين:

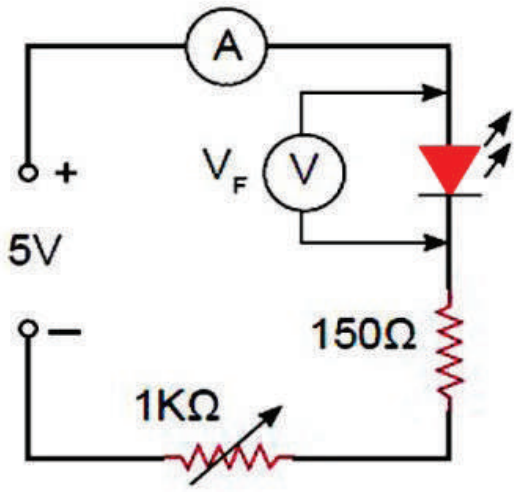
أ- هل يعمل الثنائيان معًا في اللحظة نفسها؟

ب- لماذا يجب وصل مقاومة على التوالي مع الثنائي المشع للضوء؟

3- تمارين للممارسة:

- نفذ الدارة المبيّنة في الشكل (5):

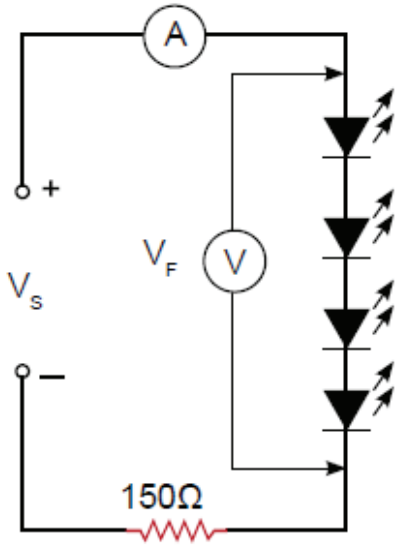
- اضبط المقاومة المتغيّرة إلى أقصى قيمة (1K).
- وصّل الدارة بمصدر الفولتية.
- غيّر قيمة المقاومة المتغيّرة، ودوّن قيمة فولتية وتيار الثنائي.



الشكل (5).

- نفذ الدارة المبيّنة في الشكل (6) المجاور:

- غيّر فولتية المصدر Vs بالتدريج، وقس التيار المار والفولتية عند قيم مختلفة لفولتية المصدر حتى تصل قيمة (Vs= 10V).
- حدّد قيمة Vs التي تُصدر إضاءة كاملة للثنائيات.



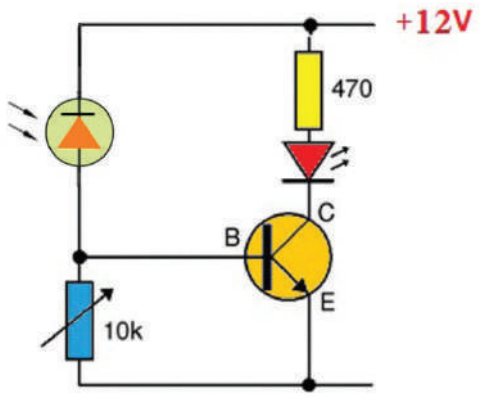
الشكل (6).

النتاجات

يُتوقَّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تبني دارة تحكم باستخدام الثنائي الضوئي.

متطلبات تنفيذ التمرين	
العدد اليدوية والأدوات	**المواد الأولية**
- جهاز الأفوميتر الرقمي - مصدر فولتية مباشرة (0-30V) /(1A) - كاوي لحام (30-40W) - صندوق العدة	- ثنائي ضوئي (BPX25) - مقاومة كربونية (470Ω) (0,5W) - مقاومة متغيّرة (10kΩ) (1W) - ترانزستور (BC108) - ثنائي مشع للضوء - مصدر ضوئي - لوحة وأسلاك توصيل - بكرة لحام قصدير

خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1. نفذ الدارة المبيّنة في الشكل (1): أ- اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على الفولتية المناسبة ثم وصّله بالدارة. - هل يضيء الثنائي أم لا؟ ب- قس الفولتية (VEB)، ثم دوّن قيمة الفولتية في دفترك. جـ-قس الفولتية (VCE)، ودوّن قيمة الفولتية في دفترك.	 الشكل (1).

2- سلط مصدر الضوء على الثنائي الضوئي، كما في الشكل (2):

أ- لاحظ إضاءة الثنائي.

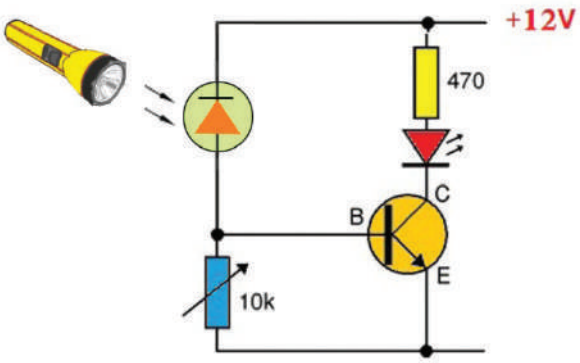
ب- قس الفولتية (VEB)، ودوّن قيمة الفولتية في دفترك.

جـ- قس الفولتية (VCE)، ودوّن قيمة الفولتية في دفترك.

د- قارن بين القياسات التي حصلت عليها قبل تسليط الضوء وبعده، ماذا تلاحظ؟

هـ- غيّر في قيمة المقاومة المتغيّرة، ماذا تلاحظ؟

و- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين الخطوات جميعها التي نفذتها.



الشكل (2).

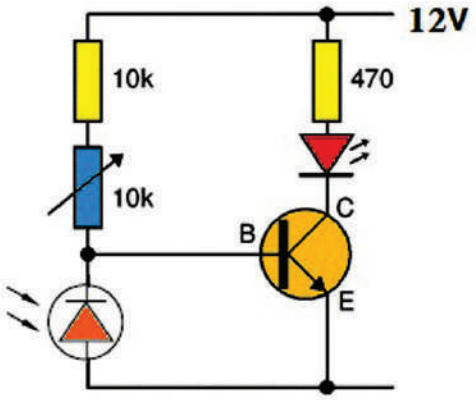
3- تقويم التمرين:

أ- هل تعمل الدارة في الظلام أم النور؟

ب- ما تأثير تغيير المقاومة المتغيّرة (10K) في إضاءة الثنائي؟

4- تمارين للممارسة:

- نفذ الدارة المبيّنة في الشكل المجاور (3) ثم كرر الخطوات.
- ما الفرق بين الدارة في الشكل السابق وهذه الدارة في الشكل المجاور؟



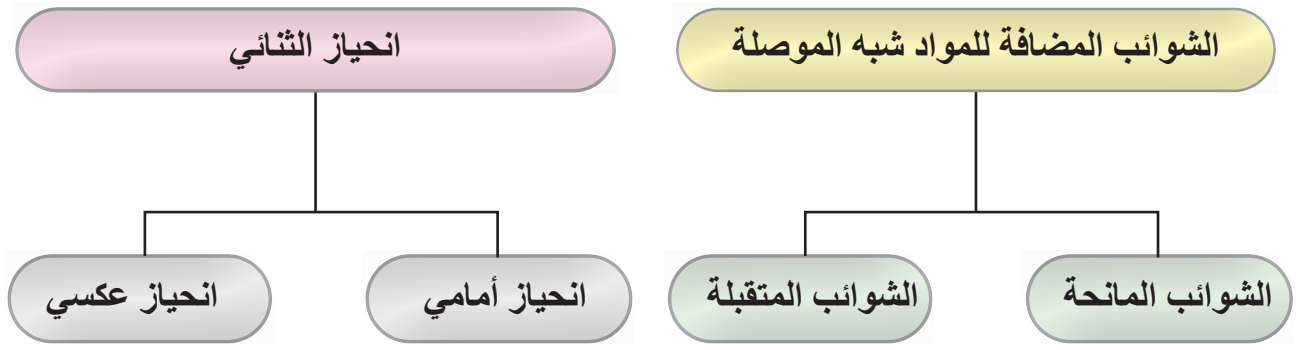
الشكل (3).

القياس والتقويم

التقويم الذاتي (النقاط الحاكمة)

الرقم	خطوات الأداء	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	أحدّد عناصر إلكترونية تحتوي مواد شبة موصلة.			
2	أذكر أسماء بعض العناصر الإلكترونية التي تحتوي مواد شبة موصلة.			
3	أميز بين الثنائيات من حيث النوع والشكل والحجم والرموز.			
4	أميز المهبط من المصعد عبر العلامات المثبتة على الثنائي.			
5	أستخدم كتيب مكافئات الثنائيات.			
6	أحدّد أطراف الثنائيات باستخدام (جهاز الأفوميتر التماثلي والرقمي).			
7	أفحص صلاحية الثنائيات باستخدام جهاز (جهاز الأفوميتر التماثلي والرقمي).			
8	أبني دارة مبيّن للإشارة باستخدام الثنائي المشع للضوء.			
9	أتحقق من خصائص الثنائي المشع للضوء.			
10	أبني دارة تحكم باستخدام الثنائي الضوئي.			

الخرائط المفاهيمية



ثانيًا: دارات تقويم التيار باستخدام الثنائيات

النتاجات

يتوقع منك بعد دراسة هذا الدرس أن :

تتعرف دارات التقويم أحادية الطور.

تميز بين دارات التنعيم.

توضح أهمية دارات تنظيم الفولتية.

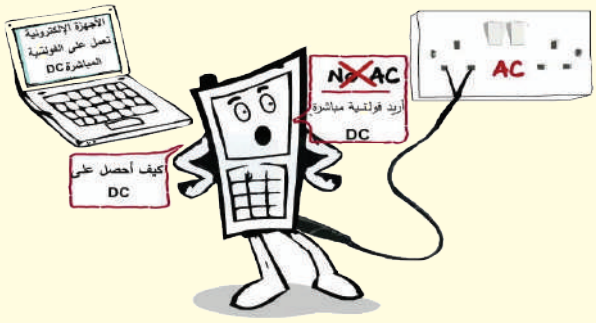
- تبني دارة تقويم نصف موجه باستخدام الثنائيات.
- تبني دارة تقويم موجة كاملة باستخدام الثنائيات.
- تبني دارة تقويم موجة كاملة مع مثبت فولتية باستخدام ثنائي زينر.
- تتحقق من خصائص دارة مثبت الفولتية.

تقارن بين الإشارات على مدخل ومخرج دارات التقويم.

انظر وتساءل

- في الشكل (2-17): لماذا تعمل الأجهزة الإلكترونية على الفولتية والتيار المباشر؟

هل يمكن تحويل الفولتية المتناوبة إلى فولتية مباشرة؟



الشكل (2-17).

استكشف

يعد التيار المتناوب (AC) الخيار الأفضل والأكثر كفاءة في إنتاج الطاقة الكهربائية وتوزيعها، إلا أن أغلب الأجهزة الإلكترونية تعمل على التيار المباشر منخفض القيمة؛ لأنه أكثر أمنًا وموفر في استهلاك الطاقة الكهربائية.

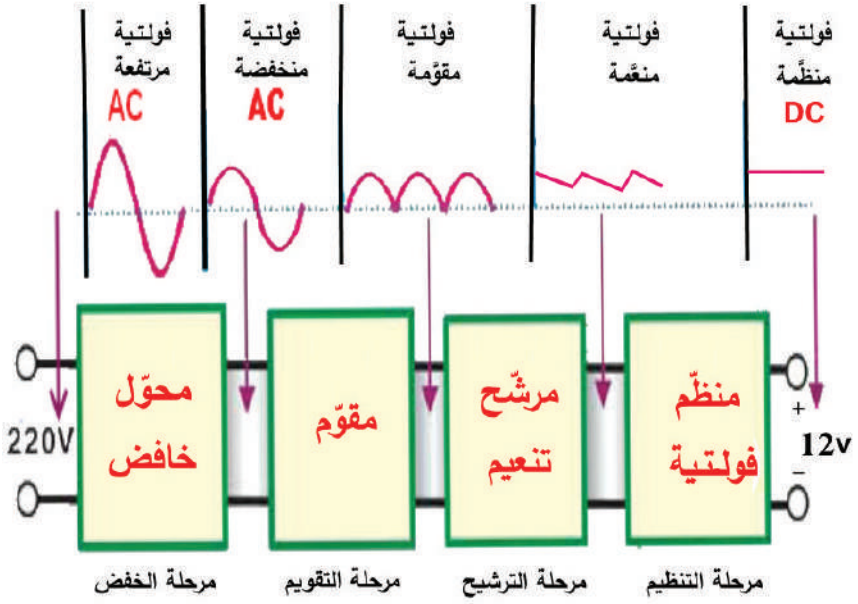
وبعد اكتشاف الثنائي شبه الموصل (Diode)، أصبح بإمكاننا الحصول على التيار المباشر عبر دارات القدرة الكهربائية التي تتضمن دارات التقويم.

اقرأ وتعلّم

1- دارات التقويم باستخدام الثنائي (Rectifiers)

تستخدم الثنائيات في دارات التقويم (Rectification Circuits)، ودارات تثبيت الفولتية، ودارات الحماية، وتعمل دارات التقويم في وحدات التغذية على تحويل التيار المتناوب إلى تيار مباشر على شكل نبضات موحدة الاتجاه، كما هو مبيّن في الشكل (2-18)، الذي يشتمل على أربع مراحل، هي:

- مرحلة خفض الفولتية بوساطة محوّل خافض.
- مرحلة التقويم باستخدام دارات تقويم الفولتية.
- مرحلة الترشيح باستخدام المواسعات والملفات في دارات الترشيح.
- مرحلة تنظيم الفولتية باستخدام دارات تنظيم الفولتية، مثل الدارات التي تستخدم ثنائي زينر.

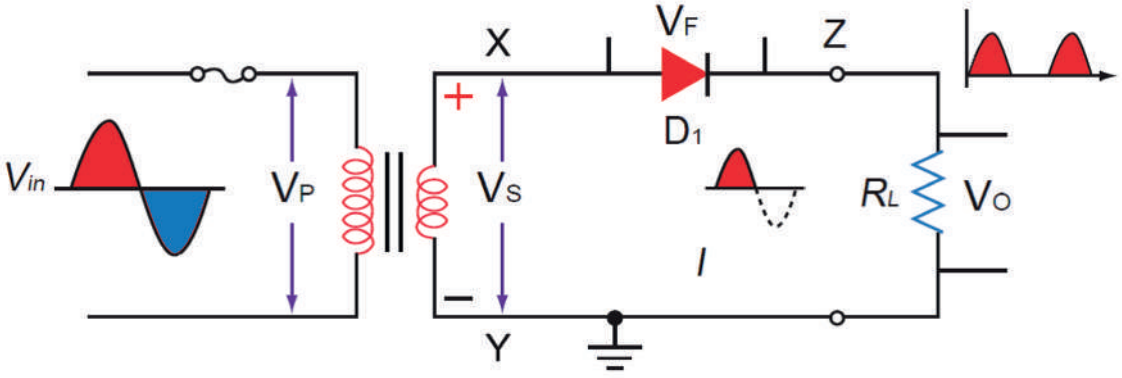


الشكل (2-18): المخطط الصندوقي لوحدة التغذية بالتيار المباشر.

صمم الدارات الإلكترونية دارات تحول التيار المتناوب إلى تيار مباشر، وهذه الدارات تسمى دارات تقويم الفولتية، حيث إن المكون الرئيس لهذه الدارات هو الثنائي، وهناك أنواع عدة من دارات التقويم أحادية الطور، هي:

أ- دارة تقويم نصف الموجة (Half-Wave Rectifier)

تعمل دارة تقويم نصف الموجة المبيّنة في الشكل (2-19) كما يأتي:



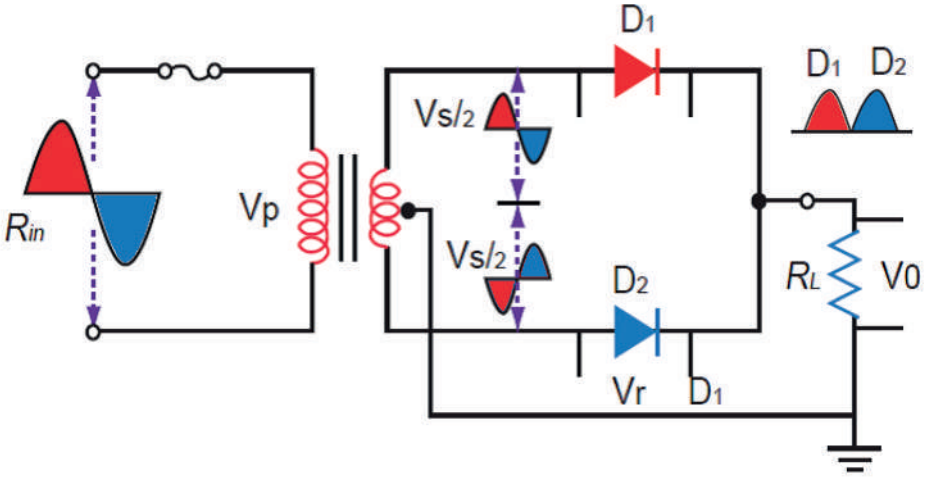
الشكل (2-19): دارة تقويم نصف الموجة.

عند وصل الدارة بمصدر للفولتية المتناوبة، يخفض المحول الفولتية من قيمة عالية إلى قيمة منخفضة تعتمد على نسبة تحويل المحول، وتظهر الفولتية بين طرفي ملفات المحول الثانوي (V_S) بين النقطتين (X,Y).

1. في النصف الموجب من موجة الفولتية المتناوبة تكون النقطة (X) موجبة والنقطة (Y) سالبة، في هذه الحالة يكون الثنائي (D_1) منحازًا انحيازًا أماميًّا، أي أن الفولتية المطبقة على المصعد موجبة وعلى المهبط سالبة، ويسري تيار عبر مقاومة الحمل (R_L).
2. في النصف السالب من موجة الفولتية المتناوبة، تكون النقطة (Y) موجبة والنقطة (X) سالبة، في هذه الحالة يكون الثنائي (D_1) منحازًا انحيازًا عكسيًّا، أي أن الفولتية المطبقة على المصعد سالبة وعلى المهبط موجبة، ويكون الثنائي في حالة انحياز عكسي، وبذلك لا يسري تيار عبر مقاومة الحمل (R_L) وتساوي الفولتية على هذه المقاومة صفرًا.

ب- دارة تقويم الموجة الكاملة باستخدام ثنائيين ومحول ذو نقطة وسط (Full-Wave Rectifier Center Tapped)

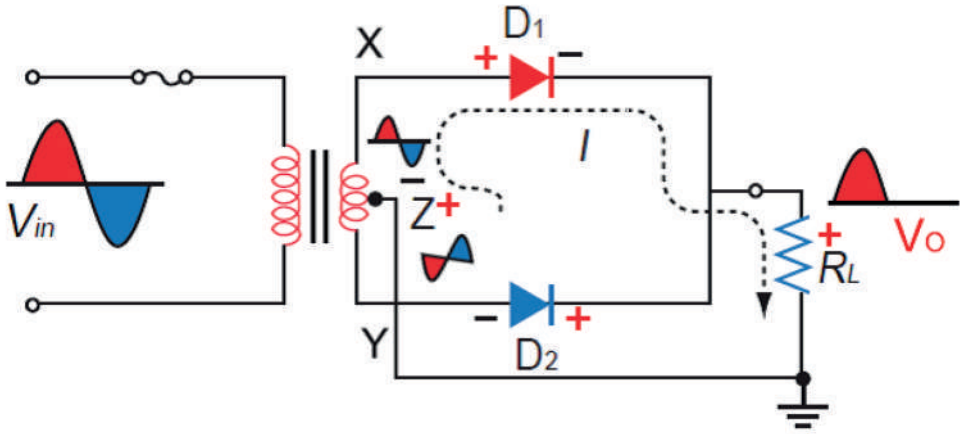
تعمل دارة تقويم الموجة الكاملة باستخدام ثنائيين المبيّنة كما في الشكل (2-20):



الشكل (2-20): دارة تقويم الموجة الكاملة وأشكال الإشارات.

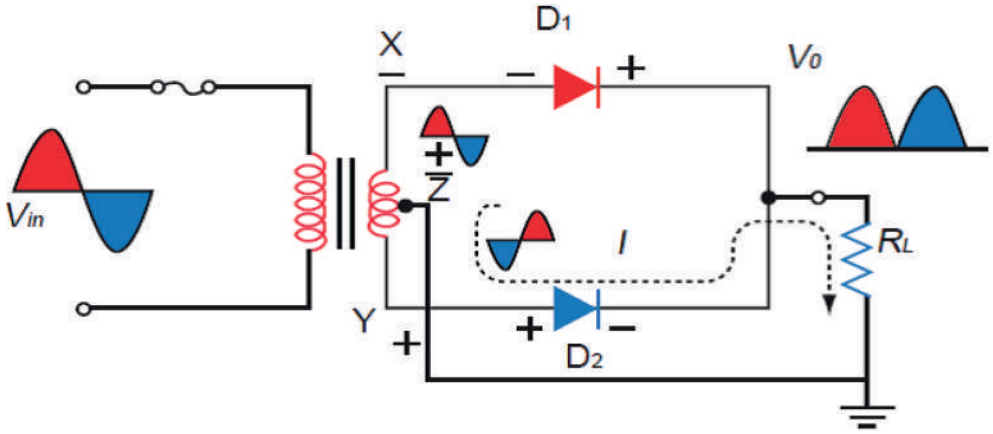
عند وصل الدارة المبيّنة في الشكل (2-21) بمصدر للفولتية المتناوبة يخفض المحول الفولتية المتناوبة من قيمة عالية إلى قيمة منخفضة تعتمد على نسبة تحويل المحول، وتظهر الفولتية بين طرفي ملفات المحول الثانوية (V_S) بين النقطتين (X,Y).

1. في النصف الموجب من موجة الفولتية المتناوبة تكون النقطة (X) موجبة بالنسبة إلى النقطة (Z) والنقطة (Y) سالبة عندها يكون الثنائي (D_1) منحازًا انحيازًا أماميًّا، أي أن الفولتية المطبقة على المصعد موجبة وعلى المهبط سالبة، ويسمح الثنائي بمرور التيار عبر مقاومة الحمل، في حين يكون الثنائي (D_2) منحازًا انحيازًا عكسيًّا ويكون في حالة عدم تمرير للتيار.



الشكل(2-21):عملية التقويم خلال النصف الموجب لفولتية الدخل.

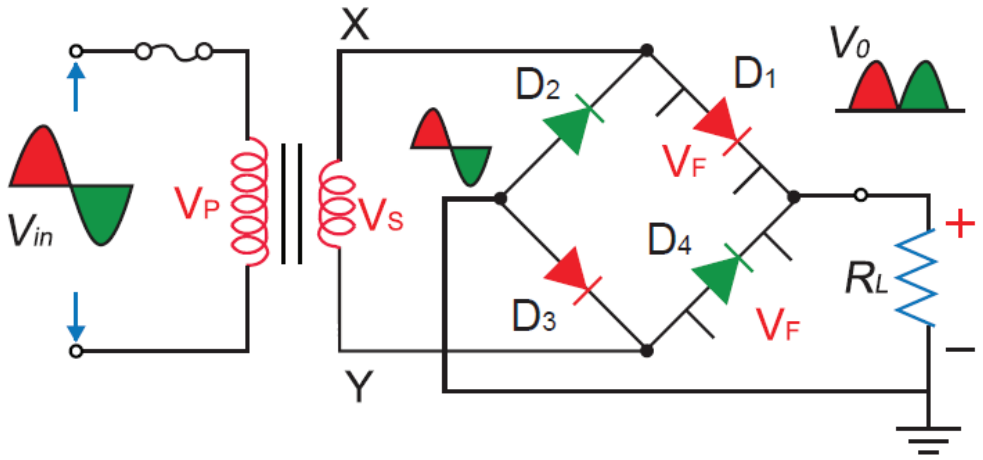
2. في النصف السالب من موجة الفولتية المتناوبة كما هو مبيّن في الشكل (2-22). تكون النقطة (Y) موجبة بالنسبة إلى النقطة (Z) عندها يكون الثنائي (D_2) منحازًا انحيازًا أماميًّا، أي أن الفولتية المطبقة على المصعد موجبة وعلى المهبط سالبة، ويصبح في حالة تمرير للتيار، ويمر تيار عبر مقاومة الحمل، في حين يكون الثنائي (D_1) منحازًا عكسيًّا، ويكون في حالة عدم تمرير للتيار. في هذا النوع من دارات التقويم يكون من السهل الحصول على فولتية مباشرة نقية، وكفاءتها عالية. وتستخدم دارة مقوم الموجة الكاملة في دارات القدرة في الأجهزة الإلكترونية.



الشكل (2-22):عملية التقويم خلال النصف السالب لفولتية الدخل.

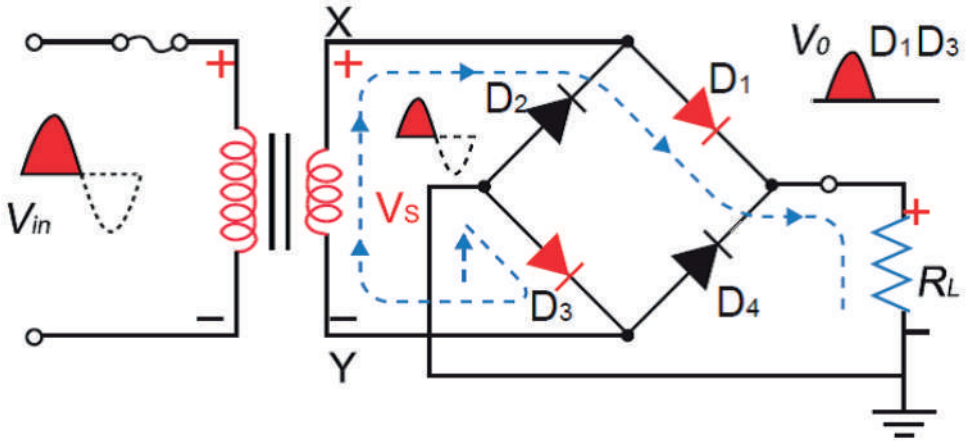
جـ دارة تقويم الموجة الكاملة (القنطرة) (Full- Wave Rectifier Bridge)

تعمل دارة تقويم الموجة الكاملة باستخدام أربعة ثنائيات (القنطرة) (Rectifie) المبيّنة في الشكل (2-23) كما يأتي:



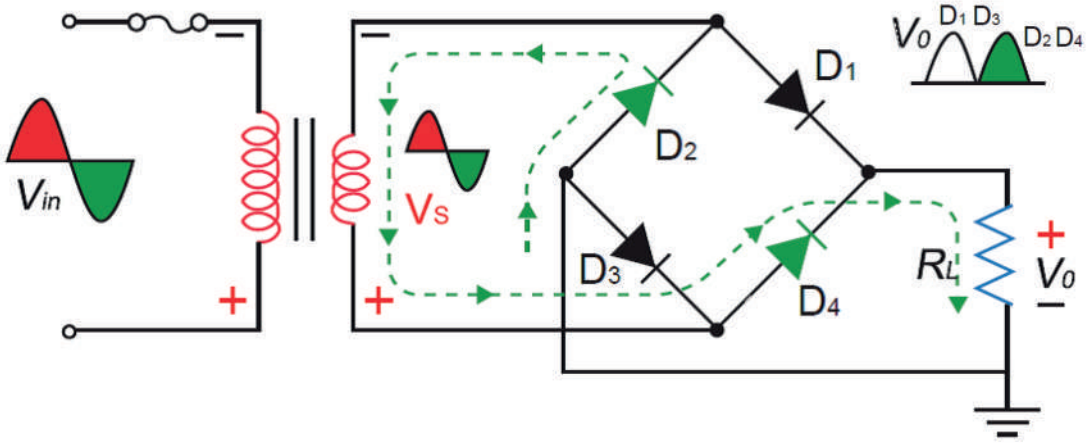
الشكل (2-23): دارة تقويم موجة كاملة (القنطرة).

1. عند وصل الدارة بمصدر للفولتية المتناوبة، يخفض المحول الفولتية المتناوبة من قيمة عالية إلى قيمة منخفضة تعتمد على نسبة تحويل المحول، وتظهر الفولتية بين طرفي ملفات المحول الثانوية **(V_S)** بين النقطتين (X,Y) في النصف الموجب من موجة الفولتية المتناوبة كما هو مبيّن في الشكل (2-24)، بحيث تكون النقطة (X) موجبة والنقطة (Y) سالبة، ويكون الثنائيان **(D_1)** و**(D_3)** في حالة انحياز أمامي، ويمر تيار عبر الثنائي **(D_1)** والمقاومة (R_L) والثنائي **(D_3)**، والثنائيان **(D_2 وD_4)** في حالة انحياز عكسي ولا يمر تيار خلالها، فتظهر فولتية موجبة على مقاومة الحمل (R_L).



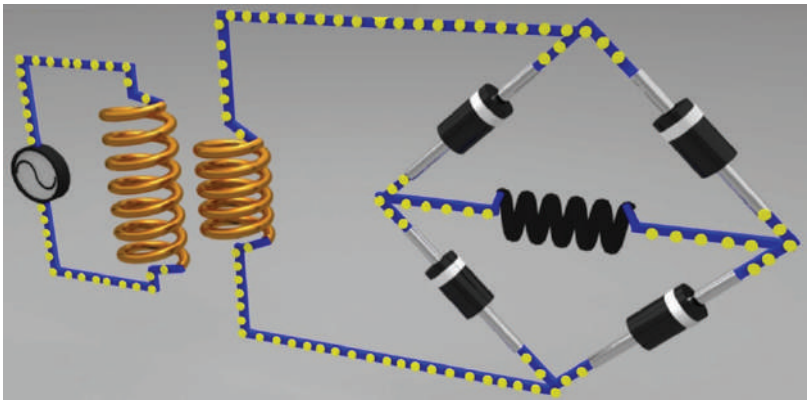
الشكل (2-24):عملية التقويم خلال النصف الموجب لفولتية الدخل.

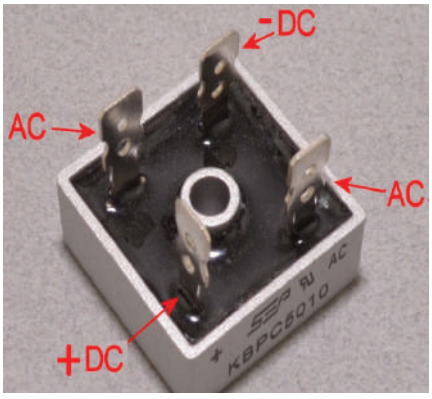
2. في النصف السالب من موجة الفولتية المتناوبة كما هو مبيّن في الشكل (2-25)، تكون النقطة (Y) موجبة والنقطة (X) سالبة، ويكون الثنائيان ($\mathbf{D_2}$) و($\mathbf{D_4}$) في حالة انحياز أمامي. ويمر التيار من النقطة (Y) عبر الثنائي ($\mathbf{D_4}$) والمقاومة (R_L) والثنائي ($\mathbf{D_2}$) ويعود إلى النقطة (X)، والثنائيان (D_3 وD_1) في حالة انحياز عكسي ولا يمر تيار خلالها، وتظهر فولتية موجبة على مقاومة الحمل (R_L).



الشكل (2-25): عملية التقويم خلال النصف السالب لفولتية الدخل.

والشكل (2-26/أ) يبيّن أطراف ربط المقوّم (Rectifier) والشكل (2-26/ب) كيفيّة ربط الثنائيات داخليًّا.





فكّر : الفولتية الناتجة بعد استخدام دارات التقويم ليست فولتية مباشرة تمامًا؛ فهي ما زالت غير ثابتة القيمة وفي حاجة إلى تنظيم. فما الطرائق الإضافية المستخدمة للحصول على فولتية مباشرة موحدة الاتجاه والقيمة معلومة؟

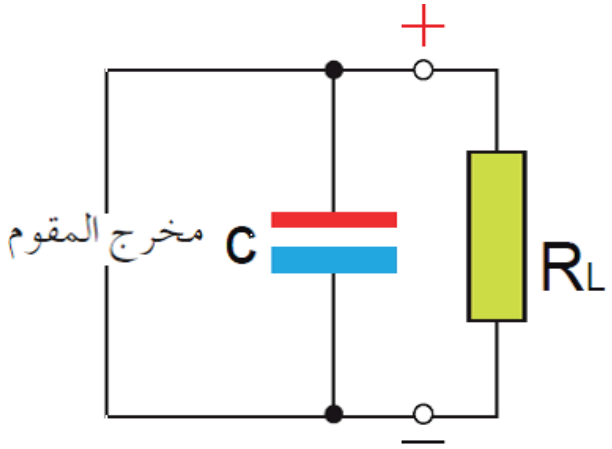
الشكل (2-26/أ). الشكل (2-26/ب).

2- دارات التنعيم (Smoothing Circuits)

في دارات التقويم السابقة كانت فولتية الخرج فولتية نبضية موحدة الاتجاه، لكنها غير ثابتة القيمة، ولجعل هذه الفولتية أقرب ما يكون إلى الفولتية المباشرة من حيث ثبات قيمتها، تستخدم دارات خاصة تسمى دارات التنعيم، ومن أنواع دارات التنعيم:

أ- المرشح السعوي

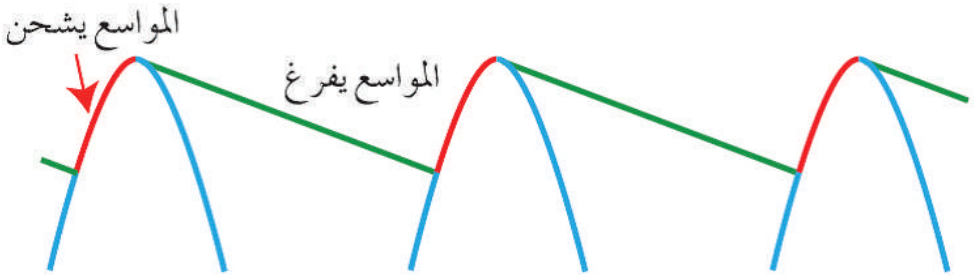
تستخدم المواسعات في خرج المقومات على التوازي مع الحمل من أجل تنعيم الفولتية النبضية الثابتة، والحصول على فولتية مباشرة تقريبًا، كما هو مبيّن في الشكل (2-27).



الشكل (2-27): دارة تنعيم.

تتم عملية التنعيم كما يأتي :

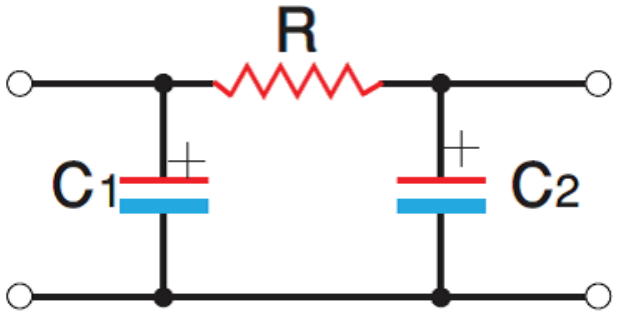
كما هو مبيّن في الشكل (2-28) يبدأ المواسع بالشحن في أثناء النصف الموجب إلى أن يصل إلى القيمة العظمى للفولتية، وعندما تبدأ الفولتية بالتناقص، يبدأ المواسع بالتفريغ عبر الحمل مُحافظًا على الفولتية ثابتة عبر المواسع، وقبل أن يفرغ المواسع، تصل نبضة تيار مباشر أخرى لإعادة شحن المواسع ثانية إلى القيمة العظمى للفولتية. إن الشحن والتفريغ الطفيفين للمواسع ينتج منهما فولتية متموجة (مركبة تيار متناوب) مركبة على أعلى التيار المباشر؛ لذلك فإن عملية التنعيم في حالة تقويم الموجة الكاملة أسهل منه في حالة تقويم نصف الموجة.



الشكل (2-28):عمل مواسع التنعيم.

ب- دارة تنعيم (RC)

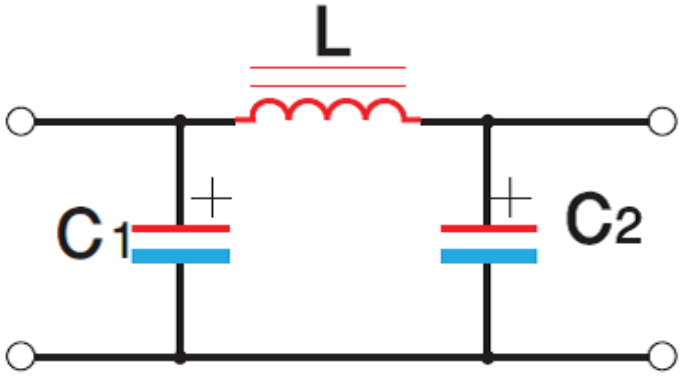
تستخدم منعمًا للترددات المنخفضة، فيمرر الفولتية المباشرة ويمنع مرور فولتية التموج ذات التردد العالي، لكن سيئة هذه الدارة في انخفاض فولتية الخرج نتيجة لهبوط الفولتية بين طرفي المقاومة (R)، كما في الشكل (2-29).



الشكل (2-29): دارة تنعيم (RC).

جـ- دارة تنعيم (LC)

تستخدم في التغلب على مشكلة هبوط الفولتية عبر المقاومة؛ لذا تستبدل المقاومة (R) بالملف الخانق (L)، كما في الشكل (2-30).



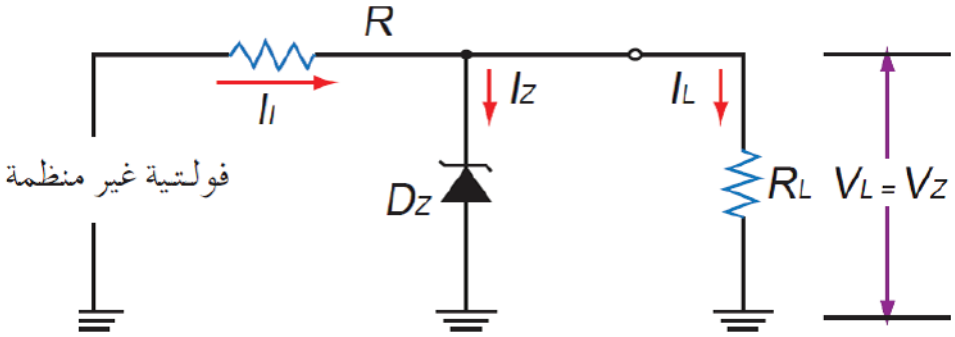
الشكل (2-30): دارة تنعيم (LC).

3- دارات تنظيم الفولتية

يبين الشكل (2-31) دارة تنظيم الفولتية باستخدام ثنائي زينر لتثبيت قيمة الفولتية على طرفي الحمل (V_L) عند فولتية تساوي فولتية زينر (V_Z) في حالة تغيير فولتية الدخل (V_{in}) وهو ما يطلق عليه تنظيم فولتية الدخل.

ويتلخص عملها في أنه عند حدوث زيادة في فولتية الدخل (V_{in}) فإن ثنائي زينر يحافظ على فولتية الحمل ثابتة عند قيمة تساوي (V_Z)، وهذا يؤدي إلى زيادة الفولتية المطبقة على المقاومة (R_L) وعليه، زيادة التيار الكلي (I_t) المار خلالها. ولأن التيار (I_L) المار خلال مقاومة الحمل (R_L) يكون ثابتًا، فإن

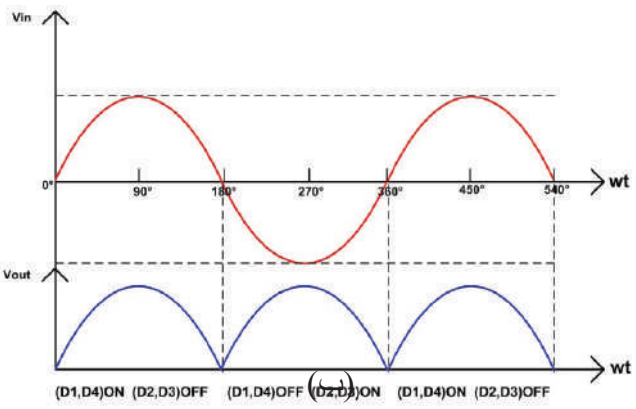
الزيادة في التيار (I_t) تتدفق عبر الثنائي، وتستمر عملية تثبيت فولتية الحمل مع تغيّر فولتية الدخل كون قيمة التيار المار خلال الزينر(I_z) أكبر من قيمة التيار العكسي، وأقل من قيمة التيار الأقصى للثنائي زينر، للحفاظ على ثنائي زينر في منطقة الانهيار.

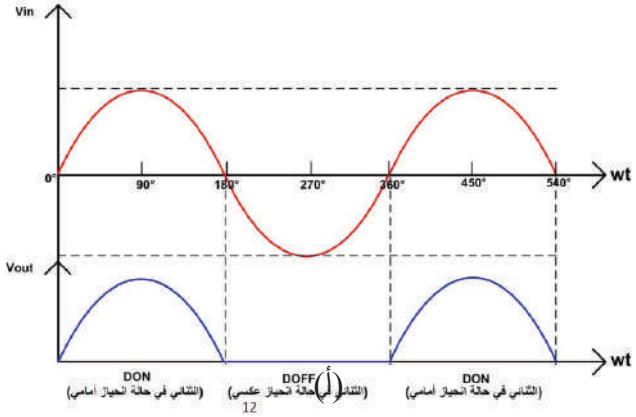


الشكل(2-31): استخدام ثنائي زينر منظمًا للفولتية.

الإثراء والتوسع

- مستخدمًا الإنترنت ومكتبة مدرستك، اجمع معلومات عن مزود الطاقة (power supply) المستخدم في أجهزة الحاسوب مكوناته، وشكل دارات التقويم والتنعيم، وتنظيم الفولتية، والفولتيات المباشرة التي يزوَّد جهاز الحاسوب بها، ثم ناقش زملاءك في ذلك.
- قارن شكل إشارة الخرج لدارة تقويم نصف موجة بدارة تقويم موجة كاملة، مُستعينًا بالشكل الآتي:





القياس والتقويم

1- لماذا يوصل مواسع على التوازي بالحمل في دارات التقويم؟

2- ارسم دارة تقويم أحادية الطور نصف الموجة مع رسم شكل إرشادي الدخل والخرج.

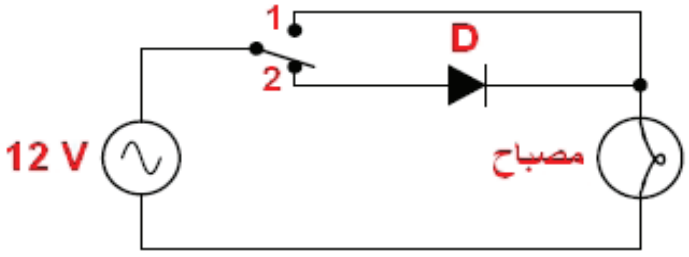
3- ارسم دارة تقويم الموجة الكاملة باستخدام أربعة ثنائيات (القنطرة) مع دارة تنعيم من نوع (LC) وثنائي زينر منظم للفولتية، مُحدِّدًا شكل الإشارة بعد كل مرحلة.

4- ارسم دارة تقويم القنطرة، موضِّحًا عملها.

5- ما المقصود بعملية تقويم التيار؟ وما أهميتها؟

6- ما أنواع دارات التنعيم، مُبيِّنًا كلًّا منها بالرسم.

8- تأمل الدارة في الشكل الآتي، ثم أجب ما يلي:



أ- في أي وضع للمفتاح تكون إضاءة المصباح ساطعة؟ لماذا؟

ب- في أي وضع للمفتاح تكون إضاءة المصباح خافتة؟ لماذا؟

جـ- ما اسم دارة التقويم عند وضع المفتاح بحيث يدخل الثنائي في الدارة؟

د- ارسم شكل موجة فولتية الخرج للدارة عند توصيل الثنائي بالحمل.

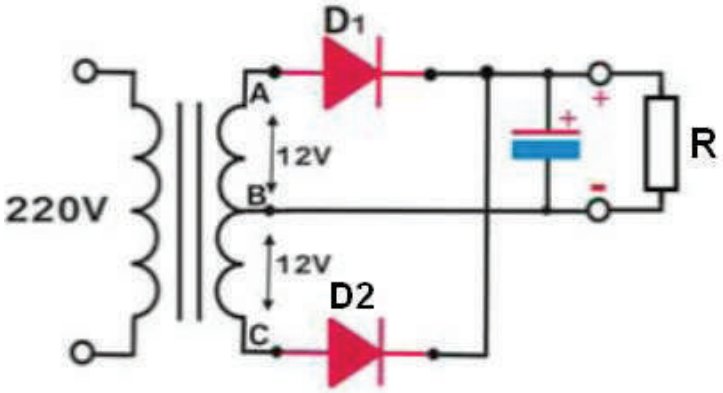
9- تأمل الدارة في الشكل المجاور، ثم أجب ما يأتي:

أ- ما اسم هذه الدارة؟

ب- تتبع مسار التيار مُبيِّنًا الثنائيات التي تمرر التيار والثنائيات التي تمنع مرور التيار خلال نصفي الموجة الجيبية.

جـ- ما وظيفة المواسع في الدارة؟

د- ارسم شكل موجة فولتية الدخل بين طرفي الجزء العلوي من دارة الملف الثانوي.



هـ- ارسم شكل موجة فولتية الدخل بين طرفي الجزء السفلي من دارة الملف الثانوي.

و- ارسم شكل موجة فولتية الخرج للدارة دوّن مواسع.

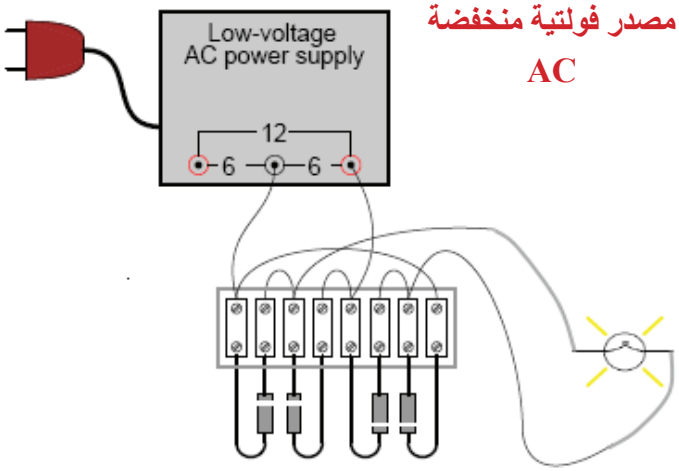
ز- ارسم شكل موجة فولتية الخرج للدارة بوجود مواسع.

ح- ارسم شكل موجة فولتية الخرج للدارة بوجود مواسع ومنظم فولتية.

10- تأمل الدارة في الشكل المجاور، ثم أجب ما يأتي:

أ- ما اسم هذه الدارة؟

ب- تتبع مسار التيار مُبيِّنًا الثنائيات التي تمرر التي تمنع مرور التيار خلال نصفي الموجة الجيبية.



مصدر فولتية منخفضة AC

جـ- ارسم شكل موجة فولتية الدخل للدارة.

د- ارسم شكل موجة فولتية الخرج للدارة دون مواسع.

هـ- ارسم شكل موجة فولتية الخرج للدارة بوجود مواسع.

و- ارسم شكل موجة فولتية الخرج للدارة بوجود مواسع ومنظم فولتية.

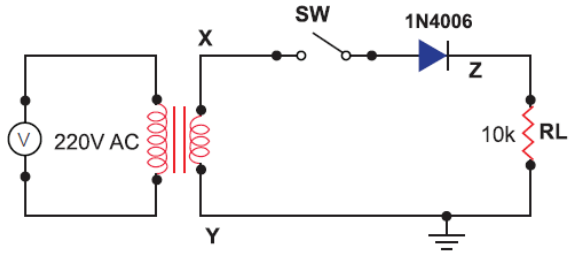
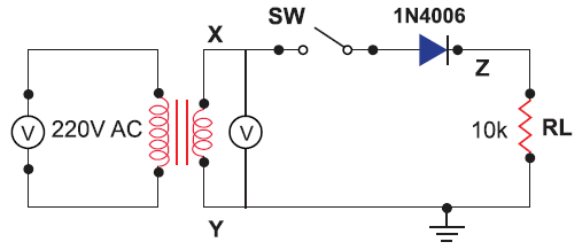
تمرين: (2-5) دارة تقويم نصف الموجة باستخدام الثنائي

النتاجات

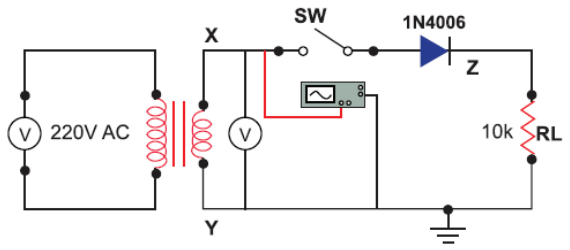
يُتوقَّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تبني دارة تقويم نصف الموجة باستخدام الثنائي.
- تقارن بين الإشارات على الدخل والخرج.

متطلبات تنفيذ التمرين	
العدد اليدوية والأدوات	**المواد الأولية**
- جهاز الأفوميتر الرقمي - محول خافض للفولتية (V 220/5) (500mA) - راسم إشارة (قناتان) - كاوي لحام (30-40W) - صندوق العدة	- ثنائي (1N4006) - مقاومة كربونية (10kΩ)، (0.5W) - مفتاح تشغيل أحادي - أسلاك ولوحة توصيل. - لحام قصدير.

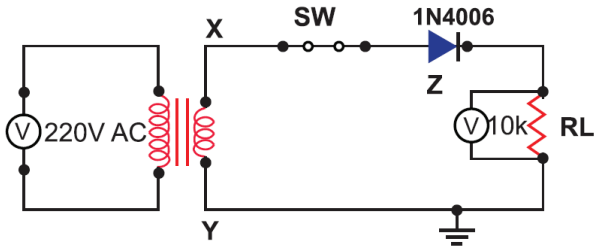
خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1- نفذ الدارة المبيّنة في الشكل (1). أ- وصّل الدارة بمصدر الفولتية المتناوبة. ب- اضبط جهاز الأفوميتر على وضع الفولتية.	 الشكل (1).
جـ- وصّل جهاز الأفوميتر بين النقطتين (X,Y) لقياس الفولتية، كما في الشكل (2)، ودوّن النتيجة في دفترك.	 الشكل (2).

د- وصّل القناة الأولى لجهاز راسم الإشارة لمشاهدة شكل الإشارة بين النقطتين (X,Y)، كما في الشكل (3)، ثم احسب قيمة التردد والفولتية، وارسم شكل الموجة في دفترك.



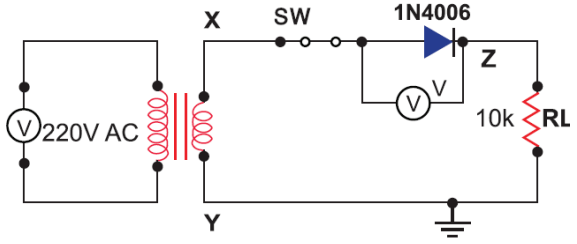
الشكل (3).

هـ- أغلق المفتاح (SW)، ثم وصّل جهاز الأفوميتر على طرفي مقاومة الحمل (R_L) لقياس الفولتية، كما في الشكل (4)، ودوّن النتيجة في دفترك.



الشكل (4).

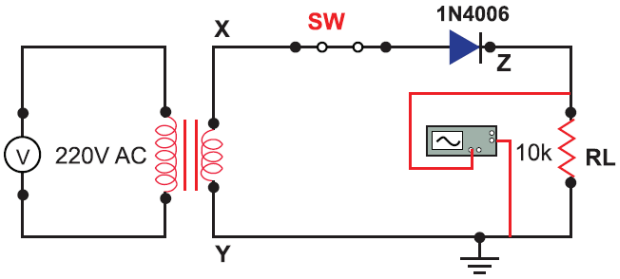
و- اضبط جهاز الأفوميتر على وضع الفولتية، ثم وصّل الجهاز بين طرفي الثنائي، لقياس الفولتية، كما في الشكل (5)، ودوّن النتيجة في دفترك.



الشكل (5).

ز- وصّل القناة الثانية لجهاز راسم الإشارة لمشاهدة شكل الإشارة على طرفي مقاومة الحمل (R_L)، كما في الشكل (6)، ثم احسب قيمة التردد والفولتية، وارسم شكل الموجة في دفترك.

ح- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين الخطوات جميعها التي نفذتها.



الشكل (6).

2- تقويم التمرين:

أ- فسّر عدم تساوي الفولتية المقاسة بين الحمل (R_L) مع الفولتية المقيسة بين النقطتين (X,Y).

ب- هل يمكن تحديد نوع الثنائي المستخدم في الدارة؟ كيف؟

جـ- ما مقدار تردد كل من إشارتي الدخل والخرج؟

د- هل تختلف قيم الفولتية المقيسة باستخدام جهاز الأفوميتر، عن تلك المقيسة باستخدام جهاز راسم الإشارة؟

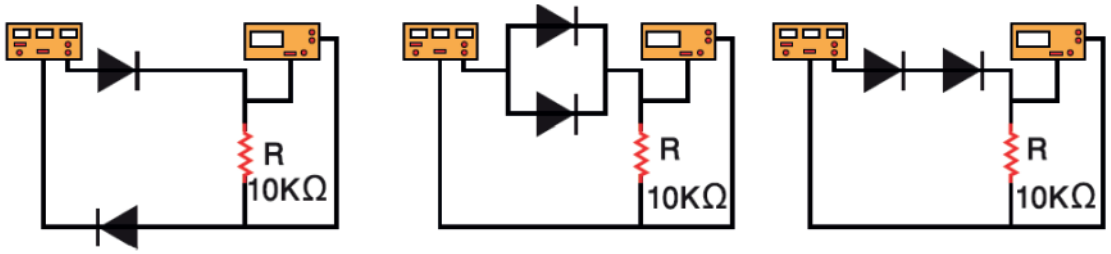
3- نشاط للممارسة:

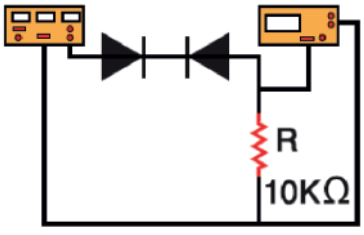
نفذ التمارين العملية الآتية بطريقة العمل وحدك أو في مجموعات صغيّرة في المشغل، أو حسب توجيهات المعلم:

- اعكس توصيل الثنائي في التمرين السابق وأعد القياسات التي نفذتها، ولاحظ شكل موجات فولتية الخرج.
- نفذ التمرين السابق ثم غير مقاومة الحمل بالمقاومتين (1K ، 5K) على الترتيب، ثم قس الفولتيات على مقاومات الحمل.
- قس الفولتية بين طرفي الثنائي في كل حالة.
- نفذ التمرين السابق باستخدام أنواع مختلفة من الثنائيات.
- نفذ الدارات المبيّنة في الشكل الآتي.

• اضبط مولّد الإشارة على موجة جيبية ذات تردد 1KHz، واتساع 5V.

• وصّل راسم الإشارة بين طرفي المقاومة R، وارسم شكل الموجة في دفترك في كل حالة.





• استنتج شكل الإشارة الظاهرة على راسم الإشارة إذا قمت بتطبيق الشكل المجاور.

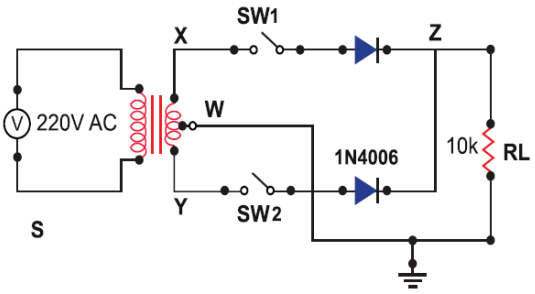
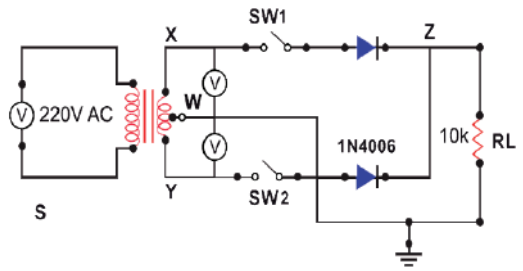
تمرين: (2-6) دارة تقويم موجة كاملة باستخدام محول ذي نقطة الوسط

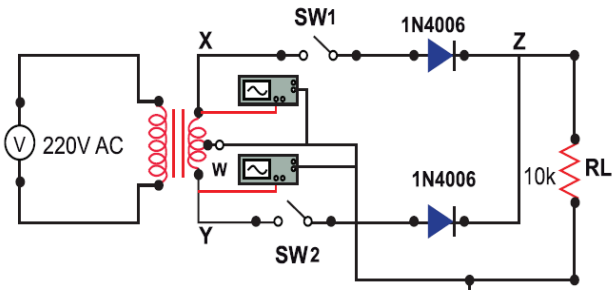
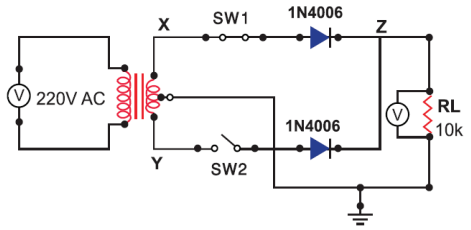
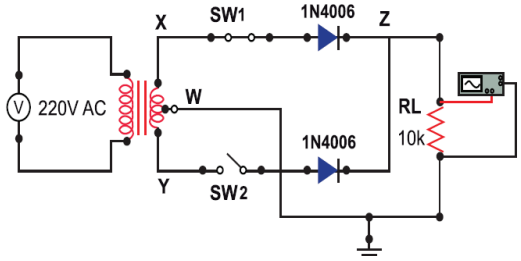
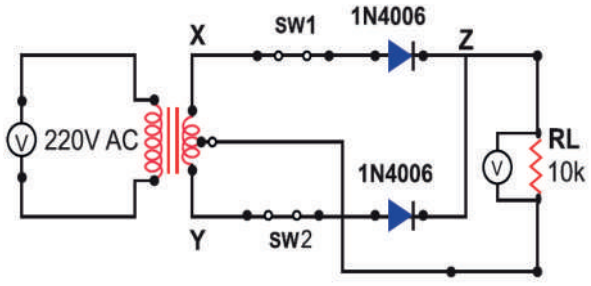
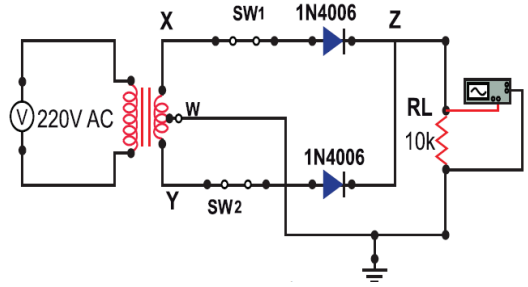
النتاجات

يُتوقَّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تبني دارة تقويم موجة كاملة باستخدام الثنائي.
- تقارن بين الإشارات على الدخل والخرج.

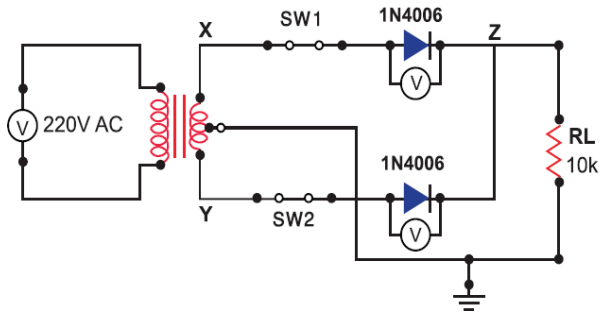
متطلبات تنفيذ التمرين	
العدد اليدوية والأدوات	**المواد الأولية**
- جهاز الأفوميتر الرقمي - محول خافض للفولتية ذو نقطة وسط (V 220/5) (500mA) - راسم إشارة (قناتان) - كاوي لحام (30-40W) - صندوق العدة	- ثنائي (1N4006) - مقاومة كربونية ((10kΩ، (0.5W) - مفتاح تشغيل أحادي - أسلاك ولوحة توصيل. - لحام قصدير.

خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1- نفذ الدارة المبيّنة في الشكل (1). أ- وصّل الدارة بمصدر الفولتية المتناوبة. ب- اضبط جهاز الأفوميتر على وضع الفولتية.	 الشكل (1).
جـ- وصّل جهاز الأفوميتر لقياس الفولتية بين النقطتين (X,W)، والنقطتين (Y,W)، كما في الشكل (2)، ثم دوّن النتيجة في دفترك.	 الشكل (2).

د- وصّل القناة الأولى لجهـــاز راسم الإشارة لمشـــاهـدة شكل الإشـــارة بين النقطتين (X,W)، والقنـــاة الثانيـــة لمشـــاهدة شكل الإشارة بين النقطتين (Y,W)، كمـــا فـــي الشكل (3)، ثم احسب قيمة التردد والفولتية، وارسم شكل الموجة في كل حالة في دفترك.	 الشكل (3).
و- أغلق المفتاح (SW1)، ثم وصّل جهاز الأفوميتر لقياس الفولتية بين طرفي مقاومة الحمل (R_L)، كما في الشكل (4)، ثم دوّن النتيجة في دفترك.	 الشكل (4).
هـ- وصّل القناة الثانية لجهاز راسم الإشارة لمشاهدة شكل الإشارة على طرفي مقاومة الحمل (R_L)، كما في الشكل (5)، واحسب قيمة التردد والفولتية، وارسم شكل الموجة في دفترك.	 الشكل (5).
و- أغلق المفتاح (SW2)، ثم وصّل جهاز الأفوميتر لقياس الفولتية بين طرفي مقاومة الحمل (R_L)، كما في الشكل (6)، ثم دوّن النتيجة في دفترك.	 الشكل (6).
ز- وصّل القناة الثانية لجهاز راسم الإشارة لمشاهدة شكل الإشارة على طرفي مقاومة الحمل (R_L)، كما في الشكل (7)، واحسب قيمة التردد والفولتية، وارسم شكل الموجة في دفترك.	 الشكل (7).

ح- وصّل جهاز الأفوميتر لقياس الفولتية بين طرفي الثنائيين، كما في الشكل (8)، ودوّن النتيجة في دفترك

ط- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين الخطوات جميعها التي نفذتها.



الشكل (8).

2- تقويم التمرين:

أ- فسر عدم تساوي الفولتية المقيسة بين الحمل (RL) مع الفولتية المقيسة بين النقطتين (X,Y).

ب- هل يمكن تحديد نوع الثنائي المستخدم في الدارة؟ كيف؟

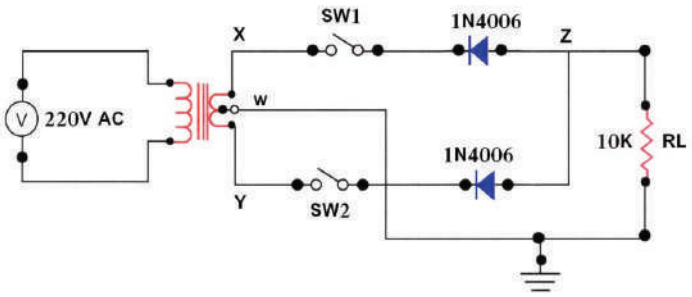
جـ- ما مقدار تردد كل من إشارتي الدخل والخرج؟

د- هل تختلف قيم الفولتية المقيسة باستخدام جهاز الأفوميتر، عن تلك المقيسة باستخدام جهاز راسم الإشارة؟

3- نشاط للممارسة:

نفذ التمارين العملية الآتية وحدك أو في مجموعات صغيرة في المشغل، أو حسب توجيهات المعلم:

- اعكس توصيل أحد الثنائيات في التمرين السابق وأعد القياسات التي نفذتها، مُلاحِظًا شكل موجات فولتية الخرج.
- نفذ التمرين السابق مُغيِّرًا مقاومة الحمل بالمقاومتين (1K,5K) على الترتيب، ثم قس الفولتيات على مقاومات الحمل.
- قس الفولتية بين طرفي الثنائيين في كل حالة.
- نفذ التمرين السابق باستخدام أنواع مختلفة من الثنائيات.
- نفذ التمرين المبيّن في الشكل الآتي وأعد القياسات التي نفذتها بها في التمرين السابق، مُلاحِظًا شكل موجات فولتية الخرج.



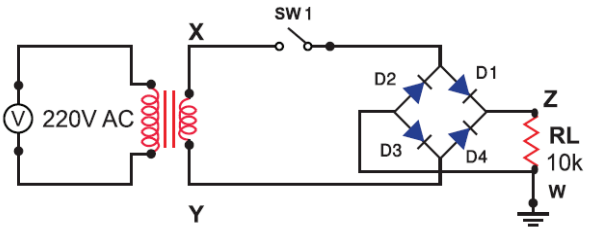
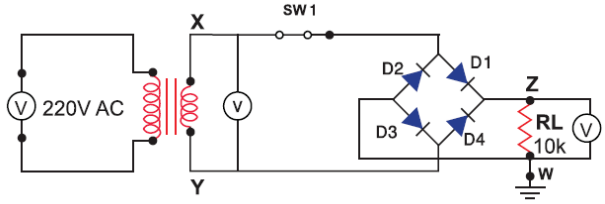
تمرين: (2-7) دارة تقويم موجة كاملة (القنطرة)

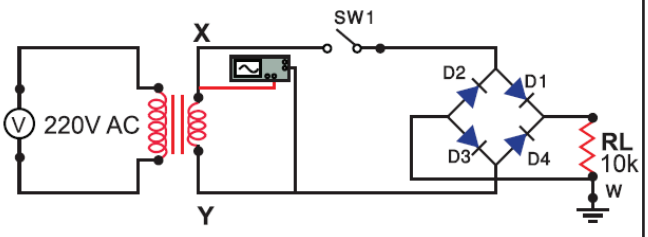
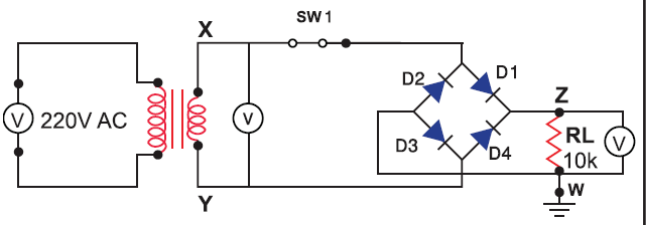
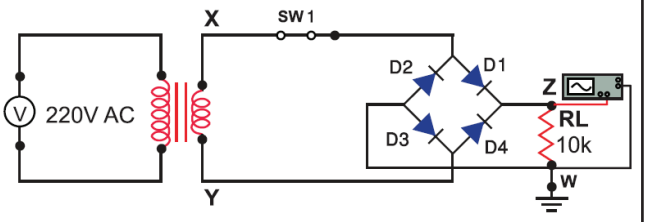
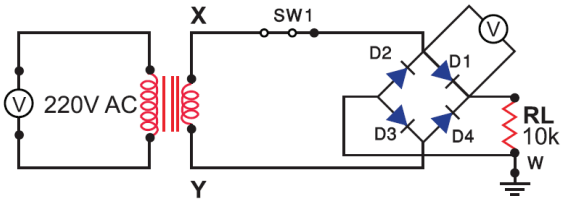
النتاجات

يُتوقَّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تبني دارة تقويم قنطرة باستخدام الثنائي.
- تقارن بين الإشارات على الدخل والخرج.

متطلبات تنفيذ التمرين	
العدد اليدوية والأدوات	**المواد الأولية**
- جهاز الأفوميتر الرقمي - محول خافض للفولتية (V 220/5) (500mA) - راسم إشارة (قناتان) - كاوي لحام (30-40W) - صندوق العدة	- ثنائي (1N4006) - مقاومة كربونية (10kΩ، (0.5W) - مفتاح تشغيل أحادي - أسلاك ولوحة توصيل. - لحام قصدير.

خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1- نفذ الدارة المبيّنة في الشكل (1). أ- وصّل الدارة بمصدر الفولتية المتناوبة. ب- اضبط جهاز الأفوميتر على وضع الفولتية.	 الشكل (1).
جـ- وصّل جهـاز الأفوميتر لقيـاس الفولتية بين النقطتين (X,Y) كما في الشكل (2)، ثم دوّن النتيجة في دفترك.	 الشكل(2).

د- وصّل القناة الأولى لجهاز راسم الإشارة لمشاهدة شكل الإشارة بين النقطتين (X,Y) كما في الشكل (3)، واحسب قيمة التردد والفولتية، وارسم شكل الموجة في كل حالة في دفترك.	 الشكل (3).
هـ- أغلق المفتاح (SW_1)، ثم وصّل جهاز الأفوميتر لقياس الفولتية على طرفي مقاومة الحمل (R_L) كما في الشكل (4)، ثم دوّن النتيجة في دفترك.	 الشكل (4).
و- وصّل القناة الثانية لجهاز راسم الإشارة لمشاهدة شكل الإشارة على طرفي مقاومة الحمل (R_L)، كما في الشكل (5)، واحسب قيمة التردد والفولتية، وارسم شكل الموجة في دفترك.	 الشكل (5).
ز- وصّل جهاز الأفوميتر لقياس الفولتية بين طرفي الثنائي (D_1)، كما في الشكل (6)، ودوّن النتيجة في دفترك، ثم كرر الخطوة نفسها لقياس الفولتية بين طرفي كل من الثنائيات (D_2,D_3,D_4) ثم دوّن النتيجة في دفترك. ح- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين الخطوات جميعها التي نفذتها.	 الشكل (6).

2- تقويم التمرين:

أ- هل يمكن تحديد نوع الثنائي المستخدم في الدارة؟ كيف؟

ب- فسر عدم تساوي الفولتية المقاسة بين الحمل (RL) مع الفولتية المقيسة بين النقطتين (X,Y).

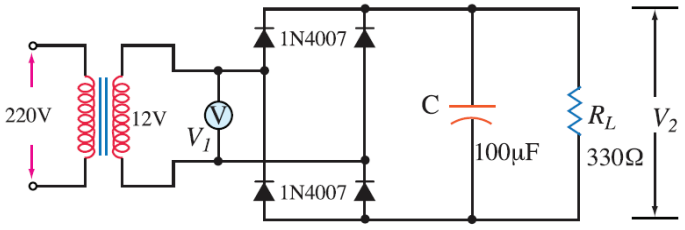
جـ - ما مقدار تردد كل من إشارتي الدخل والخرج؟

د- هل تختلف قيم الفولتية المقيسة باستخدام جهاز الأفوميتر، عن تلك المقيسة باستخدام جهاز راسم الإشارة؟

3- نشاط للممارسة:

نفذ التمارين العملية الآتية وحدك أو في مجموعات صغيّرة في المشغل، أو حسب توجيهات المعلم:

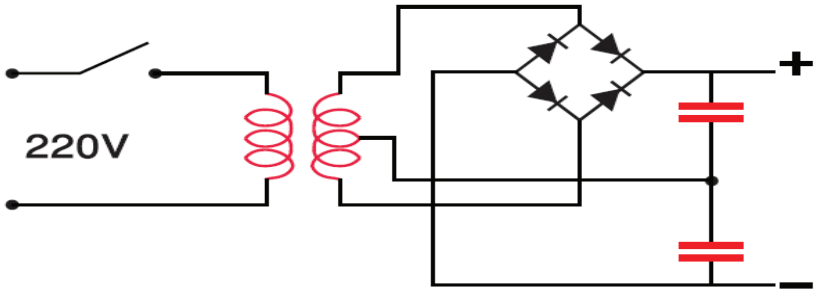
- اعكس توصيل الثنائي (D1) في التمرين السابق وأعد القياسات التي نفذتها، مُلاحِظًا شكل موجات فولتية الخرج.
- اعكس توصيل الثنائي (D4) في التمرين السابق وأعد القياسات التي نفذتها، مُلاحِظًا شكل موجات فولتية الخرج.
- نفذ التمرين السابق وقم بتغيّر مقاومة الحمل بالمقاومتين (5KΩ،1KΩ) على الترتيب، ثم قس الفولتيات على مقاومات الحمل.
- قس الفولتية بين طرفي الثنائيات في كل حالة.
- نفذ التمرين المبيّن في الشكل (7) مُستخدِمًا العناصر الإلكترونية الآتية، مُلاحِظًا شكل موجات فولتية الخرج:
  - محول خافض للفولتية 220V/12V
  - أربعة ثنائيات 1N4007
  - مواسع كيميائي 100µF
  - مقاومة كربونية 330 Ω



الشكل (7).

- نفذ التمرين المبيّن في الشكل (8)، مُستخدِمًا العناصر الإلكترونية الآتية، مُلاحِظًا شكل موجات فولتية الخرج:

- محول خافض للفولتية 220V/12V ذو نقطة وسط.
- أربعة ثنائيات 1N4007
- مواسعان كيميائيان 470µF
- فسر كيفية الحصول على الفولتية الموجبة والفولتية السالبة.



الشكل (8).

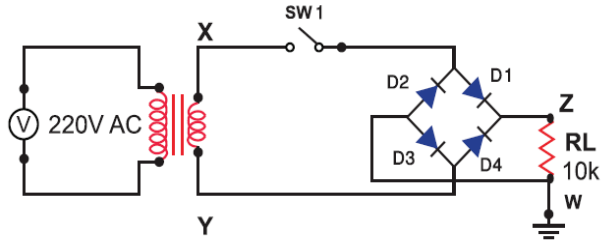
تمرين: (2-8) دارة تقويم موجة كاملة مع دارة تنعيم

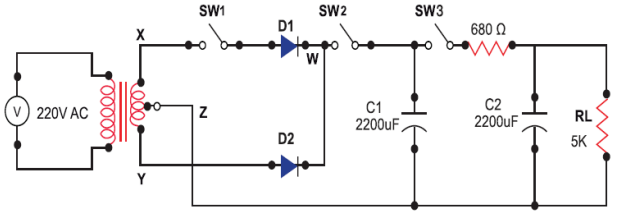
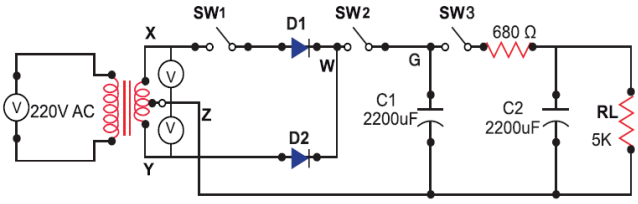
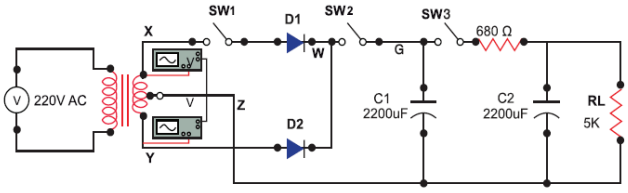
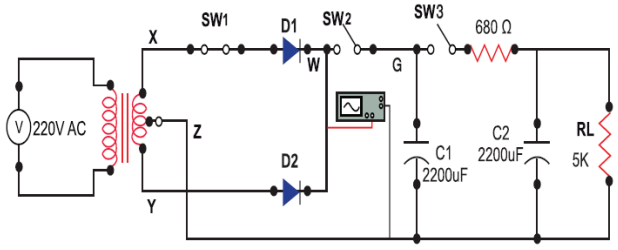
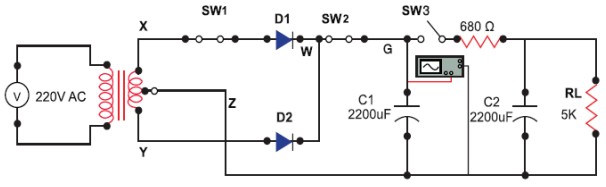
النتاجات

يُتوقَّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

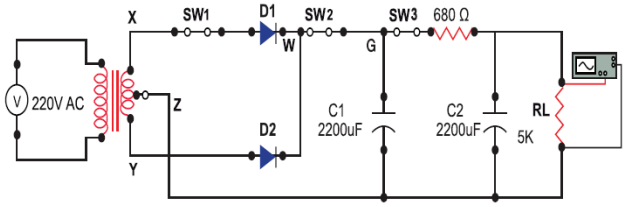
- تبني دارة تقويم موجة كاملة مع دارة تنعيم.
- تقارن بين الإشارات على الدخل والخرج.

متطلبات تنفيذ التمرين	
العدد اليدوية والأدوات	**المواد الأولية**
- جهاز الأفوميتر الرقمي - محول خافض للفولتية (V 220/5) (500mA) - راسم إشارة (قناتان) - كاوي لحام (30-40W) - صندوق العدة	- ثنائي (1N4006) - مقاومة كربونية (10kΩ)، (0.5W) - مواسعان كيميائيان (25V/2200µF) - ثلاثة مفاتيح أحادية - أسلاك ولوحة توصيل - لحام قصدير.

خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1- نفذ الدارة المبيّنة في الشكل (1). أ- وصّل الدارة بمصدر الفولتية المتناوبة. ب- اضبط جهاز الأفوميتر على وضع الفولتية.	 الشكل (1).

جـ- نفذ الدارة المبيّنة في الشكل (2)، ثم وصّل الدارة بمصدر الفولتية المتناوبة.	 الشكل (2).
د- وصّل جهاز الأفوميتر لقياس الفولتية بين النقطتين (X,Y)، والنقطتين (Y,Z)، كما في الشكل (3)، ثم دوّن النتيجة في دفترك.	 الشكل (3).
هـ- وصّل القناة الأولى لجهاز راسم الإشارة لمشاهدة شكل الإشارة بين النقطتين (X,Z)، والنقطتين (Y,Z)، واحسب قيمة التردد والفولتية، كما في الشكل (4)، وارسم شكل الموجة في كل حالة في دفترك.	 الشكل (4).
و- أغلق المفتاح (SW_1)، ثم وصّل القناة الثانية لجهاز راسم الإشارة لمشاهدة شكل الإشارة عند النقطة (W)، واحسب قيمة التردد والفولتية كما في الشكل (5)، وارسم شكل الموجة في دفترك.	 الشكل (5).
ز- أغلق المفتاح (SW2)، ثم وصّل القناة الأولى لجهاز راسم الإشارة لمشاهدة شكل الإشارة عند النقطة (G)، واحسب قيمة التردد والفولتية كما في الشكل (6)، وارسم شكل الموجة في دفترك.	 الشكل (6).

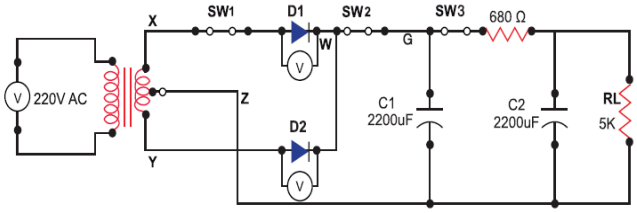
ح- أغلق المفتاح (SW3)، ثم وصّل القناة الثانية لجهاز راسم الإشارة لمشاهدة شكل الإشارة عند طرفي مقاومة الحمل (R_L)، كما في الشكل (7)، واحسب قيمة التردد والفولتية، وارسم شكل الموجة في دفترك.



الشكل (7)

ط- وصّل جهاز الأفوميتر لقياس الفولتية بين طرفي الثنائيين (D_1,D_2)، كما في الشكل (8)، ثم دوّن النتيجة في دفترك.

ي- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين الخطوات جميعها التي نفذتها.



الشكل (8).

2- تقويم التمرين:

أ- ما تأثير المواسع (C1) في شكل الإشارة عند النقطة (G)؟

ب- ما تأثير المواسع (C2) في شكل الإشارة عند مقاومة الحمل (RL)؟

جـ- ما مقدار تردد كل من إشارتي الدخل والخرج؟

د- ما مقدار الفولتية المستمرة على مقاومة الحمل؟

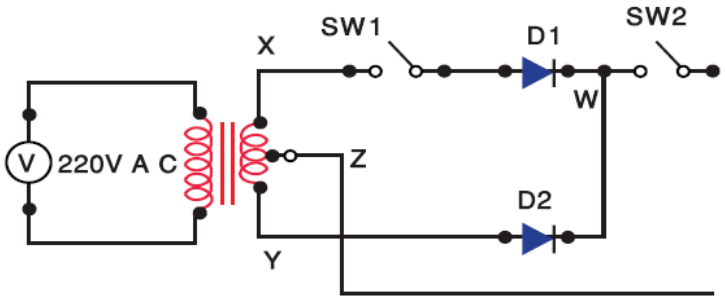
هـ- ما الفرق بين شكل الموجة قبل التنعيم وبعده؟

و- هل تختلف قيم الفولتية المقيسة باستخدام جهاز الأفوميتر، عن تلك المقيسة بجهاز راسم الإشارة؟

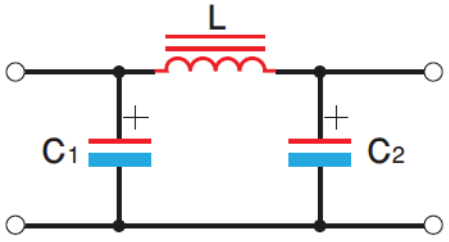
3- نشاط للممارسة:

نفذ التمارين العملية الآتية وحدك أو في مجموعات صغيرة في المشغل، أو حسب توجيهات المعلم:

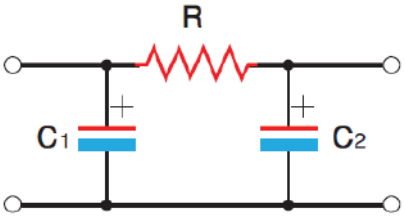
- نفذ الدارة المبيّنة في الشكل (9).
- وصّل مخرج الدارة بدارة التنعيم المبيّنة في الشكل (10).
- كرر الخطوات الواردة في التمرين السادس.
- وصّل مخرج الدارة بدارة التنعيم المبيّنة في الشكل (11).
- كرر الخطوات الواردة في التمرين السادس.
- ما تأثير دارات التنعيم في موجة الخرج؟ وأي الدارتين أفضل؟



الشكل (9).



الشكل (10).



الشكل (11).

$C_{1=}C_{2=}470\mu$، R=680Ω ، L=0.1mH

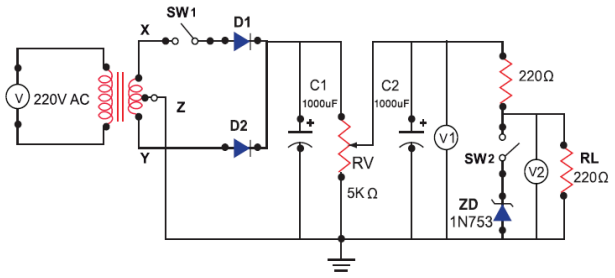
تمرين: (2-9) بناء دارة مثبّت فولتية باستخدام ثنائي زينر

النتاجات

يُتوقَّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تبني دارة مثبت فولتية باستخدام ثنائي زينر.
- تقارن بين الإشارات على الدخل والخرج.

متطلبات تنفيذ التمرين	
العدد اليدوية والأدوات	**المواد الأولية**
- جهاز الأفوميتر الرقمي - محول خافض للفولتية (V 220/5) (500mA) - راسم إشارة (قناتان) - كاوي لحام (30-40W) - صندوق العدة	- ثنائي (1N4006) - ثنائي زينر (1N753,2.6V,400mW) - مقاومة كربونية (5KΩ)، (0.5W) - مقاومة متغيّرة (5KΩ)، (1W) - مواسعان كيميائيان (25V/2200µF) - ثلاثة مفاتيح أحادية - أسلاك ولوحة توصيل - لحام قصدير

خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1- نفذ الدارة المبيّنة في الشكل (1). أ- وصّل الدارة بمصدر الفولتية المتناوبة. ب- اضبط جهاز الأفوميتر على وضع الفولتية. أغلق المفتاح (SW1). جـ- اضبط المقاومة (R_V) على أقل قيمة لها. د- وصّل جهاز الأفوميتر الأول لقياس الفولتية على طرفي المواسع (C_2) ، ودوّن النتيجة في دفترك. هـ- وصّل جهاز الأفوميتر الثاني لقياس الفولتية على طرفي مقاومة الحمل (R_L).	 الشكل (1).

و- غيّر في قيمة المقاومة (R_V) للحصول على الفولتيات المبيّنة في الجدول (1) على طرفي المواسع (C_2).

ز- دوّن قيم الفولتيات على مقاومة الحمل (R_L) في الجدول الآتي.

$V/_{C2}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$V_{/RL}$												

ح- أغلق المفتاح (SW2) لوصل الثنائي في الدارة، كرر الخطوات (c-f).

ط- دوّن قيم الفولتيات على ثنائي زينر (ZD)، كما في الجدول الآتي.

V_{C2}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
V_{ZD}												
$V_{/RL}$												

2- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين الخطوات جميعها التي نفذتها.

3- تقويم التمرين:

أ- ما مقدار الفولتية التي تثبت عندها الفولتية على ثنائي زينر؟

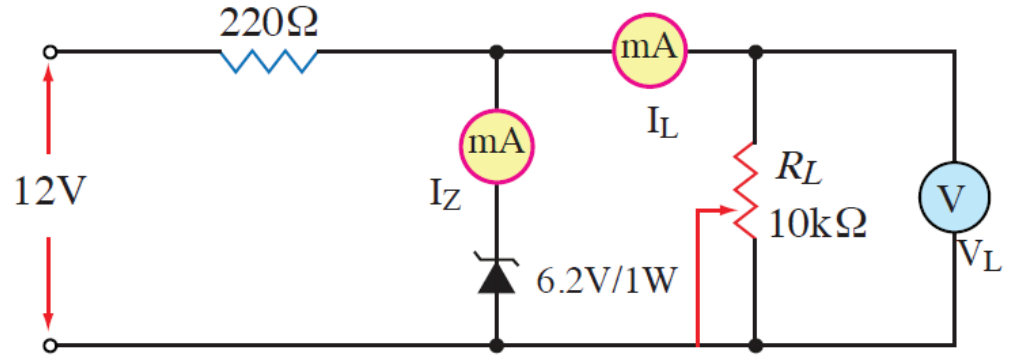
ب- ما تأثير توصيل ثنائي زينر في الدارة؟

جـ- لماذا تستخدم المقاومة (220Ω) في الدارة؟

د- قارن بين قيم الفولتية المقيسة بين طرفي المقاومة (RL) قبل توصيل ثنائي زينر وبعده.

4- نشاط للممارسة:

نفذ التمرين العملي المبيّن في الشكل (2)، الذي يمثل دارة منظم زينر مع تغيّر الحمل، ثم قس فولتية الخرج مع تغيير مقاومة الحمل، كما هو مبيّن في الجدول التالي، ثم دوّن قيم (I_L, I_Z, V_L):



الشكل (2).

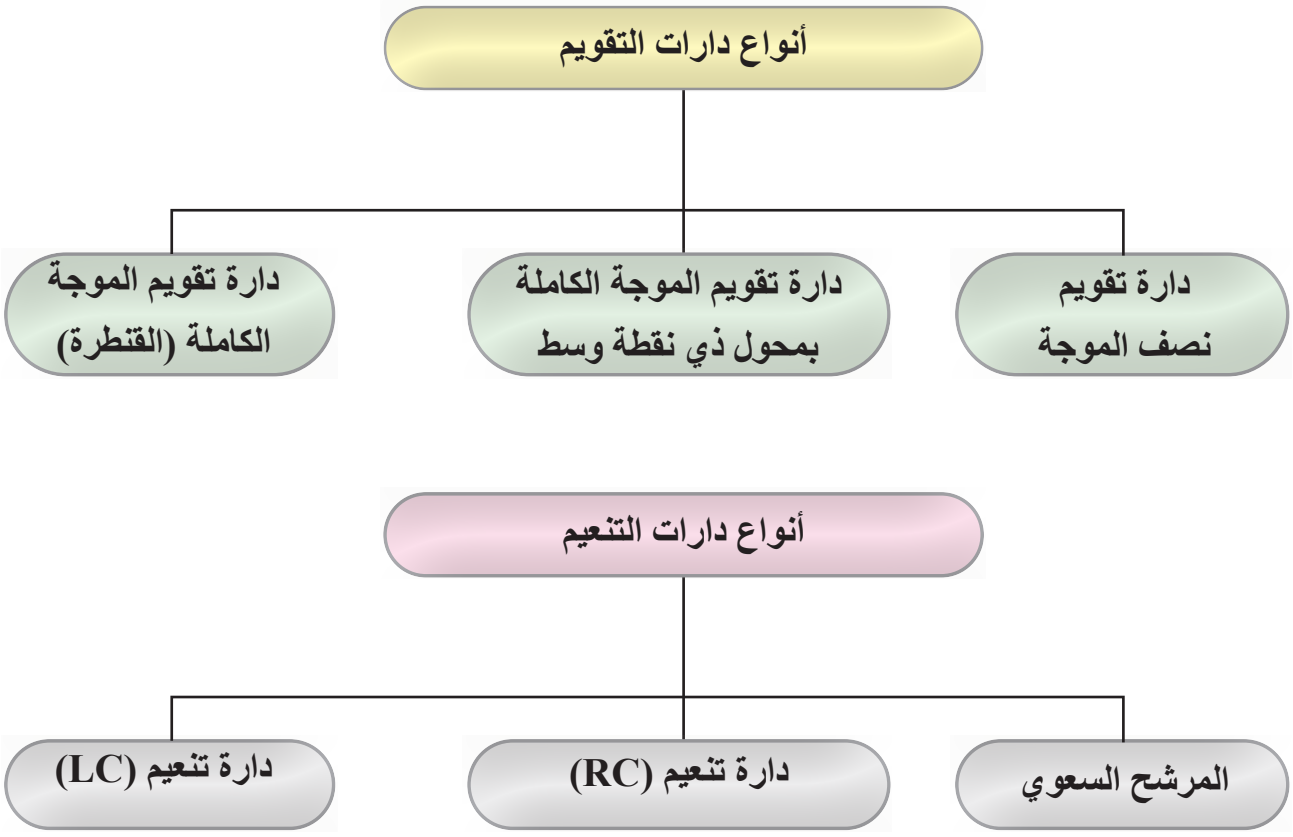
R_L	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	kΩ
I_L											mA
I_Z											mA
V_L											V

- ارسم العلاقة بين (R_L, V_L)

ماذا تستنتج؟

التقويم الذاتي (النقاط الحاكمة)

الرقم	خطوات الأداء	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	أبني دارة تقويم نصف الموجة باستخدام الثنائي.			
2	أبني دارة تقويم موجة كاملة باستخدام ثنائيتين ومحول ذونقطة وسط.			
3	أبني دارة تقويم (قنطرة) باستخدام أربع ثنائيات.			
4	أبني دارة تقويم موجة كاملة مع دارة تنعيم.			
5	أبني دارة تقويم موجة كاملة مع مثبت فولتية باستخدام ثنائي زينر.			
6	أقارن بين الإشارات على مدخل ومخرج دارات التقويم.			


أنواع دارات التقويم
دارة تقويم نصف الموجة
دارة تقويم الموجة الكاملة بمحول ذي نقطة وسط
دارة تقويم الموجة الكاملة (القنطرة)
أنواع دارات التنعيم
المرشح السعوي
دارة تنعيم (RC)
دارة تنعيم (LC)

ثالثًا: الترانزستورات

النتاجات

يتوقع منك بعد دراسة هذا الدرس أن :

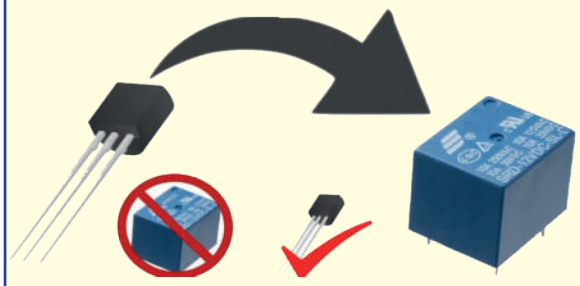
تتعرف أنواع الترانزستورات المختلفة.

تميز التركيب الداخلي لأنواع الترانزستورات المختلفة

- توضح أهمية الترانزستورات.
- تبني دارة مفتاح إلكتروني باستخدام ترانزستور ثنائي القطبية.
- تحدد أطراف الترانزستورات باستخدام كتيب البدائل.
- تفحص صلاحية الترانزستورات باستخدام الأفوميتر وجهاز فحص الترانزستورات.

انظر وتساءل

كانت لوحات التحكم الكهربائي قديمًا تقتصر على استخدام المرحلات الكهروميكانيكية، وكانت هذه الأجهزة بطيئة الاستجابة، كما أنها تحتاج إلى صيانة منتظمة للأجزاء المتحركة، وتحتاج إلى معايرة من مدة إلى أخرى لضمان دقة العمل، وكانت اللوحات الكهربائية تشغل حيزًا كبيرًا انظر الشكل (2-32).



الشكل (2-32).

استكشف

- ما العنصر الذي قلب كل المفاهيم عن التحكم الكهربائي وحوَّل لوحات التحكم الضخمة إلى بوردات رشيقة صامتة وموفرة للطاقة الكهربائية؟

اقرأ وتعلّم

يعد الترانزستور أهم عناصر أشباه الموصلات التي اكتشفت في العصر الحديث، حيث يُعد الأساس في تطور علم الإلكترونيات، ويستخدم الترانزستور عمومًا في لوحات التحكم ومضخمات الإشارة الكهربائية والمفاتيح الإلكترونية المختلفة، وقد ساعدت عوامل عدة مثل صغر حجمه، وسهولة تصنيعه، وقلة تكاليفه واستهلاكه القليل للطاقة الكهربائية على انتشاره انتشارًا كبيرًا.

وقد استمد أهميته من قدرته على معالجة الإشارات الصغيرة، التي توضع على مدخله، وتنتج إشارات مكبّرة على مخرجه، وتسمى هذه الخاصية نسبة التكبير، Gain(h) أو تضخيم الإشارة، ويمكن أيضًا استخدام الترانزستور مفتاحًا لفتح الدارات الكهربائية وإغلاقها والتحكم فيها.

1- أنواع الترانزستورات

تصنف الترانزستورات إلى الأنواع الرئيسة الآتية:

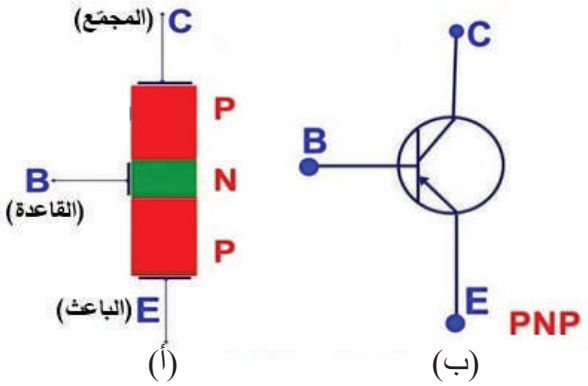
أ- الترانزستور ثنائي الوصلة (Bipolar Junction Transistor: BJT)

يُعدّ الترانزستور ثنائي الوصلة من أشهر أنواع الترانزستورات، ويتكون من بلورة شبه موصلة من الجرمانيوم أو السيليكون مقسمة ثلاث مناطق مطعمة بأنواع مختلفة من الشوائب، وهناك نوعان من الترانزستورات ثنائية الوصلة، وهما:

1. ترانزستور (PNP): ترانزستور (Positive-Negative-Positive Transistor: PNP).

يتكون من منطقتين من نوع (P) مفصولتين بمنطقة من نوع (N)، ويبيّن الشكل (2-33):

أ. تركيبه. ب- رمزه.

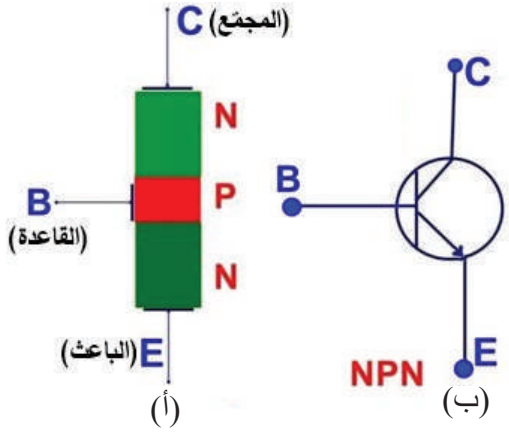


الشكل (2-33).

2. ترانزستور (NPN): ترانزستور (**N**egative-**P**ositive-**N**egative Transistor: **NPN**).

يتكون من منطقتين من نوع (**N**) مفصولتين ب منطقة من نوع (**P**)، ويبيّن الشكل (2-34):

أ- تركيبه، ب- رمزه.



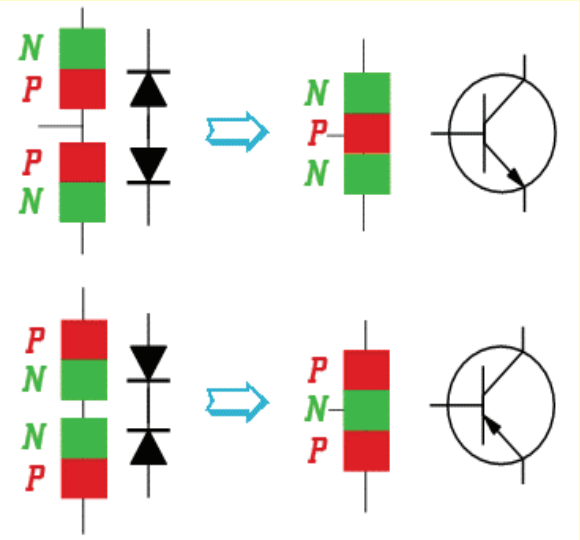
الشكل (2-34).

ابحث

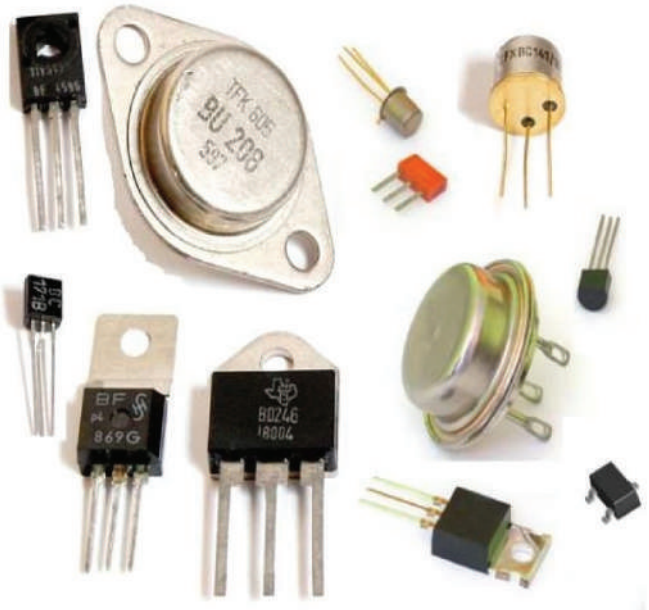
ما مبدأ عمل الترانزستور ثنائي الوصلة BJT؟

تذكر

الترانزستور يشبه زوجًا من الثنائيات فيه وصلتان من نوع (PN) دُمِجتا معًا كما هو مبيّن في الشكل المجاور.



حجم الترانزستور صغير جدًّا، ويوضع داخل حافظة من البلاستيك أو المعدن محكمة الإغلاق؛ لكيلا يتعرض للرطوبة والعوامل الجوية الأخرى، ويبين الشكل (2-35) الأشكال الشائعة للترانزستورات، كما يجب أخذ الاحتياطيات اللازمة لخفض درجة حرارة الترانزستور في أثناء التشغيل.



الشكل (2-35).

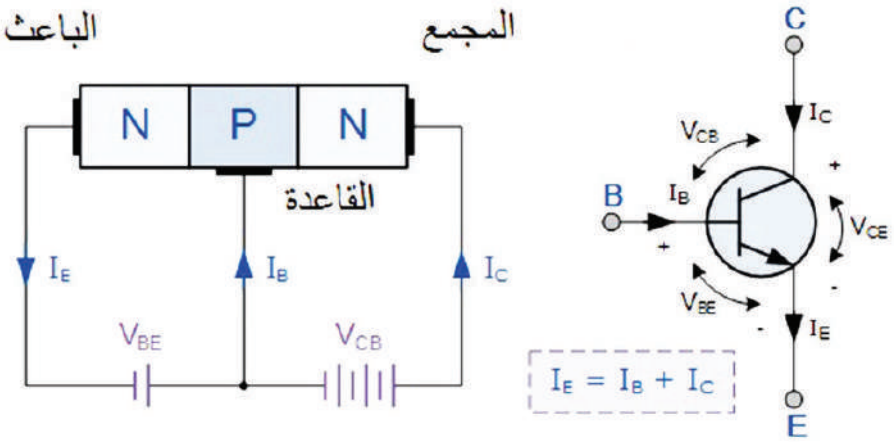
2- انحياز الترانزستور

لكي يعمل الترانزستور مفتاحًا إلكترونيًّا أو مضخمًا يجب أن تكون وصلتا (PN) منحازتين بطريقة صحيحة بوساطة مصدر فولتية تيار مباشر خارجي. تحتاج إلى مصدرَي الفولتية لتحقيق الانحياز اللازم للترانزستور، كما هو مبين في الشكل (2-36) الذي يظهر فيه ثنائي من نوع (NPN). يوصل مصدر الفولتية الأول بين القاعدة والباعث؛ بحيث تكون هذه الوصلة منحازة أماميًّا، ما يؤدي إلى سريان التيار من القاعدة إلى الباعث. في حين يوصل مصدر الفولتية الثاني بين القاعدة والمجمع، بحيث تكون هذه الوصلة منحازة عكسيًّا، ما يؤدي إلى سريان التيار من المجمع إلى الباعث. وعليه، فإن تيار الباعث يساوي مجموع تياري المجمع والقاعدة، أي أن:

$$I_E = I_C + I_B$$

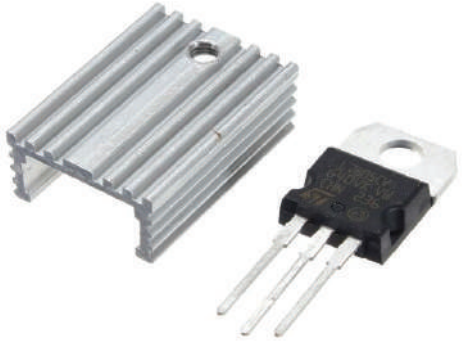
حيث:

I_E: تيار الباعث، I_C: تيار المجمع، I_B: تيار القاعدة



الشكل (2-36).

فكّر: . تركّب بعض الترانزستورات على مبردات معدنية من الألمنيوم (Heat Sinks)، كما في الشكل المجاور، بيّن فائدة هذه المبردات.

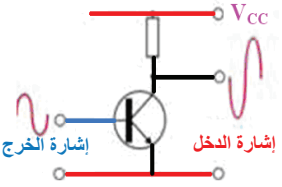
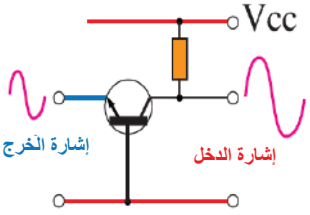
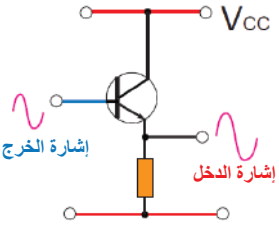


3- الدارات الأساسية لتوصيل الترانزستور

للترانزستور ثلاثة أطراف: (باعث، وقاعدة، ومجمع)؛ لذا هناك ثلاث طرائق لتوصيله، ويبين الجدول (1-2) هذه الطرائق ومزاياها.

القاعدة المُشتركة، والباعث المشترك، والمُجمّع المُشترك، ولكل وصلة خصائص مختلفة عن الأخرى، لكن أكثرها استعمالًا هي الباعث المشترك.

الجدول (2-1): طرائق توصيل الترانزستور وميزاياها.

	دارة الباعث المشترك CE: (Common Emitter)	دارة القاعدة المشتركة CB: (Common Base)	دارة المجمع المشترك CC: (Common Collector)
مدخل الإشارة ومخرجها			
مقاومة دخل	متوسطة	منخفضة	عالية
مقاومة خرج	متوسطة	عالية	منخفضة
تضخيم الفولتية	عالٍ	عالٍ	أقل من واحد
تضخيم التيار	عالٍ	أقل من واحد	عالٍ
تضخيم القدرة	عالٍ	متوسط	متوسط
فرق في الطور	180^0	0	0

4- مناطق عمل الترانزستور ثنائي الوصلة

يعمل الترانزستور في أي لحظة زمنية في إحدى مناطق التشغيل الثلاث الآتية:

أ- المنطقة الفعالة (Active Region)

في هذه المنطقة تكون وصلة القاعدة- الباعث منحازة انحيازًا أماميًّا، ووصلة القاعدة – المجمع منحازة انحيازًا عكسيًّا، ويعمل الترانزستور في هذه المنطقة مضخمًا للإشارات.

ب- منطقة القطع (Cut- Off Region)

في هذه المنطقة تكون كل من وصلة القاعدة - الباعث منحازة انحيازًا عكسيًّا، ووصله وصلة القاعدة - المجمع منحازة انحيازًا عكسيًّا، ويحدث ذلك عندما يساوي تيار القاعدة صفرًا. والترانزستور في حالة القطع يكافئ مفتاحًا في حالة الفصل (OFF).

جـ منطقة التشبع (Saturation Region)

في هذه المنطقة تكون كل من وصلة القاعدة - المجمع منحازة انحيازًا أماميًّا، ووصلة القاعدة - الباعث منحازة انحيازًا أماميًّا أيضًا. والترانزستور في حالة التشبع يكافئ مفتاحًا في حالة الوصل (ON).

ابحث

مُستخدمًا الإنترنت ومكتبة مدرستك، اجمع معلومات عن طرائق فحص الترانزستور والحكم على صلاحيته، ثم ناقش زملاءك في ذلك.

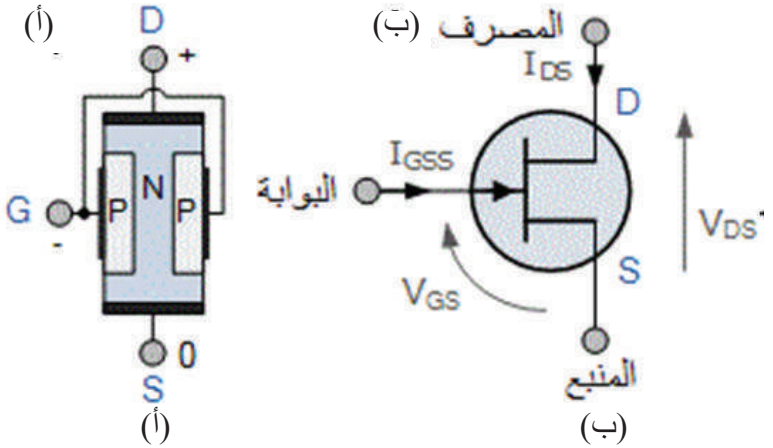
5- ترانزستور تأثير المجال (Field Effect Transistor: FET)

ترانزستور تأثير المجال هو عنصر ذو ثلاثة أطراف، هي: المنبع (Source) والمصرف (Drain)، والبوابة (Gate)، وإن الفولتية المطبقة على البوابة هي التي تتحكم بالتيار بين المنبع والمصرف، يمتاز ترانزستور تأثير المجال بأنه أحادي القطبية، أي أن حاملات الشحنة فيه من نوع واحد، وهي الفجوات في ترانزستور تأثير المجال ذي القناة الموجبة (P- Channel)، والإلكترونات في ترانزستور تأثير المجال ذي القناة السالبة (N-Channel)، وهناك نوعان من هذا الترانزستور، هما:

أ- ترانزستور تأثير المجال ذو الوصلة (Junction Field Effect Transistor: JFET)

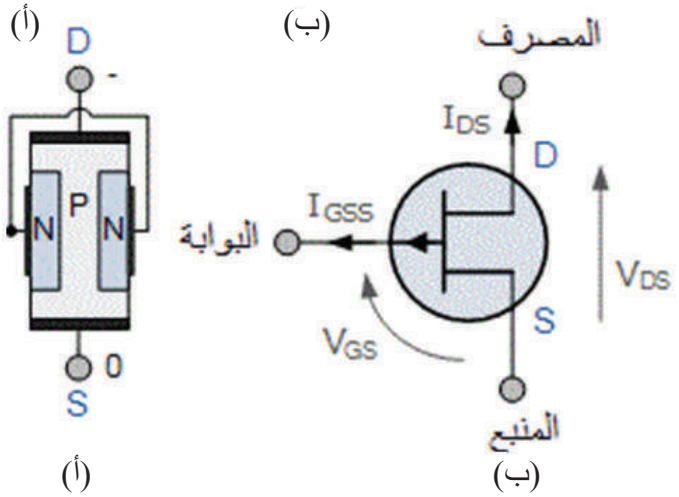
هناك صنفان رئيسان من ترانزستور (JFET)، وذلك حسب تكوين الترانزستورات

1. **ترانزستور ذو القناة السالبة (N-channel JFET):** ويبيّن الشكل (2-37)، (أ) التركيب الأساسي للترانزستور ذي القناة السالبة (N-channel JFET) و(ب) رمزه، الذي يتكون من مادة شبه موصله من النوع (N) منتشرة في وسطها وعلى الطرف بعمق معين مادة من النوع (p)؛ لتكوين قناة ضمن المادة (N)، وعليه، تتشكل وصلة ثنائية بين مادة القناة (N) المصرف والمادة (p) البوابة.



الشكل (2-37).

2. ترانزستور ذو القناة الموجبة (P-channel JFET): أما الشكل (2-38) (أ)، فيبيّن الأساسي للترانزستور ذي القناة الموجبة (P-channel JFET) و(ب) رمزه، الذي يتكون من مادة شبه موصله من النوع (p) منتشرة في وسطها وعلى الطرف بعمق معين مادة من النوع (N)؛ لتكوين قناة ضمن المادة (p)، وعليه، تتشكل وصلة ثنائية بين مادة القناة (p) المصرف، والمادة (N) البوابة.



الشكل (2-38).

وللترانزستور تأثير المجال أطراف، هي:

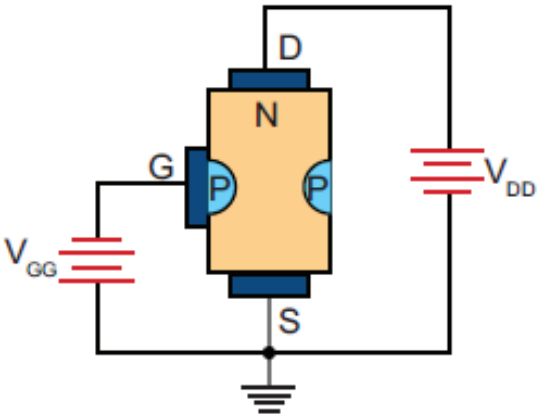
أ. المنبع (Source: S): هو الطرف الذي تدخل عبر حاملات الشحنة الغالبية (الإلكترونات في حالة الترانزستور ذي القناة (N)، والفجوات في حالة الترانزستور ذي القناة (p) مكونة بذلك تيار المنبع (Source Current) الذي يرمز إليه بالرمز (Is)، ويناظر طرف المنبع (S) في الترانزستور أحادي القطبية طرف الباعث (E) في الترانزستور ثنائي القطبية.

ب. المصرف (Drain: D): هو الطرف الذي تخرج عبره حاملات الشحنة الغالبية مكونة بذلك تيار المصرف (Drain Current) الذي يرمز إليه بالرمز (I_D)، ويناظر طرف المصرف (D) في الترانزستور أحادي القطبية طرف المجمع (C) في الترانزستور ثنائي القطبية.

جـ. البوابة (Gate: G): هي المنطقتان الجانبيتان، وتتميز بتركيز عالٍ للشوائب، ويناظر البوابة (G) في الترانزستور أحادي القطبية طرف القاعدة (B) في الترانزستور ثنائي القطبية.

ويبين الشكل (2-39) فولتيات الانحياز اللازمة لعمل الترانزستور تأثير المجال ذي القناة السالبة (N-channel)، حيث يؤمن مصدر الفولتية (V_{DD}) فولتية الانحياز بين طرفي (المنبع–المصرف)، في حين يؤمن مصدر الفولتية (V_{GG}) فولتية الانحياز العكسي للوصلة بين البوابة (p) والمنبع (N).

تؤدي الفولتية السالبة المطبقة على البوابة إلى توليد منطقة استنزاف عالية في القناة، فيتم التحكم في عرض القناة فيقل عرض القناة كلما زادت هذه الفولتية، وعليه، تزداد مقاومتها لتيار المصرف (I_D)، أي أن تيار المصرف المار عبر القناة يتم التحكم فيه بمقدار الانحياز العكسي المطبق على وصلة البوابة، يمكن زيادة فولتية البوابة حتى تغطي منطقة الاستنزاف القناة بأكملها، وعليه، يتوقف جريان التيار عبر القناة.



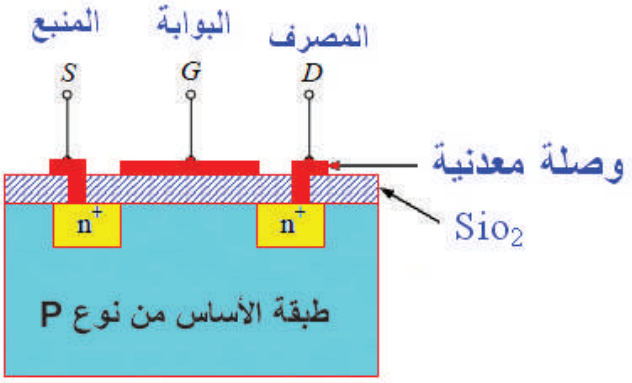
الشكل (2-39): تركيب الترانزستور ذي القناة السالبة.

يمتاز الترانزستور(JFET) بارتفاع مقاومة الدخل له، وبإمكانية تغذيته من مصادر ذات فولتية عالية، ومصادر ذات فولتية منخفضة، ويعمل الترانزستور (JFET) دائمًا في أثناء وجود الوصلة بين البوابة والمنبع في الانحياز العكسي.

ب-ترانزستور تأثير المجال نوع الأكسيد المعدني (Metal Oxide Semiconductor FET:MOSFET)

وهو نوع آخر من ترانزستورات تأثير المجال، وقد يكون ذا قناة سالبة، أو ذا قناة موجبة، وهناك نوعان من هذا الترانزستور حسب طريقة التصنيع: تعزيزي واستنزافي، ويبيّن الشكل (2-40) ترانزستور بقناة سالبة نوع تعزيزي، حيث إن طبقة الأساس موجبة وتكون نسبة التطعيم فيها منخفضة، في حين توجد فيها قطعتان سالبتان بنسبة تطعيم عالية من نوع (n+)، وهما بمنزلة منبع ومصرف وبينهما مسافة صغيرة.

بعد وضع هاتين القطعتين في طبقة الأساس، يغطى السطح بطبقة رقيقة عازلة من ثاني أكسيد السيليكون (S_iO_2) ثم توصل وصلتان معدنيتان بالمنبع والمصرف، وتغطى الطبقة العازلة فوق القناة بطبقة موصلة تعمل عمل البوابة.



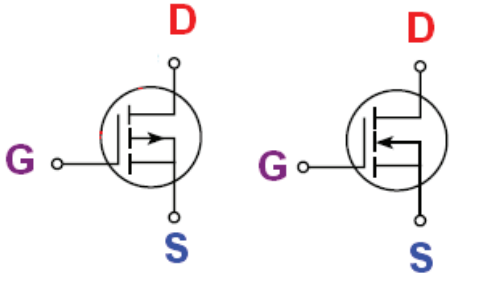
الشكل (2-40): ترانزستور بقناة سالبة تعزيزي (MOSFET).

تكون المقاومة بين المنبع والمصرف عالية عندما لا توجد فولتية على البوابة، وتتكون سعة بين البوابة والقناة المعزولتين عن بعضهما بطبقة الأكسيد. فإذا وُصِّلت طبقة الأساس بأرضية الجهاز وطبّقت فولتية موجبة على البوابة، يتولد مجال كهربائي خلال الطبقة العازلة، يؤدي إلى تولد شحنات سالبة تتناسب تناسبًا طرديًّا وقيمة الفولتية على البوابة، وينتج من ذلك زيادة عدد الإلكترونات حاملة الشحنة في طبقة الأساس، فتزداد موصلية المادة بين المنبع والمصرف، ما يؤدي إلى تشكيل قناة بينهما. تلاحظ مما سبق أن زيادة الفولتية الموجبة على البوابة تعزز التيار، ومن هنا جاءت تسميته النوع التعزيزي.

توصل ترانزستورات تأثير المجال في الدارات الإلكترونية بثلاث طرائق: بوابة مشتركة، ومصرف مشترك (تابع المنبع)، ومنبع مشترك. وتمتاز هذه الترانزستورات بما يأتي:

- تعتمد على نوع واحد من حاملات الشحنة.
- البوابة معزولة عن المنبع والمصرف، لذلك يكون تيار الدخل فيها صغيرًا جدًّا.
- مقاومة الدخل لها عالية جدًّا.
- تصنيعها أسهل من الترانزستورات ثنائية الوصلة.
- يستخدم بعض أنواعها مفتاحًا في الدارات المتكاملة؛ لأنها لا توصل إلا في حالة الانحياز الأمامي.
- المساحة التي تحتاج إليها لتصنيعها صغيرة جدًّا.
- مستوى الضجيج فيها منخفض أكثر منه في الترانزستورات ثنائية الوصلة.
- لا تتأثر بالحرارة مثل الترانزستورات ثنائية الوصلة.

ويبين الشكل (2-41) رموز الترانزستور (MOSFET).



الشكل(2-41): رموز الترانزستور (MOSFET).

6- تطبيقات الترانزستور

يستخدم الترانزستور في تطبيقات عديدة، من أهمها:

أ- استخدام الترانزستور مُضخم للإشارة (Amplifier)

الاستخدام الرئيس الذي من أجله اختُرع الترانزستور هو تضخيم الإشارات الكهربائية المستخدمة في الأجهزة الإلكترونية، والمضخم دارة إلكترونية تضخم إشارة الدخل الضعيفة للحصول على إشارة خرج مضخمة، وتعد الدارة الإلكترونية مُضخِّمًا إذا كانت قدرة خرجها أكبر من قدرة دخلها، وينطبق ذلك على الفولتية والتيار، ويبين الشكل (2-42) وظيفة المضخم.

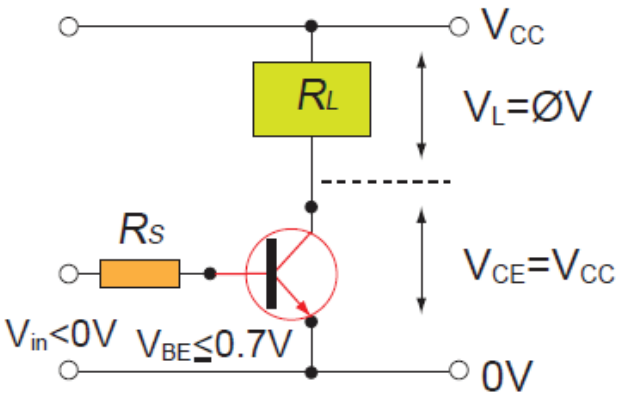
الشكل (2-42): وظيفة المضخم.

لا يمكن للترانزستور أن يضخم بمفرده، بل يحتاج إلى تثبيته في دارة إلكترونية تحتوي مكونات أخرى كالمقاومات والمواسعات والملفات وغيرها؛ لتساعده على أداء هذه الوظيفة، وذلك بعد تزويد الدارة الإلكترونية بالطاقة الكهربائية اللازمة.

ب- استخدام الترانزستور مفتاحًا إلكترونيًّا:

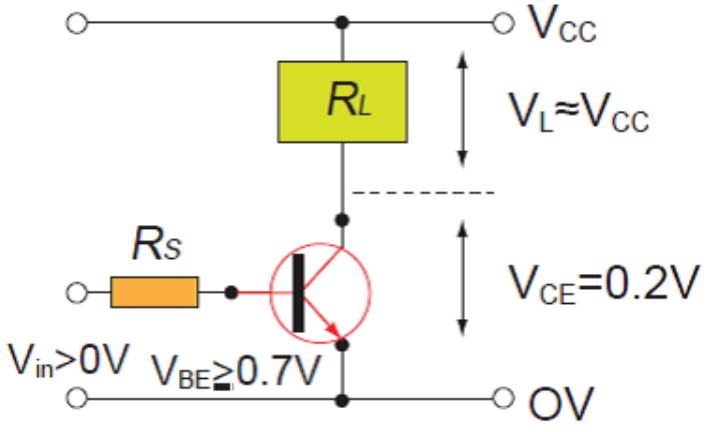
عند عمل الترانزستور في منطقتي القطع والتشبع، فإنه يعمل مفتاحًا يصل دارات الأحمال الكهربائية ويفصلها، وفي ما يأتي شرح لعمل الترانزستور مفتاحًا (على افتراض أن الترانزستور مصنوع من السيليكون):

1. **في حالة القطع:** يبين الشكل (2-43) دارة مفتاح ترانزستوري في حالة القطع (OFF)، مُلاحِظًا أن فولتية الدخل (V_{in}) تساوي صفرًا أو أقل إلى الحد الذي لا يسمح بمرور تيار في دارة القاعدة للترانزستور (كما تساوي قيمة تيار القاعدة (I_B) صفرًا)، وفولتية المجمع تساوي فولتية المصدر (V_{CC})، وعليه، تساوي قيمة الفولتية بين طرفي الحمل (V_L) صفرًا.



الشكل (2-43): دارة مفتاح ترانزستوري في حالة القطع.

2. في حالة الوصل: عند تطبيق فولتية الدخل (V_{in}) كما في الشكل (2-44) يسري تيار في دارة القاعدة للترانزستور، ويتحول الترانزستور من حالة التوصيل إلى حالة التشبع، ما يؤدي إلى انخفاض فولتية المجمع إلى قيمة صغيرة جدًّا تصبح عندها فولتية المصدر (V_{CC}) مطبقة بالكامل على الحمل وعليه، يسري تيار المجمع (I_c) عبر الحمل.



الشكل(2-44): دارة مفتاح ترانزستوري في حالة التوصيل.

مُستخدِمًا الإنترنت ومكتبة مدرستك، اجمع معلومات عن كيفية قراءة الكتابات والرموز الموجودة على الغلاف الخارجي للترانزستور ودلالات هذه الرموز وبدائل الترانزستورات من كتّيب بدائل الترانزستور، ثم ناقش زملاءك في ذلك.

القياس والتقويم

1- ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:

(1) تمتاز توصيلة القاعدة المشتركة للترانزستور ثنائي الوصلة بـ:

أ - مقاومة دخل عالية. ب- فرق في الطور بين الخرج والدخل مقداره 180°.

جـ- معامل تضخيم عالٍ للتيار. د - معامل تضخيم عالي الفولتية.

(2) تمتاز توصيلة المجمع المشترك للترانزستور ثنائي الوصلة بـ:

أ - مقاومة دخل عالية. ب- مقاومة خرج عالية.

جـ- تضخيم عالي الفولتية. د - تضخيم منخفض للتيار.

(3) يتم التحكم في عرض القناة في الترانزستور (JFET) بوساطة التحكم في:

أ - فولتية المنبع. ب- فولتية البوابة.

جـ- فولتية المصرف. د - نوع المادة شبه الموصلة.

(4) يعمل ترانزستور تأثير المجال نوع الأكسيد المعدني التعزيزي عند تغذية البوابة بفولتية:

أ - موجبة. ب- سالبة.

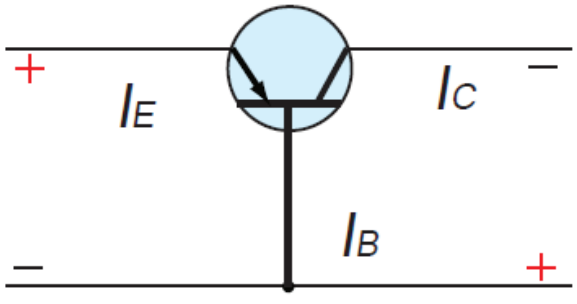
جـ- موجبة أو سالبة. د - متناوبة.

2- اشرح مبدأ عمل الترانزستور ثنائي الوصلة نوع (PNP)، وارسم رمزه.

3- ارسم التوصيلات الثلاثة للترانزستور ثنائي الوصلة، واذكر مزايا كل منها.

4- اشرح مبدأ عمل ترانزستور تأثير المجال ذي الوصلة (JFET) مُوضِّحًا إجاباتك بالرسم.

5- حدد مسار التيار للترانزستور المبيّن في الشكل الآتي.



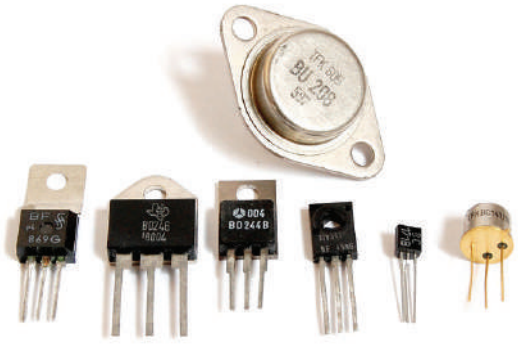
تمرين: (2-10) تعرف أنواع الترانزستورات

النتاجات

يُتوقَّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تتعرف أشكال الترانزستورات المختلفة وأنواعها.
- تحدد مدلولات العلامات والأرقام والحروف الموجودة على جسم الترانزستور.
- تحدد البدائل المكافئة باستخدام كتيب البدائل للترانزستور.

متطلبات تنفيذ التمرين	
العدد اليدوية والأدوات	**المواد الأولية**
- جهاز الأفوميتر الرقمي - صندوق العدة	- ترانزستورات مختلفة الأنواع والأحجام والأشكال. - كتيب بدائل الترانزستورات (إصدار حديث).

خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1- تفحص الترانزستورات: أ- تفحص الترانزستورات المتوافرة في مشغلك. ب- افحص مجموعة الترانزستورات التي أمامك وميز بينها من حيث النوع والشكل والحجم والرموز الموجودة عليها، كما هو مبيّن في الشكل (1).	 الشكل (1).

2- املأ الجدول الآتي الآتي:

رموز الترانزستورات وأرقامها.

رقم الترانزستور	شكل الترانزستور	الرموز والأرقام	الملاحظات

3- املأ الجدول الآتي مُستعينًا بالترانزستورات وكتيب البدائل.

مواصفات الترانزستورات باستخدام كتيب البدائل.

الرقم	الرمز	النوع	المادة المصنوع منها	المواصفات				الاستخدام	شكل توزيع الأطراف	البدائل
				الفولتية	التيار	القدرة	التردد			

4- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين الخطوات جميعها التي نفذتها.

5- تقويم التمرين:

أ- هل يمكن تحديد نوع الترانزستور بالمشاهدة؟

ب- كيف تستطيع تمييز الترانزستور العادي من ترانزستور القدرة؟

جـ- بيّن مدلولات الرموز الآتية المستخدمة في سلاسل الترانزستورات:

2N ، 2SA ، 2SB ، AD ، BC ، 2SK

د- استخرج من كتيب البدائل بدائل الترانزستورات الآتية:

BUY51 ، 2SC1454 ، BC309 ، BD136 ، BF224 ، A1175 ، 2N222 ، A9451
DK11 ، BU126 ، BSX70

هـ- ما الفرق بين الترانزستورات الآتية مُوضِّحًا ذلك بالتفصيل:

BU206A ، BU208D

BU508 ، BU508D

6- تمارين للممارسة:

نفذ التمارين العملية الآتية وحدك أو في مجموعات صغيرة في المشغل، أو حسب توجيهات المعلم:

- احضر لوحًا مطبوعًا مثبتًا عليه ترانزستورات متنوعة، ثم نفذ ما يأتي:

- فُكَّ جميع الترانزستورات المثبتة على اللوح باستخدام العدد المناسبة.

- تفحّص الترانزستورات التي فككتها، وباستخدام كتيب بدائل الترانزستورات املأ الجدول الآتي:

مواصفات الترانزستورات باستخدام كتيب البدائل.

رقم الترانزستور	الرمز والأرقام	النوع	الشكل	الاستخدام	البدائل	الملاحظات

تمرين: (2-11) فحص الترانزستورات وتحديد أطرافها

النتاجات

يُتوقَّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تحدد أطراف الترانزستور.
- تفحص الترانزستور وتحدد صلاحيته.

متطلبات تنفيذ التمرين	
العدد اليدوية والأدوات	**المواد الأولية**
- جهاز الأفوميتر الرقمي - جهاز فاحص الترانزستورات. - كاوي لحام (30-40W) - صندوق العدة	- ترانزستورات مختلفة الأنواع والأحجام والأشكال. - كتيب بدائل الترانزستورات (إصدار حديث). - بكرة لحام
خطوات الأداء	**الرسومات التوضيحية**
1- تفحّص الترانزستورات المتوافرة في مشغلك: أ- افحص مجموعة الترانزستورات التي أمامك وميز بينها من حيث النوع والشكل والحجم والرموز الموجودة عليها. ب-مُستعينًا بكتيب البدائل، والترانزستورات المبيّنة في الشكل (1) وضح ما يأتي: 1. نوع الترانزستور. 2. توزيع الأطراف (القاعدة، والمجمع، والباعث).	 الشكل (1).

2- فحص ترانزستور نوع (NPN) باستخدام جهاز الأفوميتر على وضع قياس الثنائي : أ- وصّل الطرف الأحمر الذي يمثل القطب الموجب بالقاعدة، والطرف الأسود الذي يمثل القطب السالب بالباعث، كما في الشكل (2)، ثم دوّن قيمة قراءة الجهاز في دفترك.	 الشكل (2).
ب- وصّل الطرف الأسود الذي يمثل القطب السالب بالقاعدة، والطرف الأحمر الذي يمثل القطب الموجب بالباعث، كما في الشكل (3)، ثم دوّن قيمة قراءة الجهاز في دفترك.	 الشكل (3).
جـ- وصّل الطرف الأسود الذي يمثل القطب السالب بالمجمع، والطرف الأحمر الذي يمثل القطب الموجب بالقاعدة، كما في الشكل (4)، ثم دوّن قيمة قراءة الجهاز في دفترك.	 الشكل (4).

د- وصّل الطرف الأسود الذي يمثل القطب السالب مع القاعدة، والطرف الأحمر الذي يمثل القطب الموجب بالمجمع، كما في الشكل(5)، ثم دوّن قيمة قراءة الجهاز في دفترك.	 الشكل (5).
هـ- وصّل الطرف الأسود الذي يمثل القطب السالب بالمجمع، والطرف الأحمر الذي يمثل القطب الموجب بالباعث، كما في الشكل (6)، ثم دوّن قيمة قراءة الجهاز في دفترك.	 الشكل (6).
و- وصّل الطرف الأسود الذي يمثل القطب السالب بالباعث، والطرف الأحمر الذي يمثل القطب الموجب بالمجمع، كما في الشكل (7)، ثم دوّن قيمة قراءة الجهاز في دفترك.	 الشكل (7).

3- فحص ترانزستور نوع (PNP) باستخدام جهاز الأفوميتر على وضع قياس الثنائي ⊣▶⊢، كما في الشكل (8): - كرر الخطوات المبنية في الأشكال (أ-و) لفحص ترانزستور نوع (PNP) باستخدام جهاز الأفوميتر على وضع قياس الثنائي ⊣▶⊢.	 الشكل (8).
4- فحص ترانزستور نوع (NPN) باستخدام جهاز الأفوميتر على وضع المقاومة (Ω)، كما في الشكل (9): - كرر الخطوات المبنية في الأشكال (أ-و)؛ لفحص ترانزستور(NPN) باستخدام جهاز الأفوميتر على وضع المقاومة (Ω).	 الشكل (9).
5- فحص ترانزستور نوع (PNP) باستخدام جهاز الأفوميتر على وضع المقاومة (Ω)، كما في الشكل (10): - كرر الخطوات المبنية في الأشكال (أ-و)؛ لفحص ترانزستور نوع (PNP) باستخدام جهاز الأفوميترعلى وضع المقاومة (Ω).	 الشكل (10).

6- افحص الترانزستور باستخدام جهاز فاحص الترانزستورات كما في الشكل (11):

باستخدام جهاز فاحص الترانزستور المتوافر في مشغلك، الشكل (11) يبيّن أحد أنواع الأجهزة مُستعينًا بكتيب الجهاز.

أ- افحص الترانزستورات التي بحوزتك، وأحضر لوحًا مطبوعًا مثبتًا عليه مجموعة من الترانزستورات، ثم افحصها وهي مثبتة باستخدام الجهاز، وقارن نتائج الفحص بالخطوة السابقة.

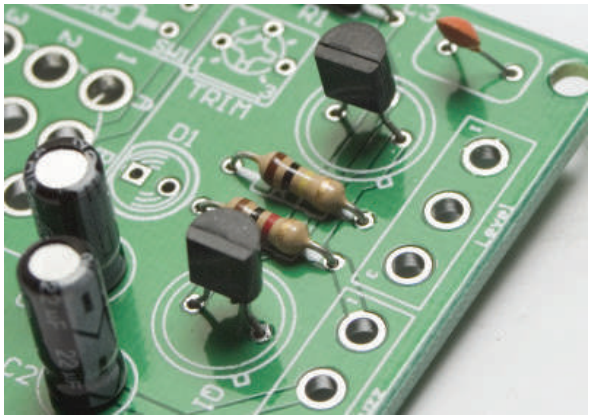
الشكل (11).

ب- احضر لوحة إلكترونية مطبوعة (PCB)، كما في الشكل (12)، ثم نفذ ما يأتي:

جـ- حدد مواضع الترانزستورات وفكها باستخدام كاوي اللحام وشفاط اللحام.

د- افحص صلاحية هذه الترانزستورات باستخدام جهاز فاحص الترانزستور.

هـ- أعد لحام الترانزستورات على اللوحة المطبوعة.



الشكل (12).

7- قارن بين النتائج التي حصلت عليها في الخطوات (أ-و).

8- اكتب تقريرًا مفصلاً يبين الخطوات جميعها التي نفذتها.

9- تقويم التمرين:

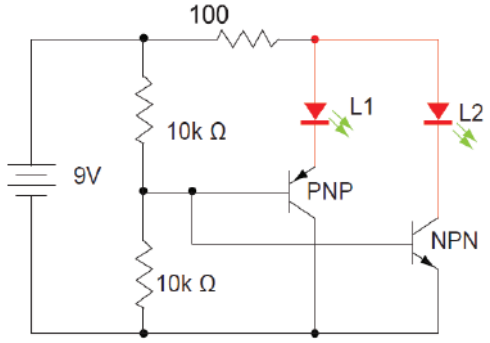
أ- هل للمقاومة بين الباعث والمجمع في الترانزستور نوع (pnp) القيمة نفسها في ترانزستور (npn)؟

ب- أيهما أكبر مقاومة القاعدة –المجمع أم القاعدة –الباعث؟

10- نشاط للممارسة:

- ابنِ الدارة المبيّنة في الشكل المجاور التي تستخدم في فحص صلاحية الترانزستورات.

- افحص مجموعة من الترانزستورات باستخدام هذه الدارة.



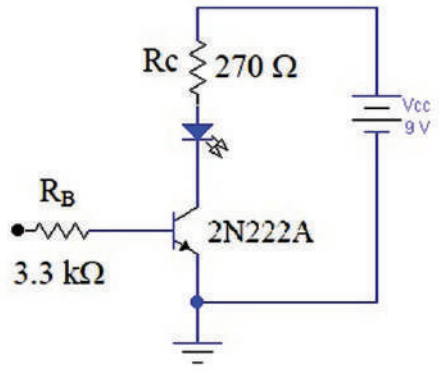
تمرين: (2-12) استخدام ترانزستور ثنائي القطبية كمفتاح

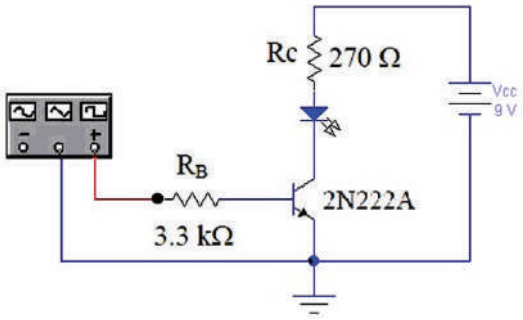
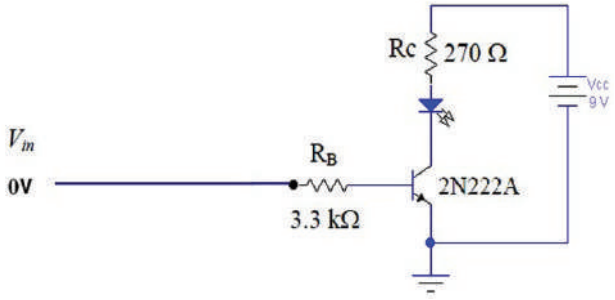
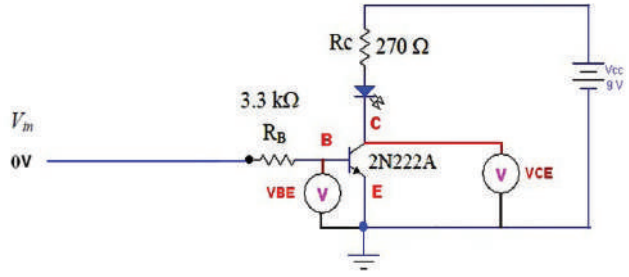
النتاجات

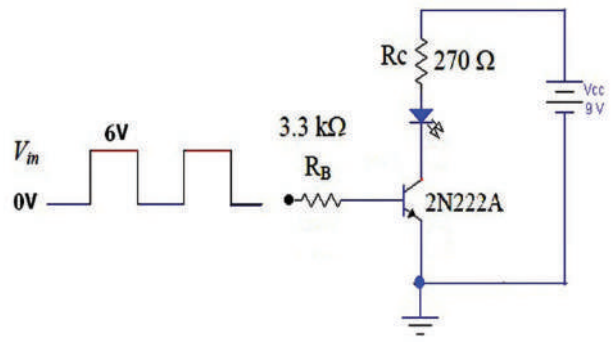
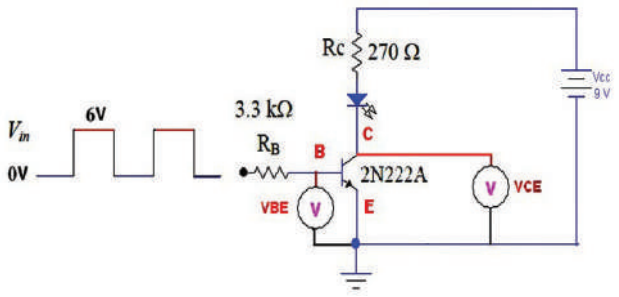
يُتوقَّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تبني دارة مفتاح إلكتروني باستخدام ترانزستور ثنائي القطبية.

متطلبات تنفيذ التمرين	
العدد اليدوية والأدوات	**المواد الأولية**
- جهاز الأفوميتر الرقمي - مصدر فولتية مباشرة (0-30V) /(1A) - راسم إشارة (قناتان) - مولّد إشارة أشكال موجات مختلفة - كاوي لحام (30-40W) - صندوق العدة	- مقاومتان كربونيتان (0.5W) ،(3.3KΩ ، Ω 270) - ثنائي مشع للضوء (LED) - ترانزستور (2N222A) أو ما يكافئه - لوح وأسلاك توصيل - بكرة لحام قصدير

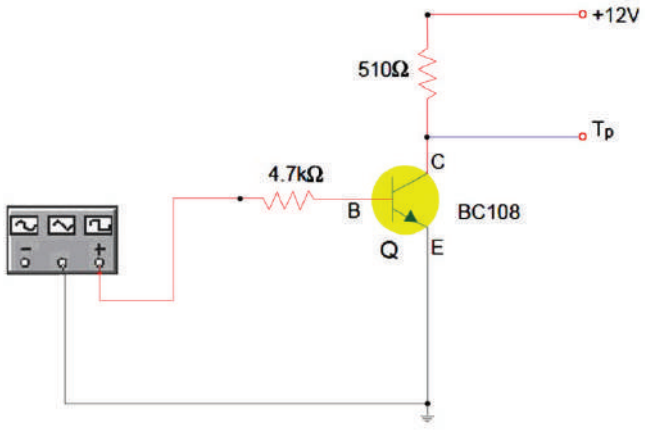
خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1- نفذ الدارة المبيّنة في الشكل (1). أ- اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على الفولتية المناسبة ثم صله بالدارة، كما هو مبيّن في الشكل (1).	 الشكل (1).

ب- اضبط مولّد الإشارة على موجة مربعة اتساعها (6V)، وترددها (1KHz)، ثم صل المولّد، كما في الشكل (2).	 الشكل (2).
جـ- اضبط مولّد الإشارة لكي تساوي فولتية الدخل (Vin) تساوي صفرًا، كما في الشكل (3). هل يضيء الثنائي المشع للضوء؟	 الشكل (3).
د- اضبط جهاز الأفوميتر على وضع الفولتية. وصّل جهاز الأفوميتر كما هو مبيّن في الشكل (4). هـ- قس الفولتيتين (V_{BE},V_{CE})، ثم دوّن النتيجة في دفترك.	 الشكل (4).

و- اضبط مولّد الإشارة لكي تساوي فولتية الدخل الدخل (Vin) تساوي (6V)، كما في الشكل (5)، هل يضيء الثنائي المشع للضوء؟	 الشكل (5).
ز- وصّل جهاز الأفوميتر كما هو مبيّن في الشكل (6)، ثم قس الفولتيتين (V_{BE},V_{CE})، ثم دوّن النتيجة في دفترك. ح- قارن بين قيمة (V_{BE},V_{CE})، عندما تكون: 1. فولتية الدخل تساوي صفرًا 2. فولتية الدخل تساوي (6V) ط- غيّر في تردد مولّد الإشارة من (0- 1 khz)، ولاحظ إضاءة الثنائي المشع للضوء.	 الشكل (6).
2- اكتب تقريرًا مفصّلًا يبين الخطوات جميعها التي نفذتها.	
3- تقويم التمرين: أ- ما تأثير تغيير التردد في عمل الدارة؟ ب- أي منطقة يعمل فيها الترانزستور عندما تكون إشارة الدخل (Vin) تساوي (0V)؟ جـ- أي منطقة يعمل فيها الترانزستور عندما تكون إشارة الدخل (Vin) تساوي (6V)؟ د- ما تأثير تغيير فولتية الدخل (Vin) في عمل الدّارة؟	

4- نشاط للممارسة:

- نفذ الدارة المبيّنة في الشكل الآتي، ثم نفذ الخطوات الآتية:
- اضبط مصدر الفولتية المستمرة على (12V).
- اضبط المولّد الإشارة على موجة مربعة بتردد ($1KH_z$)، وفولتية (5V)، ثم صل الجهاز كما هو مبيّن في الشكل الآتي.
- وصّل القناة الأولى لراسم الإشارة على مدخل الدارة، ثم ارسم شكل الإشارة واحسب فولتيتها وترددها.
- وصّل القناة الثانية لراسم الإشارة على النقطة (TP)، ثم ارسم شكل الإشارة واحسب فولتيتها وترددها.
- اكتب تقريرًا بما نفذته.

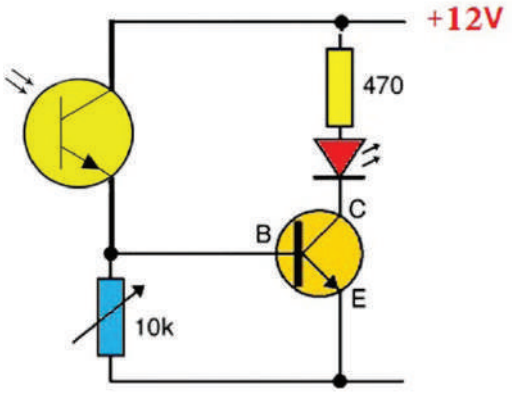


النتاجات

يُتوقَّع ك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تبني دارة تحكم باستخدام الترانزستور الضوئي.

متطلبات تنفيذ التمرين	
العدد اليدوية والأدوات	**المواد الأولية**
- جهاز الأفوميتر الرقمي - مصدر فولتية مباشرة (0-30V) /(1A) - راسم إشارة (قناتان) - مولّد إشارة أشكال موجات مختلفة - كاوي لحام (30-40W) - صندوق العدة	- مقاومات كربونية (470Ω)، (0.5W) - مقاومة متغيّرة (10kΩ)، (1W) - ثنائي ضوئي (TIL81) - ترانزستور(BC108) أو ما يكافئه - لوح وأسلاك توصيل - بكرة لحام قصدير - ثنائي مشع للضوء - مصدر ضوئي

خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1- نفذ الدارة المبيّنة في الشكل (1). أ- اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على الفولتية المناسبة ثم وصله بالدارة. هل يضيء الثنائي أم لا؟ ب- قس الفولتية (V_{EB})، ثم دوّن قيمة الفولتية في دفترك. جـ- قس الفولتية (V_{CE})، ثم دوّن قيمة الفولتية في دفترك.	 الشكل (1).

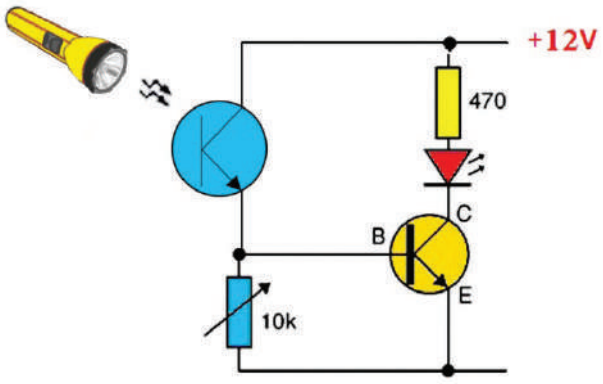
د- سلط مصدر الضوء على الترانزستور الضوئي، كما في الشكل(2)، ثم لاحظ إضاءة الثنائي.

هـ- قس الفولتية (V_{EB})، ودوّن قيمة الفولتية في دفترك.

و- قس الفولتية (V_{CE})، ثم دوّن قيمة الفولتية في دفترك.

ي- قارن بين القياسات التي حصلت عليها قبل تسليط الضوء وبعده، ماذا تلاحظ؟

م- غيّر في قيمة المقاومة المتغيّرة، ماذا تلاحظ؟



الشكل (2).

2- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين الخطوات جميعها التي نفذتها.

3- تقويم التمرين:

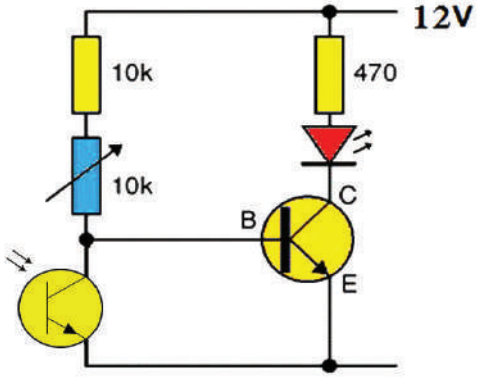
أ- هل تعمل الدارة في الظلام أم النور؟

ب- ما تأثير تغيير المقاومة المتغيّرة (10K) في إضاءة الثنائي؟

4- نشاط للممارسة:

- نفذ الدارة المبيّنة في الشكل الآتي، ثم كرر الخطوات (أ-و).

- ما الفرق بين الدارة في الشكل السابق وهذه الدارة في الشكل الآتي؟



الشكل (3).

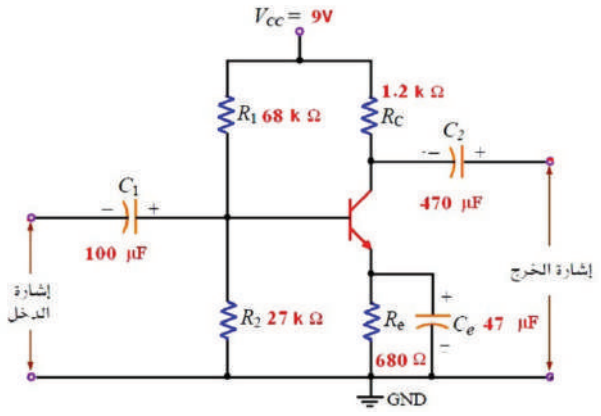
تمرين: (2-14) بناء دارة مضخم الباعث المشترك

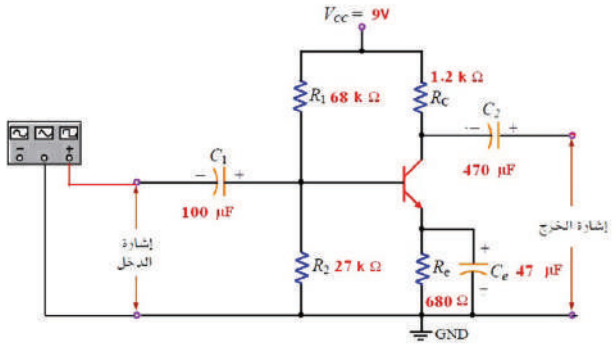
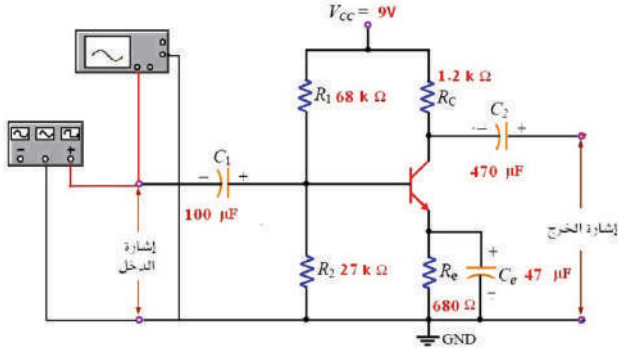
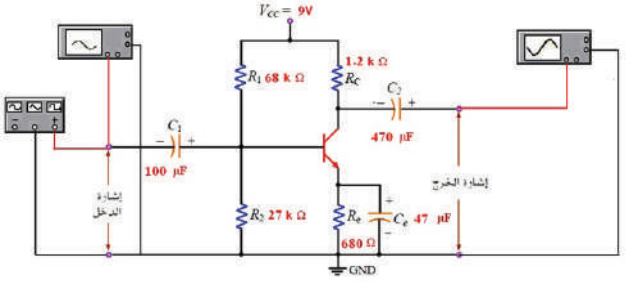
النتاجات

يُتوقَّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تبني دارة مضخم باعث مشترك.
- تحسب معاملات كسب دارة الباعث المشترك.

متطلبات تنفيذ التمرين	
العدد اليدوية والأدوات	**المواد الأولية**
- جهاز الأفوميتر الرقمي - مصدر فولتية مباشرة (0-30V)/ (1A) - راسم إشارة (قناتان) - مولّد إشارة أشكال موجات مختلفة - كاوي لحام (30-40W) - صندوق العدة	- أربع مقاومات كربونية (0.5W)، (68 kΩ، 680 kΩ، 27 kΩ، 1,2kΩ) - ثلاثة مواسعات كيميائية 50V(100 µF، 47µF، 470µF) - ترانزستور (BC108) أو ما يكافئه - مقاومة متغيّرة (50kΩ)، (1W) - لوح وأسلاك توصيل - بكرة لحام قصدير

خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1- نفذ الدارة المبيّنة في الشكل (1). أ - اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على الفولتية المناسبة ثم صله بالدارة.	 الشكل (1).

ب-اضبط مولد الإشارة على موجة جيبية اتساعها (20mV)، وترددها (1khz) ثم صل المولد، كما في الشكل (2).	 الشكل (2).
جـ-وصّل القناة الأولى لجهاز راسم الإشارة لمشاهدة شكل إشارة الدخل، كما في الشكل (3)، ثم ارسم شكل إشارة الدخل (V_{in})، واحسب ترددها وفولتيتها ثم دون النتيجة في دفترك.	 الشكل (3).
د- وصّل القناة الثانية لجهاز راسم الإشارة لمشاهدة شكل إشارة الخرج، كما في الشكل (4)، ثم ارسم شكل الموجة (V_{OUT})، واحسب ترددها وفولتيتها، ثم دون النتيجة في دفترك.	 الشكل (4).

هـ- وصّل جهاز الأفوميتر لقياس فولتية الدخل (V_1) وفولتية الخرج (V_2)، كما هو مبين في الشكل (5)، ودون النتائج في دفترك.

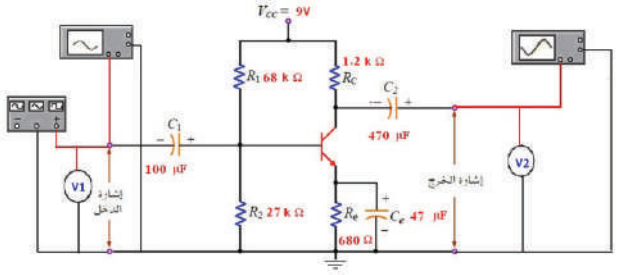
و- قس فولتيات الانحياز المستمرة باستخدام جهاز الأفوميتر، ثم املأ الجدول رقم (5):

V_B	V_E	V_C	V_{BE}	V_{CE}

ز- احسب كسب الفولتية $AV = \frac{V_{OUT}}{V_{in}}$

ثم دون النتيجة في دفترك.

ح- قارن بين طور إشارتي الدخل والخرج، ماذا تستنتج؟



الشكل (5).

2- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين الخطوات جميعها التي نفذتها.

3- تقويم التمرين:

أ- ما مقدار فرق الطور بين إشارتي الدخل والخرج؟

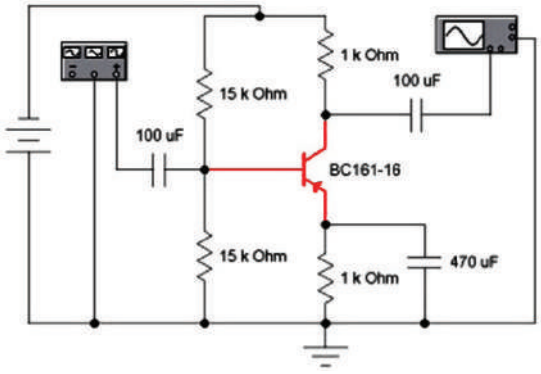
ب-ماذا يحدث للإشارة الخارجة إذا أصبح المواسع C2 (470µ F) في حالة فتح (open)؟

جـ-ماذا يحدث للإشارة الخارجة إذا أصبح المواسع Ce (47µF) في حالة قصر (short)؟

د- ماذا يحدث للإشارة الخارجة إذا استبدلت بالمقاومة R2 (27kΩ) مقاومة متغيرة (50kΩ)، وتم تغيير قيمتها (منخفضة، عالية)؟

4- نشاط للممارسة:

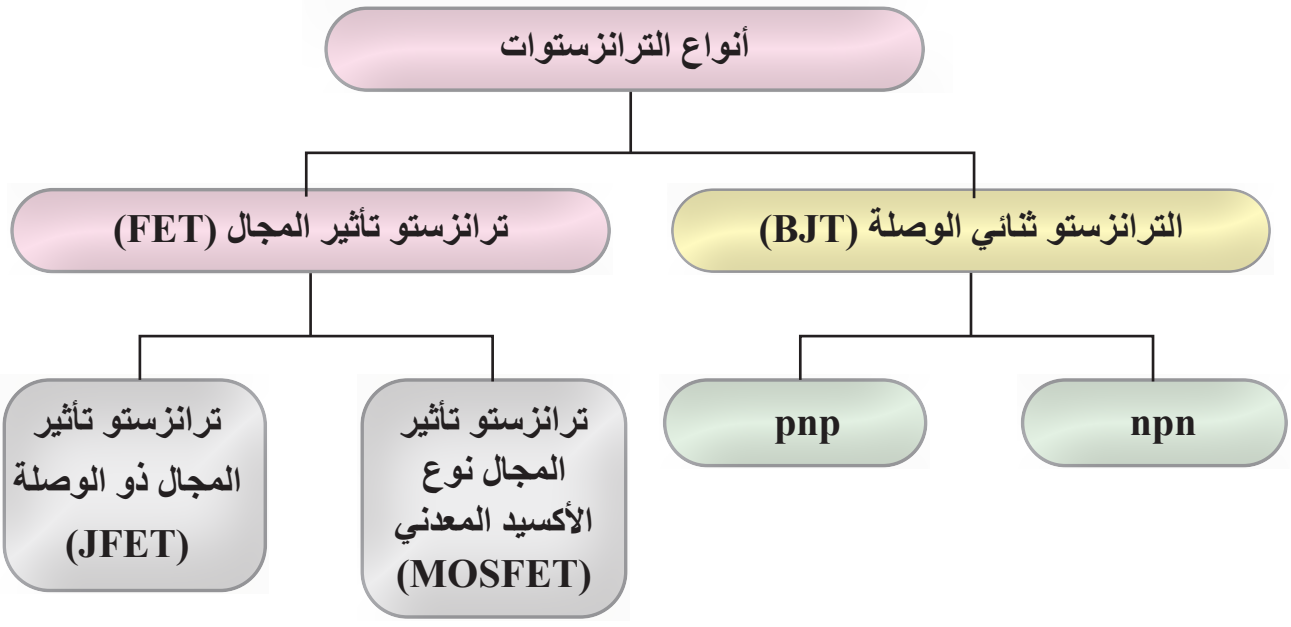
- نفذ الدارة المبينة في الشكل الآتي، ثم كرر الخطوات السابقة.



التقويم الذاتي (النقاط الحاكمة)

الرقم	خطوات الأداء	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	أتعرّف على أشكال الترانزستورات المختلفة وأنواعها.			
2	أتعرّف مدلولات العلامات والأرقام والحروف الموجودة على جسم الترانزستور.			
3	أحدّد البدائل المكافئة باستخدام كتيب البدائل للترانزستور.			
4	أحدّد أطراف الترانزستورات.			
5	أفحص الترانزستورات وأحدّد صلاحيته.			
6	أبني دارة مفتاح إلكتروني باستخدام ترانزستور ثنائي القطبية.			
7	أبني دارة تحكم باستخدام الترانزستور الضوئي.			
8	أبني دارة مضخم باعث مشترك.			

الخرائط المفاهيمية



رابعًا: الدارات المتكاملة والبوابات المنطقية

النتاجات

يُتوقّع منك بعد دراسة هذا الدرس أن:

تتعرّف أنواع الدارات المتكاملة.

توضّح أهمية الدارات المتكاملة

تبيّن استخدامات مضخم العمليات.

تحدّد خصائص الدارات المتكاملة.

تفحص الدارات المتكاملة باستخدام أجهزة الفحص الخاصة

تتعرّف أهمية البوابات المنطقية الأساسية وأنواعها.

توضح مبدأ عمل البوابات المنطقية الأساسية.

تستنتج جدول صواب البوابات المنطقية الأساسية.

تبني بوابة «و» (AND) باستخدام المفاتيح.

تبني بوابة «أو» (OR) باستخدام المفاتيح.

تبني بوابة «لا» (NOT) باستخدام المفاتيح.

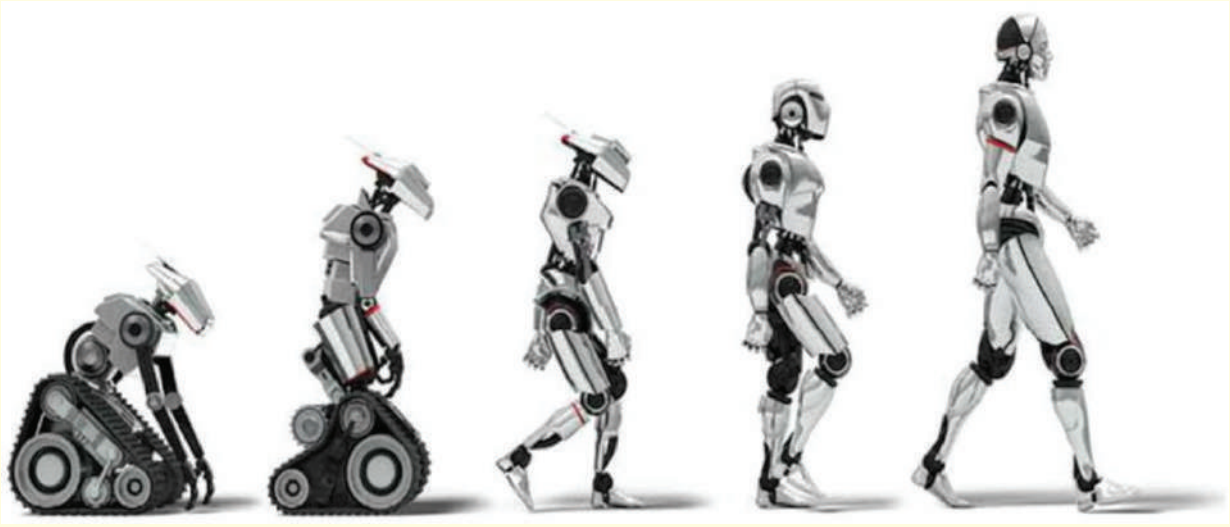
تبني بوابة «أو» (OR) باستخدام الثنائيات.

تتعرف الدارات المنطقية المتكاملة.

تبني بوابة «و» (AND) باستخدام الدارات المنطقية المتكاملة.

انظر وتساءل

- إلامَ يعزى التطور الهائل في عالم الإلكترونيات في الوقت الحاضر؟
- أين سيوصلنا هذا التطور في الذكاء الصناعي، وتطور الروبوتات؟
- هل ستتغلب الآلة على الإنسان؟ وهل سيتجاوز ذكاء الروبوتات ذكاء الإنسان؟



استكشف

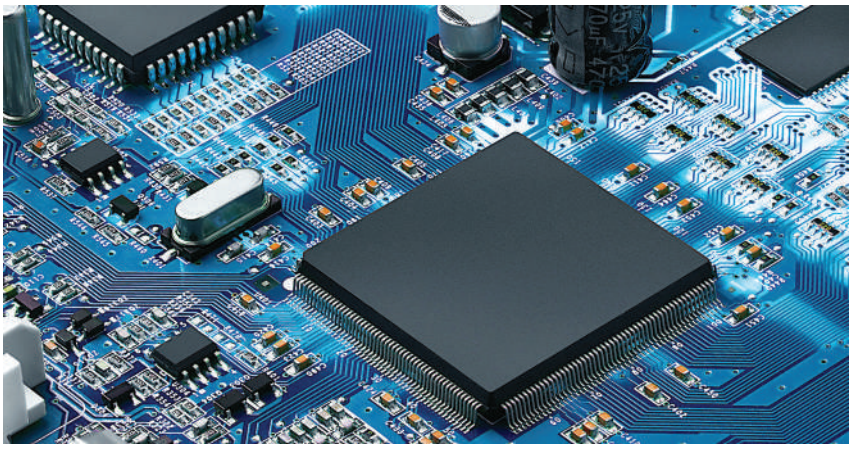
ما أنواع الدارات المتكاملة؟ ما خصائصها؟ كيف تصنع هذه الدارات؟

اقرأ وتعلّم

1- تعريف الدارة المتكاملة (Integrated Circuits:IC):

هي شريحة رقيقة (Chips) من مادة السيلكون تبلغ مساحتها عدة ملليمترات ($30\text{-}40mm^2$) وتحتوي هذه الشريحة الآلاف بل الملايين من المكونات الإلكترونية الدقيقة جدًّا، مثل الترانزستورات والمقاومات والمكثفات التي تربط معًا لتكون دارات إلكترونية متكاملة. ويطلق على الشرائح المستخدمة في الحاسوب المعالج الدقيق (microprocessor)، كما في الشكل (2-45). ويمكن للشرائح الحديثة المتطورة أن تقوم بمعظم العمليات التي يؤديها الحاسوب والروبوتات. حيث تنجز الدارات الموجودة على هذه

الرقاقة مهمات إلكترونية معقدة، ودون الحاجة إلى مساعدة خارجية سوى مصدر القدرة الكهربائية، وتوصيلات الدخل والخرج، فضلًا عن أن عناصر الدارة المتكاملة جميعها سواء الفعالة وغير الفعالة تصنع من المادة شبه الموصلة نفسها.



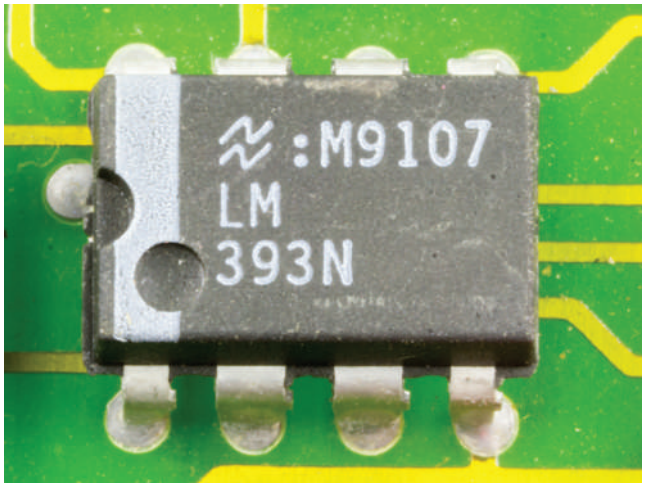
الشكل (2-45).

2- أنواع الدارات المتكاملة

تصنف الدارات المتكاملة إلى:

أ- الدارات المتكاملة الخطية (التماثلية) (Linear ICs)

هي دارات متكاملة تُصدر مستويات مختلفة من الإشارة عند مخارجها نتيجة الاستجابة لمستويات مختلفة من الإشارة عند مداخلها، وهذا النوع من الدارات يعالج البيانات التماثلية (Analogue) مثل: الفولتية والإشارات الصوتية، والتردد، ودرجة الحرارة، كما في الشكل (2-46).



الشكل (2-46): دارة متكاملة خطية.

من أهم الدارات الخطية المستخدمة دارة مضخم العمليات (Operational Amplifier)، التي تحتوي عددًا كبيرًا من الترانزستورات والمقاومات والمواسعات وُصِّلت في ما بينها لتنتج دارة متكاملة، ويبيّن الشكل (2-47) مضخم العمليات نوع (741) المستخدم في تكبير الصوت.

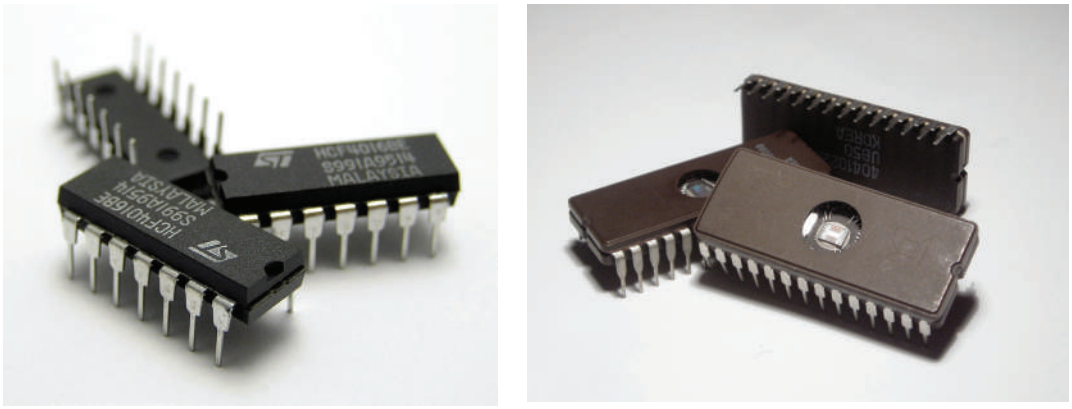
الشكل (2-47): مضخم العمليات نوع (741).

ولمضخم العمليات استخدامات عديدة، منها:

1. يكبّر الإشارات الكهربائية الضعيفة نسبيًّا ثم يحولها إلى الصوت في مكبر الصوت.
2. يستخدم في أجهزة الراديو والتلفاز والرادار، وكذلك في الاستخدامات العلمية التي تتعلق بالإشارات والتيارات الضعيفة.
3. يستخدم في الحاسبات التماثلية لإجراء العمليات الحسابية: الجمع، والطرح، والضرب، والقسمة.

ب- الدارات المتكاملة الرقمية (Digital ICs)

تصنع الدارات المتكاملة الرقمية كما الدارات المتكاملة الخطية (Linear ICs) فضلًا عن أن غلاف هذه الدارات متشابه تمامًا مع غلاف الدارات الخطية، وعليه، لا يمكن التفريق بينهما إلا بالرموز، ويبيّن الشكل (2-48) مجموعة من الدارات المتكاملة الرقمية.



الشكل (2-48): دارات متكاملة رقمية.

وتستجيب الدارات المتكاملة الخطية لمختلف الإشارات، في حين تحوي الدارات الرقمية عناصر إلكترونية تعمل فقط في إحدى الحالتين المنطقيتين (0,1)، وتستخدم الدارات المتكاملة الرقمية في كثير من التطبيقات، منها:

1. دارات الفتح والإغلاق.
2. البوابات المنطقية (OR,AND,NOT).
3. دارات العد (Counting).
4. دارات الحساب (Computation).
5. دارات حفظ المعلومات (Data Storage).
6. وحدات الإظهار (Display).

3- خصائص الدارات المتكاملة

تمتاز الدارات المتكاملة بعدد من الخصائص، ويبين الجدول (2-2) أهم خصائص الدارات المتكاملة

الجدول (2-2): خصائص الدارات المتكاملة.

مزايا الدارات المتكاملة	عيوب الدارات المتكاملة
متناهية الصغر وتستهلك ICs طاقة صغيرة جدًّا.	لا يمكن تصليح الدارات المتكاملة ولكن تستبدل.
متوافرة بتكلفة منخفضة بسبب الإنتاج بالجملة.	لا يمكن دمج الملفات والمحولات في الدارات المتكاملة.
سهولة استبدالها من الدارة الأم.	لا تتحمل الفولتية أو التيار العالي.
سرعة تشغيلها عالية	تتأثر بالكهرباء الساكنة.
ذات جودة عالية.	

4- البوابات المنطقية

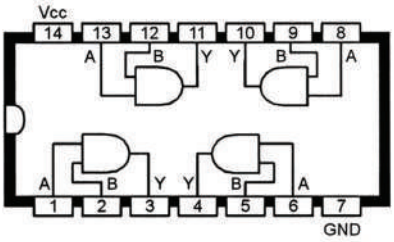
البوابات المنطقية من الدارات المتكاملة الرقمية التي تُعدّ من وحدات البناء الرئيسة للأنظمة الرقمية، ولما كانت تستخدم النظام الثنائي، فإن هذه البوابات تسمى «البوابات المنطقية الثنائية». إن الفولتيات المستخدمة في البوابات المنطقية إما أن تكون عالية (5v)، وتمثل بالرقم الثنائي «1»، وإما منخفضة الفولتية (0v)، وتمثل بالرقم الثنائي «0». ولما كانت البوابات المنطقية تمثل دارات إلكترونية، فإنها تستجيب فقط للفولتية العالية (1) والفولتية المنخفضة (0).

وتحتوي معظم الأنظمة الرقمية مثل أجهزة الحاسوب وآلات تصوير الوثائق والناسخات الرقمية والطابعات والأجهزة المكتبية مجموعة من الدارات المنطقية التي تؤدي بعض العمليات الأساسية التي يتكرر تنفيذها كثيرًا وبسرعة عالية جدًّا حيث تمثل البوابات المنطقية حجر الأساس لبناء أي دارة منطقية.

فكّر : كيف تعمل البوابات المنطقية؟ وما جدول صوابها؟

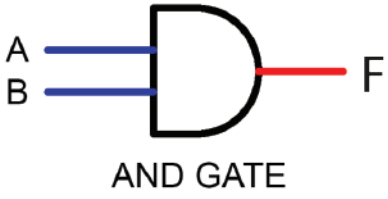
أ- البوابات المنطقية الأساسية

تضم البوابات المنطقية الأساسية: بوابة « و» (AND Gate)، بوابة «أو» (OR Gate)، بوابة «لا»(NOT Gate)، ويبيّن الشكل (2-49) شكل البوابة المنطقية والدارة المنطقية المتكاملة وتركيب أحد أنواع الداخلي.



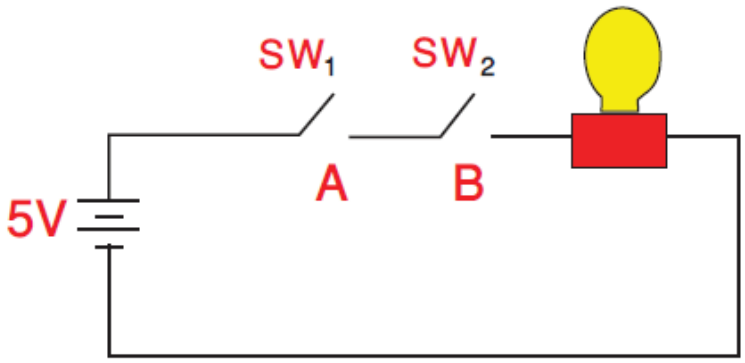
الشكل (2-49).

1. بوابة « و» (AND Gate): تعرف هذه البوابة بأنها دارة منطقية يكون مخرجها في الحالة «1» إذا كانت مداخلها جميعها في الحالة «1»، ويكون مخرجها في الحالة «0» إذا كان مدخل واحد أو أكثر من مداخلها في الحالة «0»، وتمثل هذه البوابة عملية الضرب المنطقي F=A.B، ويبين الشكل (2-50) الرمز المنطقي لبوابة «و» ذات مدخلين.



الشكل (2-50): الرمز المنطقي لبوابة «و» ذات مدخلين.

ويبيّن الشكل (2-51) مبدأ عمل هذه البوابة باستخدام المفاتيح الكهربائية.



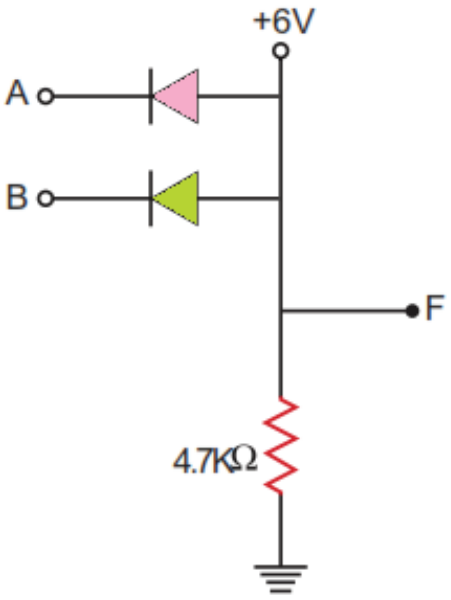
الشكل (2-51): مبدأ عمل بوابة « و» (AND Gate) باستخدام المفاتيح الكهربائية.

ويمكن التعبير عن عمل هذه البوابة باستخدام جدول الصواب، كما في الجدول (2-3).

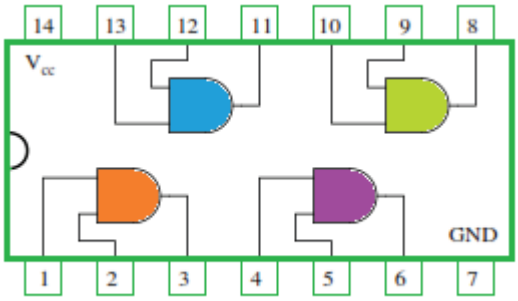
الجدول (2-3): جدول الصواب لبوابة «و».

A	B	F=A.B
0	0	**0**
0	1	**0**
1	0	**0**
1	1	**1**

فكّر: اشرح عمل الدارة الكهربائية المبيّنة في الشكل المجاور التي تمثل بناء دارة «و» باستخدام الثنائيات.

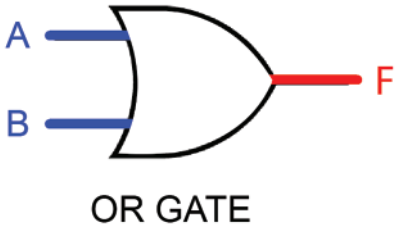


أما الشكل (2-52)، فيمثل دارة منطقية متكاملة (7408) تستخدم أربع بوابات (AND)، ويمكن استخدام كل بوابة من البوابات الأربع على حدة.



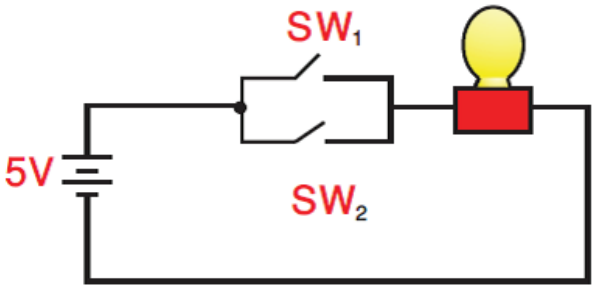
الشكل (2-52): دارة (7408).

2. بوابة «أو» (OR Gate): تعرف هذه البوابة بأنها دارة منطقية يكون مخرجها في الحالة «1» إذا كان أحد مداخلها على الأقل في الحالة «1»، ويكون مخرجها في الحالة «0» عندما تكـون جميع مداخل الدارة في الحالة «0»، وتمثل هذه البوابة عملية الجمع المنطقي F=A+B، يبين الشكـل (2-53) الرمز المنطقي لبوابة «أو» ذات مدخلين.



الشكل (2-53): الرمز المنطقي لبوابة «أو» ذات مدخلين.

أما الشكل (2-54)، فيبين مبدأ عمل هذه البوابة باستخدام المفاتيح الكهربائية.



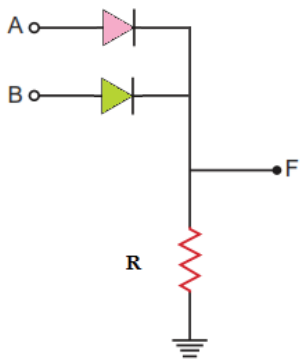
الشكل (2-54): مبدأ عمل بوابة « أو» **(OR Gate)** باستخدام المفاتيح الكهربائية.

ويمكن التعبير عن عمل هذه البوابة باستخدام جدول الصواب، كما في الجدول (2-4).

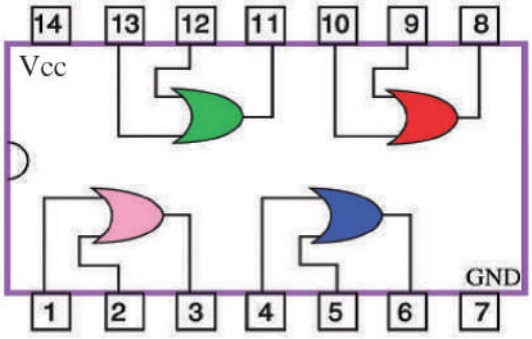
الجدول (2-4): جدول الصواب لبوابة «أو».

A	B	F=A+B
0	0	**0**
0	1	**1**
1	0	**1**
1	1	**1**

فكّر : اشرح عمل الدارة الكهربائية المبيّنة في الشكل المجاور التي تمثل بناء دارة «أو» باستخدام الثنائيات.

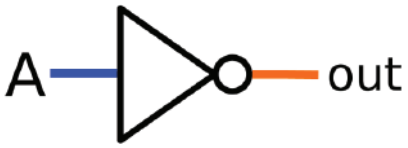


أما الشكل (2-55) فيمثل دارة منطقية متكاملة (7432) تستخدم أربع بوابات «أو» (OR)، ويمكن استخدام كل بوابة من البوابات الأربع على حدة.



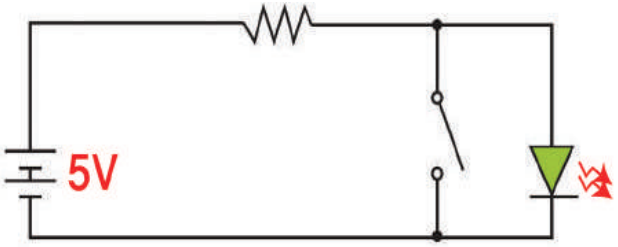
الشكل (2-55): دارة (7432).

3. بوابة «لا» (NOT Gate): يظهر الشكل (2-56) الرمز المنطقي لبوابة «لا»، التي تمتاز بوابة «لا» بأن لها مدخلًا واحدًا ومخرجًا واحدًا، وفيها يكون الخرج عكس الدخل $F=\bar{A}$، فإذا كان الدخل في الحالة «1» فإن الخرج يكون في الحالة «0»، والعكس صحيح.



الشكل (2-56):الرمز المنطقي لبوابة «لا».

أما الشكل (2-57)، فيبيّن مبدأ عمل هذه البوابة باستخدام المفاتيح الكهربائية.



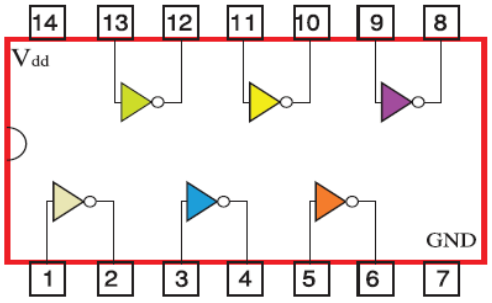
الشكل (2-57): مبدأ عمل بوابة «لا» **(NOT Gate)** باستخدام المفاتيح الكهربائية.

ويمكن التعبير عن عمل هذه البوابة باستخدام جدول الصواب، كما في الجدول (2-5)

الجدول (2-5): جدول الصواب لبوابة «لا».

A	F
0	**1**
1	**0**

أما الشكل (2-58)، فيمثل دارة منطقية متكاملة (4069) تستخدم ست بوابات «لا» (NOT)، ويمكن استخدام كل بوابة من البوابات الست على حدة.



الشكل (2-58): دارة (4069).

ب- فحص الدارات المتكاملة الرقمية:

يستخدم المجس المنطقي (Logic Probe) لفحص الدارات المتكاملة الرقمية، حيث يحدد مستويات المنطق ويظهرها، كما يحدد النبضات ومستويات الفولتية في الدارات المنطقية المؤلفة من عناصر تخص عائلة محددة، أو من عناصر تمثل خليطًا من عائلات مختلفة، يتكون هذا المجس من وصلتين الأولى ذات اللون الأحمر التي توصل بمصدر الفولتية (+5v)، أما الثانية ذات اللون الأسود، فتوصل بالأرضي، ويبيّن الشكل (2-59) أحد أنواع المجسات المنطقية.

الشكل (2-59): مجس المنطق.

مُستخدمًا الإنترنت ومكتبة مدرستك، اجمع معلومات عن الدارات المتكاملة الرقمية من نوع (TTL)، والدارات المتكاملة الرقمية من نوع (CMOS)، مُبيِّنًا خصائص كل منها ومزاياها وعيوبها، ثم ناقش زملاءك في ذلك.

القياس والتقويم

1- ضع إشارة (√) أو (X) إزاء العبارات الآتية:

أ- عند بناء دارة (AND) وكان عدد المفاتيح ما لانهاية، فإن الدارة لا تضيء إلا إذا كانت جميع المفاتيح مغلقه. ( )

ب- عند بناء دارة (OR) باستخدام المفاتيح يكفي أن يغلق أحد المفاتيح لكي تضيء الدارة. ( )

2- عدّد مزايا الدارات المتكاملة مقارنة بالدارات العادية.

3- عدّد بعضًا من عيوب الدارات المتكاملة.

4- اذكر أربعة تطبيقات تستخدم فيها الدارات المتكاملة الخطية.

5- اذكر أربعة تطبيقات تستخدم فيها الدارات المتكاملة الرقمية.

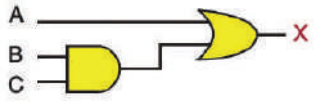
6- اذكر أنواع الدارات المتكاملة.

7- عدد استخدامات مضخم العمليات.

8- ارسم الدارة الكهربائية التي تمثل بوابة «و» باستخدام المفاتيح، ثم ارسم رمزها المنطقي.

9- ارسم رمز البوابة المنطقية « لا» ثم ارسم الدارة المنطقية المتكاملة لها.

10- اذكر أسماء البوابات المنطقية للدارة المبيّنة في الشكل الآتي ثم اكتب جدول الصواب لكل منها.

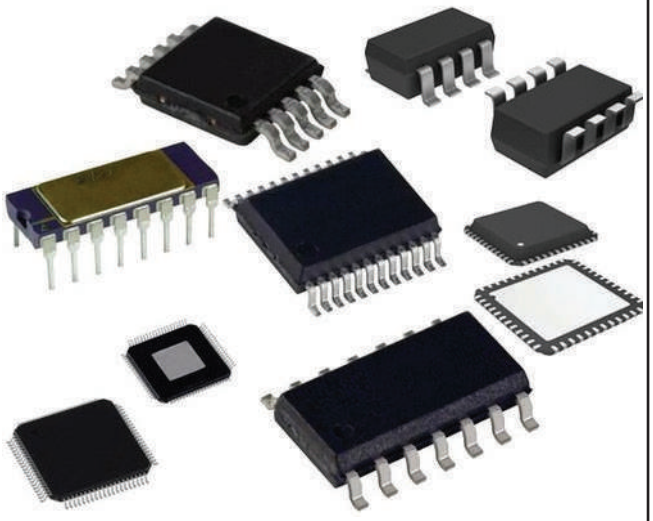


تمرين: (2-15) تعرَّف الدارات المتكاملة وفحصها

يُتوقع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تميِّز الدارات المتكاملة.
- تحدّد أطراف الدارات المتكاملة.
- تفحص الدارات المتكاملة.
- تستخدم كتيب بدائل الدارات المتكاملة.

متطلبات تنفيذ التمرين	
التجهيزات (الأدوات)	**المواد الأولية**
- جهاز الأفوميتر الرقمي - جهاز فاحص الدارات المتكاملة - صندوق العدة	- مجموعة دارات متكاملة خطية. - مجموعة دارات متكاملة رقمية. - كتيب مكافئات الدارات المتكاملة (حديث الإصدار).

خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1- تفحُّص الدارات المتكاملة: أ- تفحّص الدارات المتكاملة المتوافرة في مشغلك، وميّز بينها من حيث النوع والشكل والحجم والرموز الموجودة عليها، كما هو مبيّن في الشكل (1). ب- حدّد أطراف الدارة المتكاملة ابتداءً من طرف (١) حسب الأصول.	 الشكل (1).

2- املأ الجدول الآتي لديك عبر الدارات المتكاملة، وباستخدام كتيب المكافئات:

خصائص الدارات المتكاملة.

رقم الدارة	الشكل	نوع الدارة	عدد الأطراف	الاستخدام	الخصائص	البدائل	الملاحظات

3- املأ الجدول الآتي:

- صنف الدارات المتكاملة التي لديك إلى دارات خطية ورقمية، باستخدام كتيب المكافئات:

الدارات المتكاملة الخطية.

رقم الدارة	الشكل	نوع الدارة		عدد الأطراف	الاستخدام
		رقمية	خطية		

4- باستخدام جهاز فاحص الدارات المبيّن في الشكل (2) الموجود في مشغلك.

أ- افحص الدارات التي لديك مُستعينًا بكتيب الجهاز.

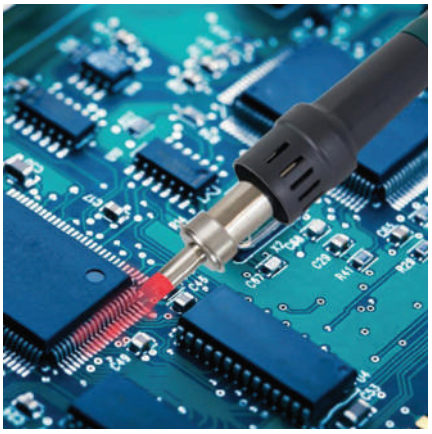
الشكل (2).

ب- احضر لوحة إلكترونية مطبوعة (PCB)، كما في الشكل (3)، ثم نفذ ما يأتي:

جـ- حدد مواقع الدارات المتكاملة وفكها باستخدام كاوي اللحام وشفاط اللحام.

د- افحص صلاحية هذه الدارات المتكاملة. باستخدام جهاز فاحص الدارات المتكاملة.

هـ- أعد لحام الدارات المتكاملة على اللوحة المطبوعة.



الشكل (3).

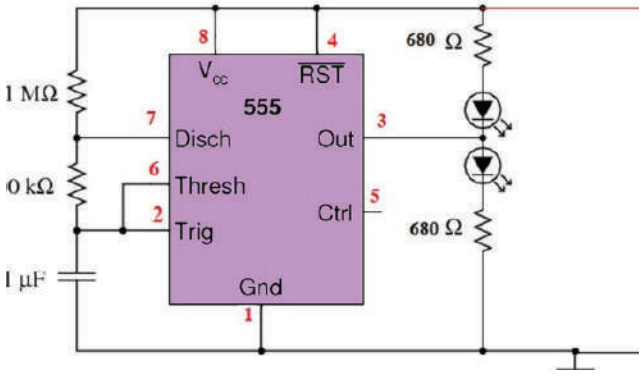
5- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين الخطوات جميعها التي نفذتها.

تمرين: (2-16) بناء دارة فلاش ضوئي باستخدام الدارات المتكاملة

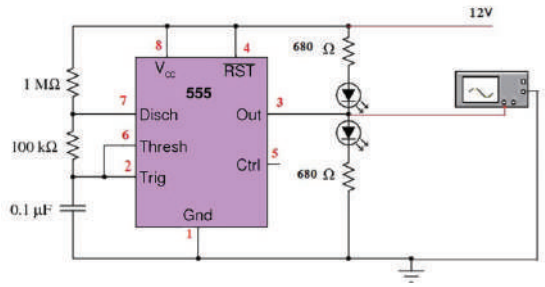
يُتوقع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تبني دارة فلاش ضوئي باستخدام الدارات المتكاملة.
- تتحقق من عمل الدارة.

متطلبات تنفيذ التمرين	
التجهيزات (الأدوات)	**المواد الأولية**
- جهاز الأفوميتر الرقمي - جهاز فاحص الدارات المتكاملة - مصدر فولتية مباشرة (1A)/ (0-30V) - راسم إشارة (قناتان) - كاوي لحام (30-40W) - صندوق العدة	- مقاومة كربونية واحدة 5(,0.5W 100KΩ، 1MΩ (100KΩ,2) (680Ω) - مقاومة متغيّرة (1W) (1M Ω) - مواسع سيراميك (0.1µF) - دارة متكاملة (NE555) - لوح وأسلاك توصيل. - بكرة لحام قصدير.

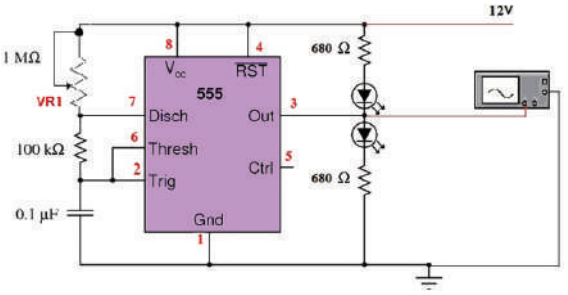
خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1- نفذ الدارة المبيّنة في الشكل (1): أ- اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على الفولتية المناسبة ثم صله بالدارة.	 الشكل (1).

ب- استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الأولى، لمشاهدة الإشارة على الطرف (3) من الدارة المتكاملة، كما في الشكل (2)، وارسم شكل الموجة في دفترك.



الشكل (2).

جـ- غيّر في قيمة المقاومة المتغيّرة (VR1)، كما في الشكل (3)، ثم دوّن ملاحظاتك.



الشكل (3).

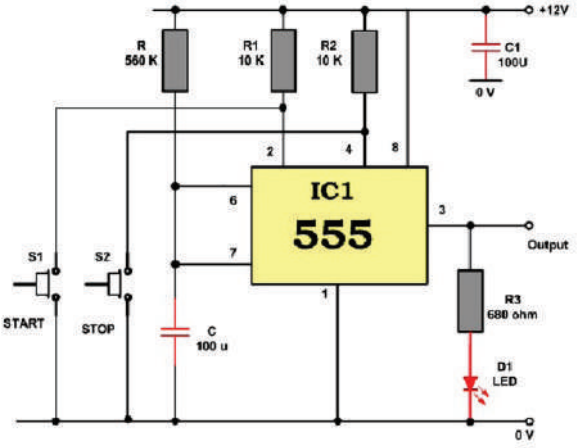
2- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين الخطوات جميعها التي نفذتها.

3- تقويم التمرين:

- غيّر قيمة المواسع (0.1µF) بمواسع ذات قيمة (0.01µF)، ماذا تلاحظ.

4- تمارين للممارسة:

- نفذ الدارة المبيّنة في الشكل الآتي، ثم أجر القياسات اللازمة عليها.



الشكل (4).

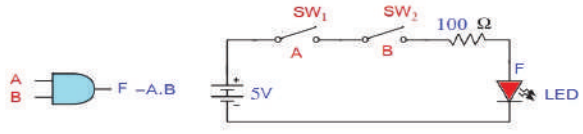
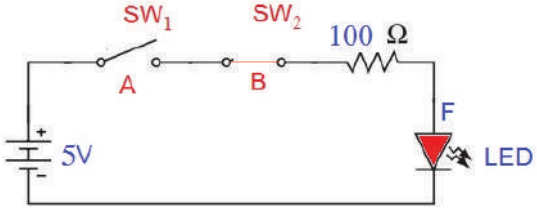
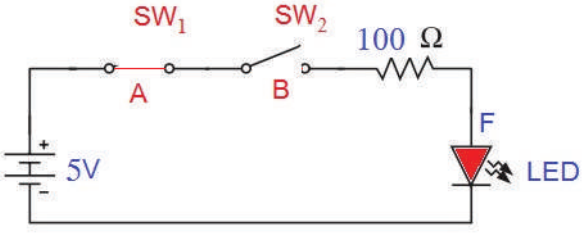
التمارين العملية :

تمرين: (2-17) بناء بوابة «و» (AND) باستخدام المفاتيح

يُتوقع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

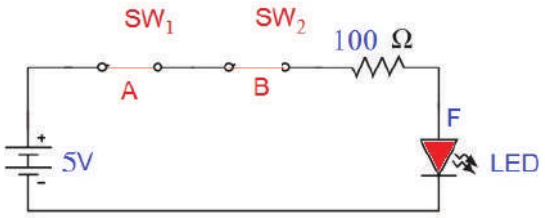
- تبني بوابة «و» باستخدام المفاتيح.
- تتحقق من عمل بوابة «و» باستخدام جدول الصواب.

متطلبات تنفيذ التمرين	
التجهيزات (الأدوات)	**المواد الأولية**
- جهاز الأفوميتر الرقمي - مصدر فولتية مباشرة 1A / (0-30V) - كاوي لحام (30-40W) - صندوق العدة	- مقاومة كربونية (100 Ω)(0.5W) - مفتاحا تشغيل أحاديان - ثنائي مشع للضوء - أسلاك ولوحة توصيل - بكرة لحام قصدير

خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1- نفذ الدارة المبيّنة في الشكل (1) أ- اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على الفولتية المناسبة ثم صله بالدارة، ودوّن في جدول الصواب الـــمبيّن في الخطوة د.	 الشكل (1).
ب- أغلق المفتاح (SW2)، وافتح المفتاح (SW1) كما في الشكل (2)، ثم لاحظ إضاءة الثنائي، ثم دوّن في جدول الصواب حالة الثنائي المشع.	 الشكل (2).
جـ- أغلق المفتاح (SW1)، وافتح المفتاح (SW2) كما في الشكل (3)، ثم لاحظ إضاءة الثنائي ثم دوّن في جدول الصواب حالة الثنائي المشع.	 الشكل (3).

د- أغلق المفتاحين (SW2،SW1) كما في الشكل (4)، ثم لاحظ إضاءة الثنائي ثم دوّن في جدول الصواب حالة الثنائي المشع الواردة في الجدول الآتي.

SW_1(A)	SW_2(B)	LED (F)
OFF	OFF	
OFF	ON	
ON	OFF	
ON	ON	



الشكل (4).

2- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين الخطوات جميعها التي نفذتها.

3- تقويم التمرين:

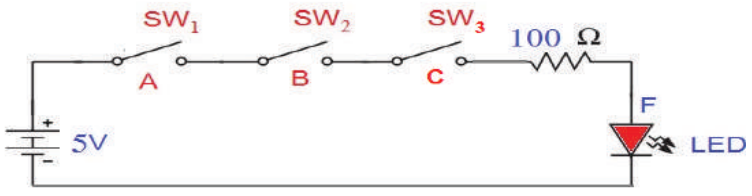
أ- لماذا تم توصيل مقاومة على التوالي مع الثنائي المشع للضوء في الشكل (1)؟

ب- في الشكل (4) ماذا يحدث إذا عكس قطبا مصدر الفولتية المستمرة؟

جـ- هل يمكن استخدام مصباح عادي بدل الثنائي المشع للضوء؟

4- تمارين للممارسة:

- نفذ باستخدام المفاتيح بوابة «و» (AND) المبيّنة في الشكل الآتي، وكرر الخطوات كما في التمرين السابق.



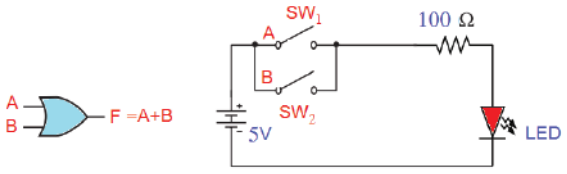
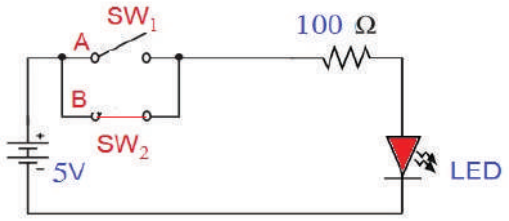
- استنتج جدول الصواب للبوابة.

تمرين: (2-18) بناء بوابة «أو» (OR) باستخدام المفاتيح

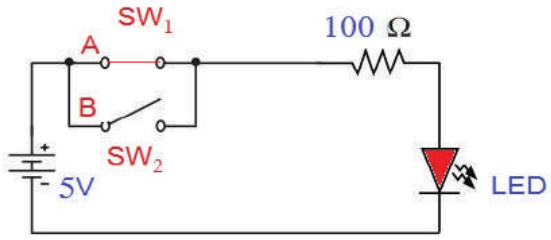
يُتوقع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تبني بوابة «أو» (OR) باستخدام المفاتيح.
- تتحقق من عمل بوابة «أو» (OR) باستخدام جدول الصواب.

متطلبات تنفيذ التمرين	
التجهيزات (الأدوات)	**المواد الأولية**
- جهاز الأفوميتر الرقمي - مصدر فولتية مباشرة 1A / (0-30V) - كاوي لحام (30-40W) - صندوق العدة	- مقاومة كربونية (100 Ω)(0.5W) - مفتاحا تشغيل أحاديان - ثنائي مشع للضوء - أسلاك ولوحة توصيل - بكرة لحام قصدير

خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1- نفذ الدارة المبيّنة في الشكل (1) أ- اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على الفولتية المناسبة ثم صله بالدارة، ودوّن في جدول الصواب المبيّن في الخطوة د.	 الشكل (1).
ب-أغلق المفتاح (SW2)، وافتح المفتاح (SW1) كما في الشكل (2)، ثم لاحظ إضاءة الثنائي، ودوّن في جدول الصواب حالة الثنائي المشع.	 الشكل (2).

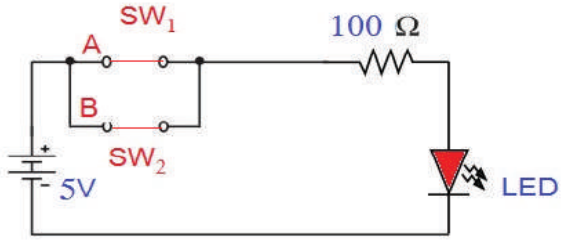
جـ- أغلق المفتاح (SW1)، وافتح المفتاح (SW2) كما في الشكل (3)، ثم لاحظ إضاءة الثنائي ثم دوّن في جدول الصواب حالة الثنائي المشع.



الشكل (3).

د- أغلق المفتاحين (SW1،SW2) كما في الشكل (4)، ثم لاحظ إضاءة الثنائي ثم دوّن في جدول الصواب حالة الثنائي المشع الآتي.

SW_1(A)	SW_2(B)	LED (F)
OFF	OFF	
OFF	ON	
ON	OFF	
ON	ON	



الشكل (4).

2--اكتب تقريرًا مفصلًا يبين الخطوات جميعها التي نفذتها.

3- تقويم التمرين:

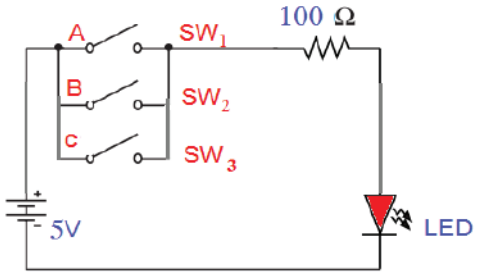
أ- لماذا تم توصيل مقاومة على التوالي مع الثنائي المشع للضوء في الشكل (1).

ب- في الشكل (4) ماذا يحدث إذا عُكس قطبا مصدر الفولتية المستمرة؟

جـ- هل يمكن استخدام مصباح عادي بدل الثنائي المشع للضوء؟

3- تمارين للممارسة

- نفذ باستخدام المفاتيح البوابة المبيّنة في الشكل الآتي، وكرر الخطوات كما في التمرين السابق.

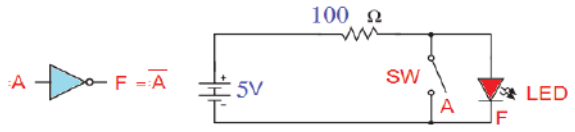
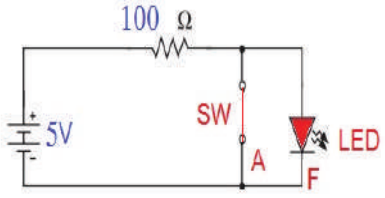


- استنتج جدول الصواب للبوابة.

تمرين: (2-19) بناء بوابة «لا» (NOT) باستخدام المفاتيح

يُتوقع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تبني بوابة «لا» (NOT) باستخدام المفاتيح.
- تتحقق من عمل بوابة «لا» (NOT) باستخدام جدول الصواب.

متطلبات تنفيذ التمرين	
التجهيزات (الأدوات)	**المواد الأولية**
- جهاز الأفوميتر الرقمي - مصدر فولتية مباشرة 1A / (0-30V) - كاوي لحام (30-40W) - صندوق العدة	- مقاومة كربونية (100 Ω)(0.5W) - مفتاحا تشغيل - ثنائي مشع للضوء - أسلاك ولوحة توصيل - بكرة لحام قصدير
خطوات الأداء	**الرسومات التوضيحية**
1- نفذ الدارة المبيّنة في الشكل (1) أ- اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على الفولتية المناسبة ثم صله بالدارة، ثم دوّن في جدول الصواب المبيّن في الجدول الوارد في الصفحة اللاحقة والخاصة بحالة الثنائي المشع.	 الشكل (1).
ب- أغلق المفتاح (SW)، كما في الشكل (2)، ثم لاحظ إضاءة الثنائي، ثم دوّن في جدول الصواب حالة الثنائي المشع.	 الشكل (2).
2-اكتب تقريرًا مفصلًا يبين الخطوات جميعها التي نفذتها.	

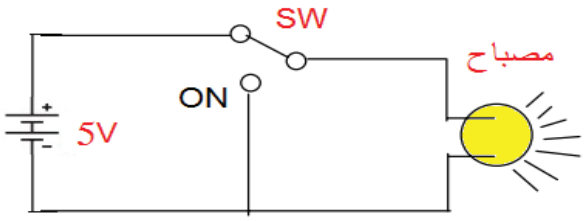
3-تقويم التمرين:

أ- لماذا تم توصيل مقاومة على التوالي مع الثنائي المشع للضوء في الشكل (1)؟

ب- هل يمكن استخدام مصباح عادي بدل الثنائي المشع للضوء؟

4- تمارين للممارسة:

- نفذ باستخدام المفاتيح البوابة المبيّنة في الشكل الآتي، وكرر الخطوات كما في التمرين السابق.



- استنتج جدول الصواب للبوابة.

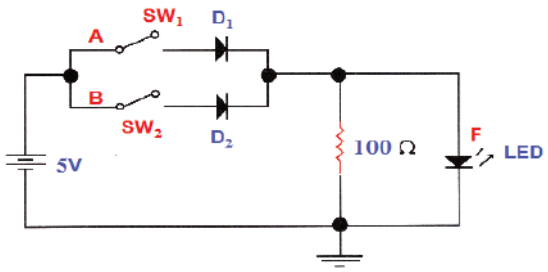
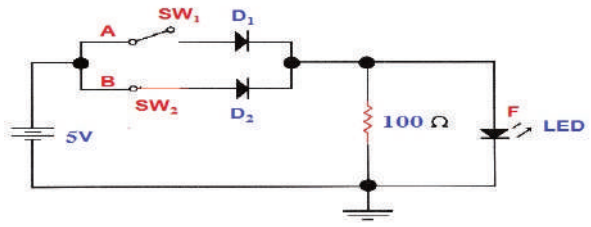
التمارين العملية :

تمرين: (2-20) بناء بوابة «أو» (OR) باستخدام الثنائيات

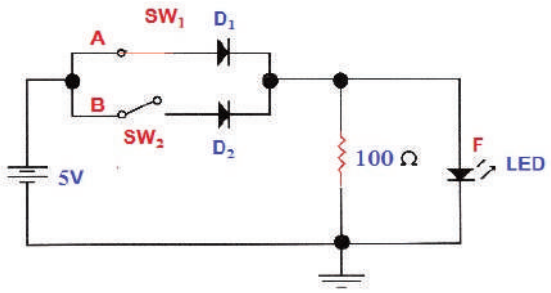
يُتوقع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تبني بوابة «أو» (OR) باستخدام الثنائيات.
- تتحقق من عمل بوابة «أو» (OR) باستخدام جدول الصواب.

متطلبات تنفيذ التمرين	
التجهيزات (الأدوات)	**المواد الأولية**
- جهاز الأفوميتر الرقمي - مصدر فولتية مباشرة 1A / (0-30V) - كاوي لحام (30-40W) - صندوق العدة	- مقاومة كربونية (100 Ω)(0.5W) - مفتاحا تشغيل أحاديان - ثنائي مشع للضوء - ثنائيات نوع (1N4002) - أسلاك ولوحة توصيل - بكرة لحام قصدير

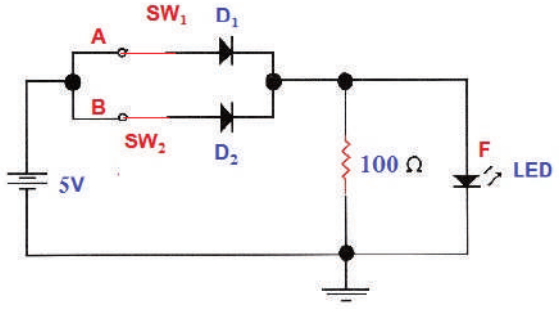
خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1- نفذ الدارة المبيّنة في الشكل (1) أ- اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على الفولتية المناسبة ثم صله بالدارة، ثم دوّن في جدول الصواب المبيّن في الجدول الوارد في الصفحة اللاحقة بحالة الثنائي المشع.	 الشكل (1).
ب-أغلق المفتاح (SW2)، وافتح المفتاح (SW1) كما في الشكل (2)، ثم لاحظ إضاءة الثنائي، ثم دوّن في جدول الصواب حالة الثنائي المشع.	 الشكل (2).

جـ- أغلق المفتاح (SW1)، وافتح المفتاح (SW2) كما في الشكل (3)، ثم لاحظ إضاءة الثنائي ثم دوّن في جدول الصواب حالة الثنائي المشع الآتي.



الشكل (3).

د- أغلق المفتاحين (SW1،SW2) كما في الشكل (4)، ثم لاحظ إضاءة الثنائي، ثم دوّن في جدول الصواب حالة الثنائي المشع الآتي.



الشكل (4).

SW_1(A)	SW_2(B)	LED (F)
OFF	OFF	
OFF	ON	
ON	OFF	
ON	ON	

2- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي نفذتها.

3- تقويم التمرين:

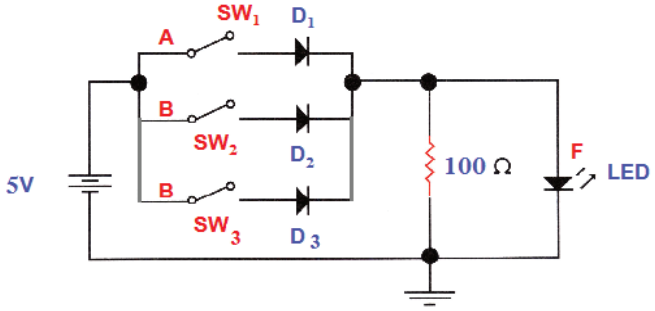
أ- لماذا تم توصيل مقاومة على التوالي مع الثنائي المشع للضوء في الشكل (1)؟

ب- في الشكل (4) ماذا يحدث إذا عُكس قطبا مصدر الفولتية المستمرة؟

جـ- هل يمكن استخدام مصباح عادي بدل الثنائي المشع للضوء؟

4- تمارين للممارسة:

- نفذ باستخدام المفاتيح البوابة المبيّنة في الشكل الآتي، وكرر الخطوات كما في التمرين السابق.



- استنتج جدول الصواب للبوابة.

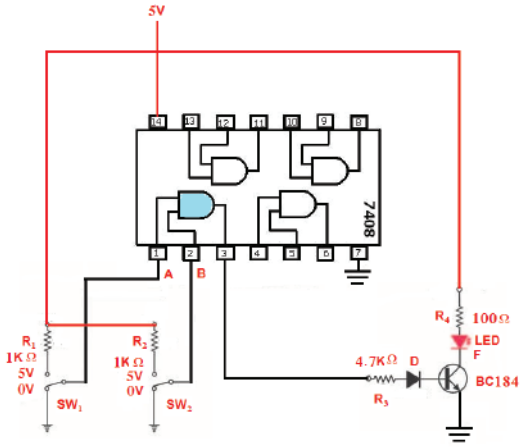
تمرين: (2-21)

بناء بوابة «و» (AND) باستخدام البوابات المنطقية المتكاملة

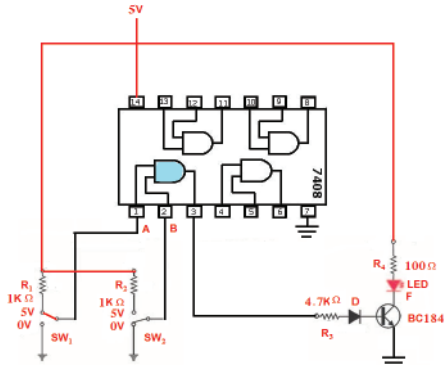
يُتوقع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تبني بوابة «و» (AND) باستخدام البوابات المنطقية المتكاملة.
- تتحقق من عمل بوابة «و» (AND) باستخدام جدول الصواب.

متطلبات تنفيذ التمرين	
التجهيزات (الأدوات)	**المواد الأولية**
- جهاز الأفوميتر الرقمي - مصدر فولتية مباشرة 1A / (0-30V) - كاوي لحام (30-40W) - صندوق العدة	- مقاومة كربونية (1K Ω) (4.7KΩ) (10KΩ) (100Ω) (0.5W) - مفتاحا تشغيل ثنائيان - بوابة منطقية متكاملة 7408 - ثنائي (1N4148) - ترانزستور(BC184) أو ما يكافئه - ثنائي مشع للضوء - أسلاك ولوحة توصيل - بكرة لحام قصدير - كتيب البدائل

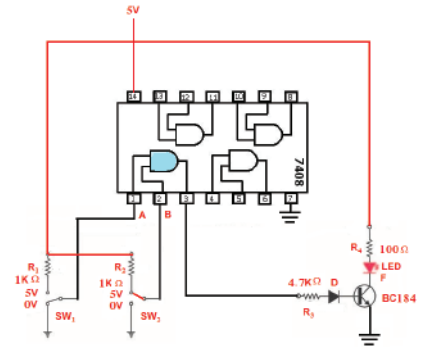
خطوات الأداء	الرسومات التوضيحية
1- حـــدد أطراف البوابة المنطقيـــة المتكاملة باستخدام كتيب البدائل. أ- نفذ الدارة المبيّنة في الشكل (1) ب- اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على الفولتية المناسبة، ثم صلـــه بالدارة، أغلـــق المفتاحـــين (SW1,SW2) على الوضـــع «0» لاحـــظ إضاءة الثنائي، ثم دوّن في جدول الصواب المبيّن في الجدول الوارد في الصفـــحة اللاحقة الخاص بحالة الثنائي المشع.	 الشكل (1).

جـ- أغلق المفتاح (SW1) على وضع «5V»، والمفتاح (SW2) على وضع «0V» كما في الشكل (2)، ثم لاحظ إضاءة الثنائي ثم دوّن في جدول الصواب حالة الثنائي المشع.



الشكل (2).

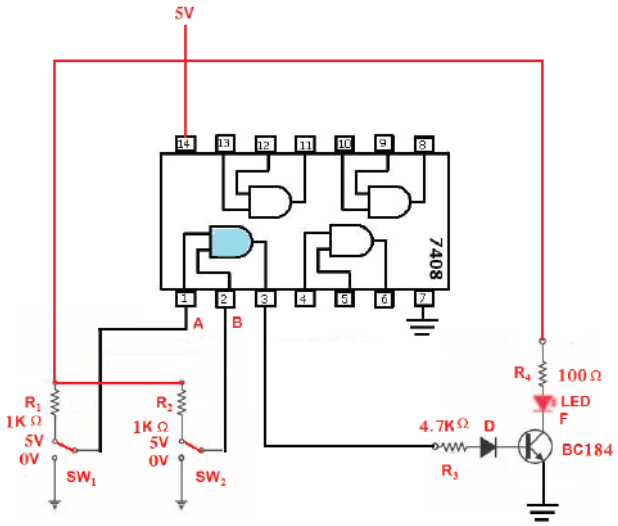
د- أغلق المفتاح (SW2) على وضع «5V»، والمفتاح(SW1) على وضع «0» كما في الشكل (3)، ثم لاحظ إضاءة الثنائي، ثم دوّن في جدول الصواب حالة الثنائي المشع الاتي.



الشكل (3).

هـ- أغلق المفتاحين (SW1،SW2) على وضع «5V» كما في الشكل (4)، ثم لاحظ إضاءة الثنائي، ثم دوّن في جدول الصواب حالة الثنائي المشع الآتي.

SW_1(A)	SW_2(B)	LED (F)
0	0	
0	5	
5	0	
5	5	



الشكل (4).

2- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين الخطوات جميعها التي نفذتها.

3- تمارين للممارسة:

- نفذ البوابات الآتية، باستخدام البوابات المنطقية المتكاملة وكرر الخطوات، كما في التمرين السابق:

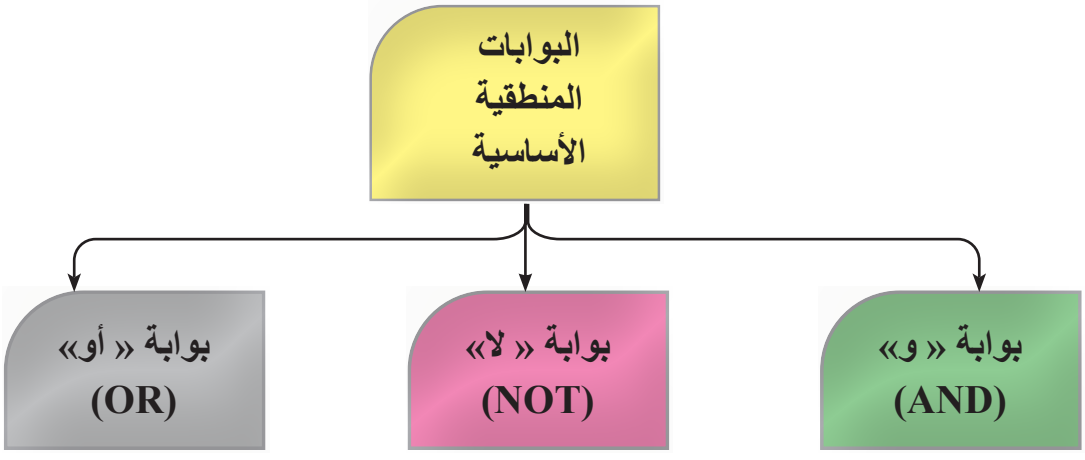
7400، 7402، 7404، 7432

- استنتج جدول الصواب للبوابة.

التقويم الذاتي (النقاط الحاكمة)

الرقم	خطوات الأداء	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	أميز بين الدارات المتكاملة.			
2	أحدّد أطراف الدارات المتكاملة.			
3	أستخدم كتيب مكافئات الدارات المتكاملة.			
4	أفحص الدارات المتكاملة.			
5	أبني دارة فلاش ضوئي باستخدام الدارات المتكاملة.			
6	أبني بوابة « و» (AND)باستخدام المفاتيح.			
7	أبني بوابة « أو» (OR) باستخدام المفاتيح.			
8	أبني بوابة « لا» (NOT) باستخدام المفاتيح.			
9	أبني بوابة « أو» (OR) باستخدام الثنائيات.			
10	أبني بوابة « و» (AND) باستخدام البوابات المنطقية المتكاملة.			

الخرائط المفاهيمية



مسرد المصطلحات

المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الإنجليزية
A	
أميتر (جهاز قياس التيار الكهربائي)	Ammeter
مضخم	Amplifier
اتساع	Amplitude
إشارة تشابهية	Analog Signal
مصعد	Anode
مضخم التردد السمعي	Audio Frequency Amplifier
التحكم الذاتي في التردد	Automatic Frequency Control
التحكم الذاتي في الكسب	Automatic Gain Control
	B
رقم ثنائي	Binary Digit
فولتية الانهيار	Breakdown Voltage
C	
سعة	Capacitance
حمل	Carry
منحنيات الخواص	Characteristic Curves
دارة "و"	Circuit ,AND
دارة (لا/أو)	Circuit ,NOR
دارة "لا"	Circuit ,NOT
ملف	Coil
مجمع	Collector
قاعدة مشتركة	Common Base

المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الإنجليزية
مجمع مشترك	Common Collector
باعث مشترك	Common Emitter
مقارن	Comparator
شبه الموصل ذو الأكسيد المعدني المتمم	Complementary Metal Oxide Semiconduc-(tor(CMOS
فرق جهد الاتصال	Contact Potential
D	
منطقة الاستنزاف	Depletion Region
رقم	Digit
مدخل رقمي	Digital Input
دارات متكاملة رقمية	Digital Integrated Circuits
ثنائي	Diode
اتجاهية	Directivity
مصرف	Drain
E	
دارة كهربائية	Electric Circuit
تيار كهربائي	Electric Current
المولّد كهربائي	Electric Generator
حمل كهربائي	Electric Load
محرك كهربائي	Electric Motor
مواسع إلكتروليتي	Electrolytic Capacitor
باعث	Emitter
F	
مرشح	Filter
كثافة التدفق المغناطيسي	Flux Density

المصطلح باللغة الإنجليزية	المصطلح باللغة العربية
Forward Bias	انحياز أمامي
Free Electrons	إلكترونات حرة
Free Holes	فجوات حرة
Frequency	تردد
G	
Gate	بوابة
H	
Impedance Matching	مواءمة الممانعة
Inductance	محاثة
Insulated Gate FET	ترانزستور تأثير المجال ذو البوابة المعزولة
Integrated Circuit (IC)	دارة متكاملة
J	
Junction FET (JFET)	ترانزستور تأثير المجال ذو الوصلة
L	
Light Emitting Diode(LED)	ثنائي مشع للضوء
Linear Distortion	تشوه خطي
Linear Integrated Circuit	الدارة المتكاملة الخطية
Load Line	خط الحمل
Logic Circuit	دارة منطقية
M	
Majority Charge Carriers	حاملات الشحنة الأغلبية
Metal Oxide Semiconductor FET(MOS-(FET	ترانزستور تأثير المجال نوع الأكسيد المعدني
Minority Charge Carriers	حاملات الشحنة الأقلية
Motor	محرك

المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الإنجليزية
إرسال متعدد القنوات	Multiplexer
مذبذب متعدد الاهتزازات	Mutlivibrator
O	
أوميتر (جهاز قياس المقاومة)	Ohmmeter
مذبذب	Oscillator
P	
الفولتية العكسية القصوى	Peak Inverse Voltage (PIV)
فرق الطور	Phase Difference
طرف	Pin
مضخم أولي	Pre-amplifier
نبضة	Pulse
R	
تردد راديوي	Radio Frequency (RF)
إشارة قراءة	Read Strobe
موجة مستطيلة	Rectangular Wave
إرجاع	Reset
مقاومة	Resistance
رنين	Resonance
انحياز عكسي	Reverse Bias
S	
انتقائية	Selectivity
انحياز ذاتي	Self Bias
حساسية	Sensitivity
موجة جيبية	Sinusoidal Wave
معجونة لحام	Solder Flux

المصطلح باللغة الإنجليزية	المصطلح باللغة العربية
Source	منبع
Switch	مفتاح
T	
Time Constant	ثابت زمني
Transformer	محول
Transistor -Transistor Logic (TTL)	منطق الترانزستور- الترانزستور
Transition Region	منطقة التحول
Triangular Wave	موجة مثلثية
Trigger	قدح
Truth Table	جدول الصواب
Tweeter	سماعة التردد العالي
V	
Varactor	ثنائي سعوي
Voltage	فولتية
Voltage Level	مستوى الفولتية
Voltage Multiplier	مضاعف الفولتية
Voltmeter	فولتميتر (جهاز قياس الفولتية)
W	
Watt –Hour Meter	مقياس الطاقة
Wattmeter	مقياس القدرة

تم بحمد الله