المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم
إدارة المناهج والكتب المدرسية

# الاتصالات والإلكترونيات

## العلوم الصناعية الخاصة والتدريب العملي

## الفصل الدراسي الأول

## الصف الحادي عشر

## الفرع الصناعي


**الناشر**

**وزارة التربية والتعليم**

**إدارة المناهج والكتب المدرسية**



يسر إدارة المناهج والكتب المدرسية استقبال آرائكم وملاحظاتكم على هذا الكتاب على العناوين الآتية:

هاتف: 8-5 / 4617304 فاكس 4637569- ص.ب: (1930) الرمز البريدي: 11118

أو على البريد الإلكتروني: VocSubjects.Division@moe.gov.jo :Email

قررت وزارة التربية والتعليم تدريس هذا الكتاب في مدارس المملكة الأردنية الهاشمية جميعها، بناءً على قرار مجلس التربية والتعليم رقم (2021/23)، تاريخ (2021/2/4م)، بدءًا من العام الدراسي 2021/ 2022م.

**الحقوق جميعها محفوظة لوزارة التربية والتعليم**

**عمّان - الأردن/ ص ب: 1930**

**رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية**

(2021/7/4065)

**ISBN 978-9957-84-996-2**

لجنة التوجيه والإشراف على هذا الكتاب

أ.د ممدوح عبد العزيز البصول — د. عبدالله 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. منير عبد الرحيم حجة — م. جهاد صبحي عبد الحي

م. علي حسين العابد

التحرير العلمي: م. محمد عبد اللطيف أبو رحمة — التصميم: يوسف قاسم موسى

التحرير اللغوي: نضال أحمد موسى — الرسم: إبراهيم محمد شاكر

التحرير الفني: أنس خليل الجرابعة — الإنتاج: د. عبد الرحمن سليمان أبو صعيليك

دقق الطباعة وراجعها: م. عبدالله حسين السوالقة

منهاجي
متعة التعليم الهادف

**الطبعة الأولى (التجريبية)** — 1442هـ / 2021م

**أعيدت طباعته** — 2022 - 2023م

# قائمة المحتويات


| الموضوع | | | الصفحة |
|---|---|---|---|
| المقدمة | | | 8 |
| إرشادات تطبيقية | | | 9 |
| الوحدة | | الموضوع | الصفحة |
| الأولى: أساسيات الكهرباء | أولًا | التركيب الذري للمادة | 15 |
| | ثانيًا | الفولتية والتيار الكهربائي والمقاومة | 19 |
| | التمارين العملية | | |
| | التمرين الأول | العُدَد اليدوية | 30 |
| | التمرين الثاني | تعرية الأسلاك الكهربائية وإجراء عمليات اللحام بالقصدير | 33 |
| | ثالثًا | المقاومة الكهربائية | 35 |
| | رابعًا | أجهزة القياس الكهربائية وتوصيل المقاومات | 44 |
| | التمارين العملية | | |
| | التمرين الأول | تمييز المقاومات الكهربائية | 51 |
| | التمرين الثاني | معرفة قيم المقاومات | 53 |
| | التمرين الثالث | استخدام جهاز الأفوميتر | 55 |
| | التمرين الرابع | قانون أوم | 58 |
| | التمرين الخامس | توصيل البطاريات | 61 |
| | التمرين السادس | توصيل المقاومات الكهربائية | 63 |
| | خامسًا | القدرة والطاقة الكهربائية | 67 |
| | التمارين العملية | | |
| | التمرين الأول | التحقق من قانون القدرة والطاقة | 72 |
| | سادسًا | قانونا كيرشوف | 74 |
| | التمارين العملية | | |
| | التمرين الأول | التحقق من قانوني كيرشوف | 78 |

| الوحدة | | الموضوع | الصفحة |
|---|---|---|---|
| | **سابعًا** | **المواسعات الكهربائية** | 80 |
| | التمارين العملية | | |
| | التمرين الأول | تمييز المواسعات | 88 |
| | التمرين الثاني | توصيل المواسعات على التوالي، وعلى التوازي، وتوصيلًا مركبًا | 89 |
| | التمرين الثالث | بناء دارة شحن وتفريغ المواسع باستخدام مصباح | 91 |
| | **ثامنًا** | **التيار المتناوب** | 92 |
| | التمارين العملية | | |
| | التمرين الأول | ضبط مكونات الواجهة الأمامية لجهاز راسم الإشارة التماثلي | 101 |
| | التمرين الثاني | قياس القيمة الفعالة للموجة الجيبية باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي | 105 |
| | التمرين الثالث | قياس القيمة العظمى والقيمة الفعالة والتردد | 107 |
| | التمرين الرابع | تحديد أشكال الموجات المتناوبة باستخدام جهاز راسم الإشارة وجهاز مولد الإشارة | 109 |
| | **تاسعًا** | **الملفات الكهربائية** | 111 |
| | التمارين العملية | | |
| | التمرين الأول | تمييز الملفات | 117 |
| | التمرين الثاني | فحص الملفات | 118 |
| | التمرين الثالث | توصيل الملفات | 119 |
| | **عاشرًا** | **المقاومة والملف والمواسع في دارات التيار المتناوب** | 121 |
| | التمرين الأول | حساب الممانعة الحثية للملف | 127 |
| | التمرين الثاني | حساب الممانعة السعوية للمواسع | 129 |
| | التمرين الثالث | دارة مقاومة وملف ومواسع على التوالي | 131 |
| | التمرين الرابع | دارة رنين على التوالي | 133 |


منهاجي
منصة التعليم الهادف

| الوحدة | | الموضوع | الصفحة |
|---|---|---|---|
| | حادي عشر | المحولات الكهربائية | 135 |
| | التمارين العملية | | |
| | التمرين الأول | فحص المحولات | 141 |
| | التمرين الثاني | إجراء القياسات على المحولات الكهربائية | 143 |
| | ثاني عشر | المحرك الكهربائي | 145 |
| | التمارين العملية | | |
| | التمرين الأول | تمييز أنواع المحركات | 150 |
| | ثالث عشر | أجهزة التحكم والحماية | 151 |
| | التمارين العملية | | |
| | التمرين الأول | عناصر الحماية | 159 |
| | التمرين الثاني | تشغيل محرك باستخدام مفتاح مغناطيسي | 160 |
| | أسئلة الوحدة | | |
| الثانية: أساسيات الإلكترونيات | أولاً | المواد شبه الموصلة | 174 |
| | ثانيًا | الوصلة الثنائية | 180 |
| | ثالثًا | أنواع الثنائيات | 187 |
| | التمارين العملية | | |
| | التمرين الأول | التمييز بين الأنواع المختلفة من الثنائيات | 192 |
| | التمرين الثاني | فحص الثنائيات | 194 |
| | رابعًا | دارات تقويم الفولتية، وتنعيمها (ترشيحها)، وتنظيمها | 197 |
| | التمارين العملية | | |
| | التمرين الأول | دارة تقويم نصف الموجة باستخدام الثنائي | 211 |
| | التمرين الثاني | دارة تقويم موجة كاملة (القنطرة) | 214 |
| | التمرين الثالث | دارة تقويم موجة كاملة مع دارة تنعيم | 217 |
| | التمرين الرابع | دارة منظم فولتية باستخدام الثنائي زينر | 220 |

| الوحدة | | الموضوع | الصفحة |
|---|---|---|---|
| | خامسًا | الترانزستورات | 222 |
| | التمارين العملية | | |
| | التمرين الأول | أنواع الترانزستورات | 244 |
| | التمرين الثاني | فحص الترانزستورات، وتحديد أطرافها، وصلاحيتها | 246 |
| | التمرين الثالث | دارة مضخم الباعث المشترك | 249 |
| | التمرين الرابع | دارة مضخم القاعدة المشتركة | 251 |
| | التمرين الخامس | دارة مضخم المجمع المشترك | 254 |
| | التمرين السادس | استخدام ترانزستور ثنائي القطبية بوصفه مفتاحًا | 256 |
| | التمرين السابع | فحص ترانزستورات تأثير المجال (JFET) وتحديد أطرافها | 258 |
| | سادسًا | الدارات المتكاملة | 262 |
| | التمارين العملية | | |
| | التمرين الأول | الدارات المتكاملة وفحصها | 267 |
| | التمرين الثاني | دارة فلاش ضوئي باستخدام الدارات المتكاملة | 269 |
| | أسئلة الوحدة | | 272 |


منهاجي
منصة التعليم الهادف

| الوحدة | | الموضوع | الصفحة |
|---|---|---|---|
| الثالثة: إلكترونيات القوى | أولًا | المقوم السيليكوني المحكوم | 277 |
| | التمارين العملية | | |
| | التمرين الأول | تحديد أطراف المقوم السيليكوني المحكوم، وفحصه | 281 |
| | التمرين الثاني | دارة تحكم في حمل باستخدام المقوم السيليكوني المحكوم | 284 |
| | ثانيًا | الترانزستور أحادي الوصلة | 286 |
| | التمارين العملية | | |
| | التمرين الأول | فحص الترانزستور أحادي الوصلة، وتحديد أطرافه | 289 |
| | التمرين الثاني | دارة مذبذب تراخٍ باستخدام الترانزستور أحادي الوصلة | 291 |
| | ثالثًا | الدياك والترياك | 293 |
| | التمارين العملية | | |
| | التمرين الأول | دارة كهربائية لدراسة العلاقة بين الفولتية والتيار في الدياك | 299 |
| | التمرين الثاني | دارة مذبذب تراخٍ باستخدام الدياك | 301 |
| | التمرين الثالث | فحص صلاحية الترياك، وتحديد أطرافه | 303 |
| | التمرين الرابع | دارة تحكم في تشغيل مصباح باستخدام الترياك | 306 |
| أسئلة الوحدة | | | 309 |
| مسرد المصطلحات | | | 313 |
| قائمة المراجع | | | 325 |

بسم الله الرحمٰن الرحيم

## المقدمة

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على خاتم المرسلين سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم، وبعد: فقد جاء هذا الكتاب استمرارًا لعملية التطوير التربوي التي تنتهجها وزارة التربية والتعليم، وانسجامًا مع المرتكزات التربوية التي تسعى إلى تزويد طلبة التعليم المهني الشامل (الفرع الصناعي) بمهارات وكفايات تمكنهم من دخول سوق العمل ومواكبة مستجداته، وبخاصة في مجال الاتصالات والإلكترونيات، وللحصول على المعرفة، والمشاركة فيها، وتوظيفها، وابتكارها بهدف تحسين نوعية حياة الفرد بمجالاتها المختلفة، والتكيف معها.

روعي في تأليف هذا الكتاب التركيز على بناء المفاهيم الصحيحة، وتعريف الطالب بها، والتنوع في الأساليب وطرائق العرض التي تستند إلى استراتيجيات تدريس التعلم الخماسية (انظر وتساءل، اقرأ وتعلَّم، استكشف، الإثراء، الخرائط والمفاهيم، القياس والتقويم)، وقد تمثَّل ذلك في طرح العديد من الأنشطة والأسئلة الاستقصائية التي تثير تفكير الطالب، وتحثه على البحث والاستقصاء، وجاءت لغة الكتاب محفزة إياه على التحليل والحوار، والتفاعل مع المادة العلمية والعملية. وقد تضمَّن الكتاب العديد من الأشكال والرسوم التوضيحية، والتطبيقات العملية، والأمثلة المتنوعة.

اشتمل الكتاب على ثلاث وحدات دراسية؛ الأولى: اساسيات الكهرباء، والثانية: أساسيات الإلكترونيات، والثالثة: إلكترونيات القوى. ونحن إذ نُقدِّم هذا الجهد المتواضع، فإنا نأمل أن يُحقِّق أهدافه، وأن يُزوِّدنا المعلمون بملاحظاتهم بغية تطويره وتحسينه.

**والله ولي التوفيق**

**المؤلفون**

# إرشادات تطبيقية

## الإرشادات الخاصة بالسلامة والصحة المهنية:

1– ارتداء زي العمل المهني، والنظارة الواقية، والقفازين، وحذاء العمل قبل تنفيذ النشاط.

2– تعرف مكان خزانة الإسعافات الأولية في المشغل.

3– الالتزام بتعليمات اللوحات الإرشادية الموجودة قي المشغل.

4– تطبيق الإرشادات الخاصة بتشغيل الآلات والمعدات بحسب تعليمات الشركة الصانعة، أو بحسب المكتوب على لوحة الإرشاد في الآلة.

## الإرشادات الخاصة بالوقاية من مخاطر الكهرباء:

1 – توخي الحذر، وعدم الاعتماد على أجهزة الأمان للحماية فقط؛ لأنها قد لا تكون فاعلة دائمًا.

2 – التأكد من تأريض الأجهزة؛ تجنبًا لحدوث صدمات كهربائية.

3 – العمل على طاولة عمل مرتبة.

4 – العمل على أرضية معزولة، أو جافة.

5 – تنفيذ العمل بيد واحدة في أثناء توصيل التيار الكهربائي قدر الإمكان.

6 – عدم التحدث إلى الزملاء في أثناء العمل إلا في ما يخص العمل، وفي الوقت المناسب.

7 – التحرك بهدوء في أثناء العمل، وبخاصة حول الدارات الكهربائية المغذاة بالتيار الكهربائي.

8 – عدم تعريض النفس أو الزملاء لأي نوع من أنواع الصدمات الكهربائية.

9 – عدم تشتيت انتباه أي من الزملاء الذي يؤدي عملًا خطيرًا بأي وسيلة من وسائل لفت الانتباه.

10– فحص الأجهزة قبل استخدامها، وتعرف مصادر المخاطر المحتملة.

## الإرشادات الخاصة باستخدام الأجهزة والمعدات:

1 – ضبط مؤشر جهاز الأوميتر على الصفر قبل استخدامه لقياس المقاومة، وتكرار ذلك عند تغيير مدى القياس في كل مرة.

2 – اختيار نوع القياس ومداه المناسبين قبل البدء بعملية القياس، والتأكد أن المدى أكبر من القيمة المراد قياسها.

3 – استخدام جهاز القياس بصورة صحيحة (في وضع أفقي، أو وضع عمودي، أو مائل بزاوية).

4 – وصل جهاز الأفوميتر على التوازي بالحمل المراد قياس الفولتية بين طرفيه، ووصل جهاز الأميترعلى

التوالي في حالة قياس التيار المار بالمقاومة.

5 – التحقق من قيمة فولتية مصدر الفولتية قبل وصله بالدارة.

6 – تنظيف رأس الكاوي قبل البدء بعملية اللحام.

7 – رصد قيم المقاومات الداخلة في الدارة، والتحقق من مطابقتها القيم المطلوبة قبل وصلها بالدارة.

8 – فحص صلاحية العناصر الكهربائية والإلكترونية باستخدام جهاز الأوميتر قبل وصلها بالدارة.

9 – التحقق دائمًا من كفاية فولتية بطارية جهاز القياس قبل استخدامه.

10– عند تجميع الدارات الإلكترونية باستخدام اللحام بالقصدير، يجب أن يكون اللحام دقيقًا ونظيفًا، وأن تتم عملية اللحام بسرعة؛ لأن إطالة وضع كاوي اللحام على أطراف العناصر الإلكترونية قد تتلف هذه العناصر.

11– استخدام كاوي لحام ذي قدرة منخفضة؛ لكيلا تؤدي الحرارة الزائدة إلى تلف العناصر في أثناء عملية اللحام.

12– نزع البطاريات من أجهزة القياس عند عدم استخدامها مدة طويلة.

13– تجنب لمس أجزاء الدارات الكهربائية والإلكترونية باليد في أثناء تنفيذ التمرينات، وبخاصة عند استخدام فولتيات عالية؛ لحماية الدارات من العطب، وتجنب التعرض لصدمة كهربائية.

14– فصل مصدر الفولتية عند فك الدارة، أو تعديلها.

15– عدم إغلاق فتحات التهوية الخاصة بالأجهزة.

16– إغلاق الأجهزة بعد الانتهاء من استخدامها، أو عند مغادرة المكان، أو قبل الخروج للاستراحة.

17– إبعاد الأشياء غير الضرورية عن طاولة العمل.

## إرشادات مهنية

1– اتباع الطريقة الأدائية في تنفيذ التمرينات العملية في المشغل؛ إذ تساعد هذه الطريقة على اكتساب المهارة بيسر وفاعلية، وتتلخص في الخطوات الآتية:

- تقديم المشاهدة العملية أمام الطلبة وفق الشروط التي يضعها المعلم.
- محاكاة الطلبة لأداة المعلم، ومشاركتهم في تقويم الأداء وتصويبه.
- ممارسة الطلبة للتمرينات المتضمنة، ومتابعة المعلم، وتكرار الممارسة النهائية لاكتساب المهارة والسرعة في العمل.

2– تقويم الأداء النهائي للتمارين باتباع الإجراءات التي تراعي أسلوب الأداء، وتشمل اختيار أدوات العمل، واستخدامها بصورة سليمة، ومراعاة تعليمات السلامة والصحة المهنية، ومنهجية خطوات العمل وتسلسلها، وكذلك تقويم عمل الدارة (المنتج النهائي)، والزمن المستغرق في الأداء.

3– تنفيذ التمرينات الواردة في الكتاب، ثم كتابة التقرير الخاص بكل منها بعد إجرائه، ثم عرضه على المعلم لتقويمه.

# إرشادات مهمة في أثناء تنفيذ التمارين العملية

1– حضور الذهن في أثناء تنفيذ التمارين العملية.

2– الاستماع إلى تعليمات المدرب جيدًا.

3– توصيل عناصر التمرين بحسب المخطط المرفق بالدارة.

4– اختيار عناصر التمرين بحسب القيم والمحددات المرفقة بالمخطط.

5– التعاون التام مع الزملاء.

6– العمل بروح الفريق مع الزملاء.

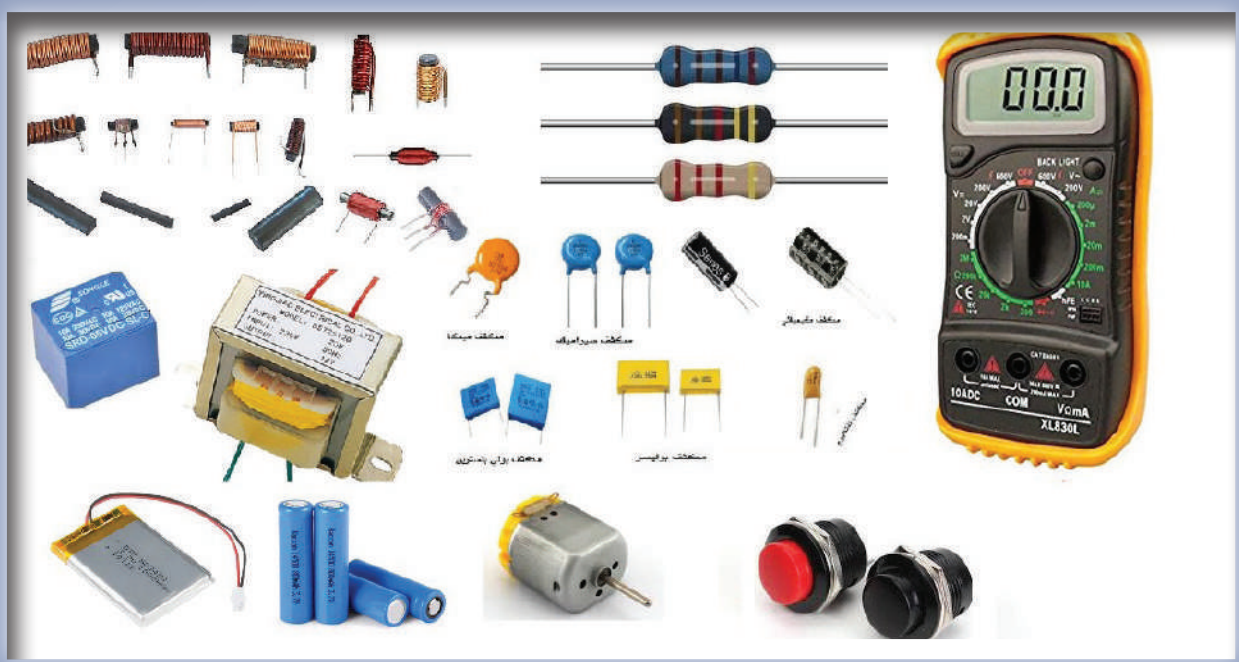
7– عدم العبث بالأجهزة والمعدات.

8– إتقان العمل في أثناء تنفيذ التمارين العملية.

9– إعادة ترتيب مكان العمل بعد الانتهاء من تنفيذ التمارين.

# الوحدة الأولى

# أساسيات الكهرباء




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

تعد الكهرباء من أهم الاختراعات في تاريخ البشرية، وقد أسهمت في تطور جميع مناحي الحياة وقطاعاتها؛ إذ أفضت إلى اكتشاف العديد من الطاقات الإبداعية التي عملت على تيسير شوؤن الحياة اليومية، فضلًا عن دورها في اختراع الآلات، وتشغيلها، وبناء المصانع، والشركات والبيوت والجامعات وتطويرها؛ ما وفَّر على الإنسان كثيرًا من الوقت والجهد، وسهَّل عليه مختلف مناحي الحياة؛ إذ أصبحت المدن والقرى والبيوت والشوارع والأماكن المختلفة مُنارة ومُضاءة؛ ما أضفى عليها لمسة من الجمال.

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

**يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:**

1 – يتعرف مفهوم التيار المباشر (المستمر)، ومصادره، واستخداماته.

2 – يتعرف المفاهيم الكهربائية: المقاومة، والتيار، والفولتية.

3 – يميز بين المواد الموصلة، والمواد العازلة، والمواد شبه الموصلة.

4 – يميز بين أنواع المقاومات (الكربونية، والسلكية، والخاصة)، ويتعرف خصائص كل منها.

5 – يتعرف العوامل المؤثرة في اختيار المقاومات الكهربائية.

6 – يتعرف طرائق توصيل المقاومات على التوالي، وعلى التوازي، والتوصيل المركب، ويحسب المقاومة المكافئة.

7 – يحسب المتغيرات في الدارة الكهربائية الأساسية باستخدام قانون أوم.

8 – يتعرف مفهوم القدرة، ومفهوم الطاقة الكهربائية.

9 – يتعرف المواسعات الكهربائية: أنواعها، وخصائصها، وطرائق توصيلها.

10– يحسب السعة الكلية للمواسعات.

11– يتعرف مفهوم التيار المتناوب.

12– يقيس القيمة الفعالة للموجة الجيبية باستخدام الأفوميتر.

13– يتعرف جهاز راسم الإشارة التماثلي والرقمي.

14– يحدد شكل الإشارة باستخدام راسم الإشارة.

15– يقيس القيمة العظمى والتردد للموجة الجيبية، ويحسبها باستخدام راسم الإشارة ومولد الإشارة.

16– يتعرف مفهوم التيار المتناوب أحادي الطور.

17– يتعرف مفهوم التردد.

18– يتعرف مكونات دارات التيار المتناوب.

19– يتعرف أنواع الملفات الكهربائية، وخصائصها.

20– يفحص مجموعة من الملفات.

21– يقيس حث الملفات.

22– يوصل مجموعة من الملفات (على التوالي، وعلى التوازي، والتوصيل المركب)، ويقيس المقاومة والحثية المكافئة لها.

23– يتعرف المحولات الكهربائية.

24– يفحص مجموعة من المحولات الكهربائية.

25– يوصل محولًا كهربائيًّا في دارات كهربائية، ويقيس الفولتيات والتيارات للدخل والخرج.

26– يتعرف المحركات الكهربائية.

27– يتعرف عناصر التحكم والحماية الأساسية: المرحلات، والمصهرات، والمفاتيح، والملامسات.

28– ينشئ دارة كهربائية تحتوي على مفتاح ومصهر ومرحل.

29– يوصل دارة التحكم والحماية الخاصة بتشغيل المحرك.

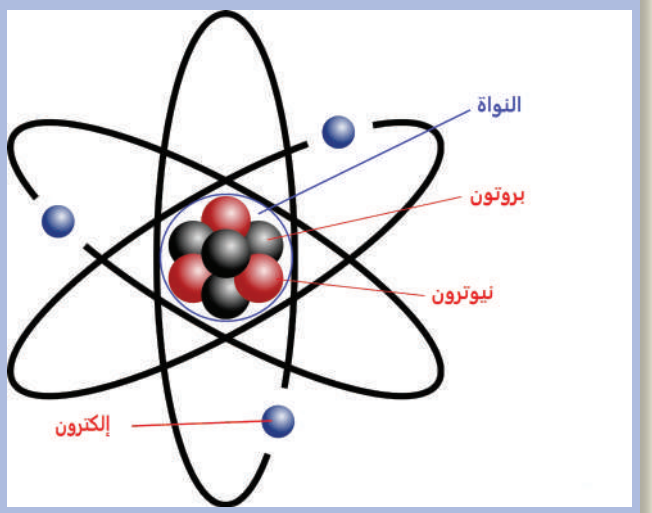
# أولًا: التركيب الذري للمادة

# (The Atomic Structure)

**النتاجات الخاصة بالدرس**

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذا الدرس أن:

- يتعرف التركيب الذري للمادة.
- يميز بين المواد من حيث توصيلها للتيار الكهربائي.




انظر وتساءل

استكشف

اقرأ وتعلَّم

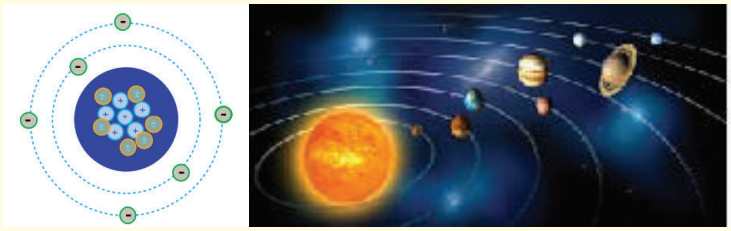
الإثراء والتوسع

القياس والتقويم

الخريطة المفاهيمية

**انظر وتساءل**

هل سألت نفسك يومًا: ما أوجه التشابه بين الذرة والمجموعة الشمسية؟



الشكل (1-1): المجموعة الشمسية والذرة.

يتبين من الشكل (1-1) أن الذرة تشبه في تركيبها المجموعة الشمسية، فهي تتكوَّن من نواة في المركز (مثل الشمس) تدور حولها الإلكترونات (مثل الكواكب) بتأثير قوتين متساويتين ومتعاكستي الاتجاه؛ فالقوة الكهرمغناطيسية تجذب الإلكترونات إلى النواة، وقوة الطرد المركزي (الناتجة من سرعة دوران الإلكترونات حول النواة) تبعد الإلكترونات عن النواة؛ ما يؤدي إلى دورانها بشكل دائري حول النواة.

## استكشف

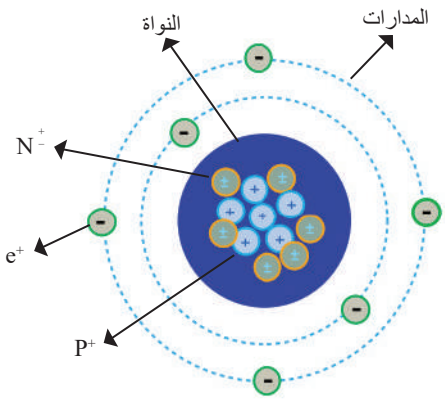
- هل لتركيب المادة علاقة بالكهرباء؟

## اقرأ وتعلَّم

**1 – التركيب الذري للمادة:** من أهم الاكتشافات التي غيَّرت مجرى الحياة التوصل إلى التركيب الذري للمادة، الذي مهد الطريق إلى إنجازات علمية خدمت الإنسان، وسهَّلت معيشته، وتعد الكهرباء من أبرز الإنجازات التي ارتكزت على التركيب الذري للمادة.

**أ- تركيب الذرة:** تتكوَّن المادة من وحدات تسمى الذرات، وتتكوَّن الذرة ممّا يأتي:

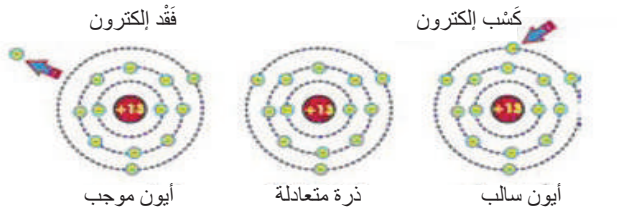
- النواة التي تحتوي على جسيمات ذات شحنة موجبة تسمى البروتونات (P)، وجسيمات متعادلة تسمى النيوترونات (n).
- الجسيمات ذات الشحنة السالبة التي تسمى الإلكترونات (e)، وتدور حول النواة في مدارات وهمية، انظر الشكل (1-2).




الشكل (1-2): التركيب الذري للمادة.

تكون الذرة متعادلة كهربائيًّا عندما يكون عدد الإلكترونات مساويًا لعدد البروتونات، ولكن إذا فقدت الذرة إلكترونًا أو أكثر، فإنها تصبح موجبة الشحنة بمقدار ما فقدت من إلكترونات، وتسمى عندئذٍ أيونًا موجبًا. أمّا إذا اكتسبت الذرة إلكترونًا أو

أكثر، فإنها تصبح سالبة الشحنة بمقدار ما اكتسبت من إلكترونات، وتسمى عندئذٍ أيونًا سالبًا. وعند اتحاد ذرتين أو أكثر يتكوَّن الجزيء، في حين يُكوِّن مجموع الجزيئات المادة، انظر الشكل (1-3).




الشكل (1-3): ذرة ذات أيون سالب، وذرة متعادلة، وذرة ذات أيون موجب.

**ب- الإلكترونات الحرة:**

عند دوران الإلكترون حول النواة تُؤثِّر فيه قوتان؛ الأولى: قوة تجذب الإلكترون السالب إلى النواة موجبة الشحنة، والثانية: قوة الطرد المركزية الناتجة من دوران الإلكترون حول النواة. وكلما كان الإلكترون في مستوى أبعد عن النواة كانت قوة الطرد المركزية أكبر من قوة التجاذب، وكلما ابتعد أكثر تمكَّن قدر قليل من الطاقة أن يُحرِّر الإلكترون من مساره، فتصبح هذه الإلكترونات حرة، وتسبح عشوائيًّا داخل المادة، وتنتقل من ذرة إلى أخرى مُكوِّنة التيار الكهربائي.

**2- المواد الموصلة، والمواد العازلة، والمواد شبه الموصلة:** يعد وجود الإلكترونات الحرة في المادة السبب الرئيس لسريان التيار الكهربائي؛ لأن هذه الإلكترونات تنتقل من ذرة إلى أخرى داخل المادة. وكلما كان عدد الإلكترونات أكثر زادت قابلية المادة لتوصيل الكهرباء.

تُصنَّف المواد بحسب درجة توصيلها للتيار الكهربائي (عدد الإلكترونات الحرة) إلى ثلاثة أقسام، هي:

أ - **المواد الموصلة (Conductive Materials):** تسمح هذه المواد بمرور تيار كهربائي خلالها، وتحتوي على عدد كبير من الإلكترونات، ومن هذه المواد: النحاس، والألمنيوم.

ب- **المواد العازلة (Insulating Materials):** لا تسمح هذه المواد بمرور تيار كهربائي خلالها، وتحتوي على عدد قليل جدًّا من الإلكترونات الحرة، ومن هذه المواد الخشب، والبلاستيك، والمطاط.

جـ - **المواد شبه الموصلة (Semiconductive Materials):** هي مواد تتوسط المواد الموصلة والمواد العازلة؛ أي إنها تكون في حالتها النقية عند درجة حرارة الصفر المطلق عازلة للكهرباء، ويمكن التحكم في موصليتها عن طريق إضافة بعض الشوائب إليها (التطعيم)، والمواد شبه الموصلة تستخدم في صناعة العناصر الإلكترونية، ومن أهم هذه العناصر: السيليكون (Si)، والجرمانيوم (Ge).

## النشاط (1-1)

مستعينًا بالمراجع العلمية المتوافرة في مكتبة مدرستك، ابحث أنت وزملاؤك عن المواد الموصلة والمواد شبه الموصلة، ثم اكتبها في جدول، مُبيِّنًا أهم المواد الموصلة للتيار الكهربائي، ثم اعرضه على المعلم.

ابحث أنت وزملاؤك في شبكة الإنترنت عن مواد فائقة الموصلية، مُبيِّنًا كيفية استخدامها في نقل الطاقة، وكيف يستفاد منها في إنتاج مجالات مغناطيسية قوية، وفي القطارات السريعة جدًّا.

## القياس والتقويم

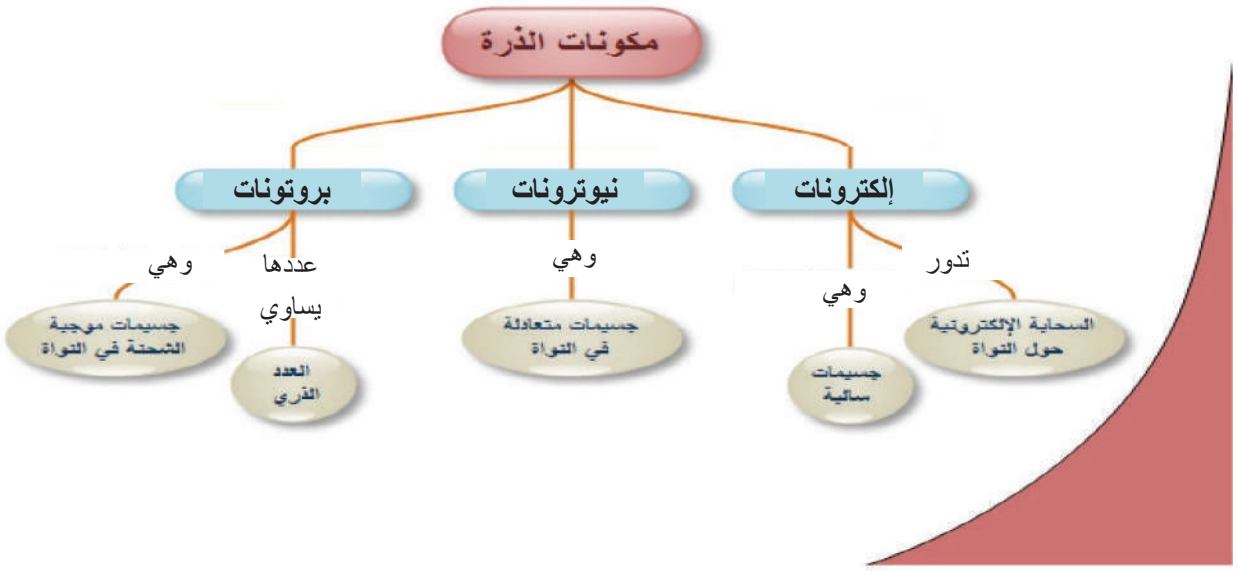
1- لماذا تُغطّى مقابض المفكات وغيرها من الأدوات الكهربائية بالمطاط؟

2- علل تُصنَع خوذة رجل الإطفاء من مادة الزجاج الليفي؟

3- ما أهمية وجود الإلكترونات الحرة في المادة؟

4- وضح المقصود بما يأتي: أيون سالب، أيون موجب، المادة شبه الموصلة.

## الخريطة المفاهيمية

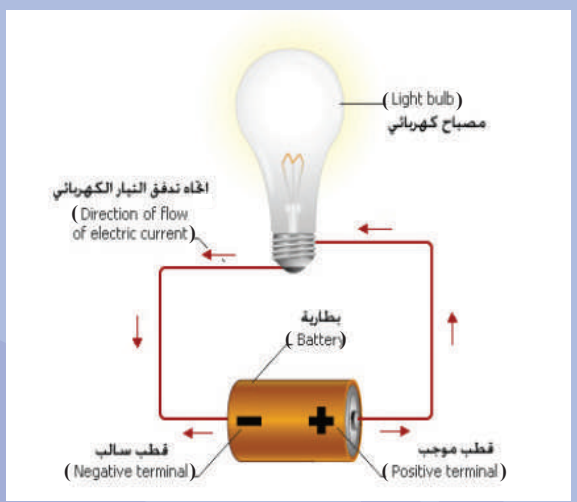


# ثانيًا: الفولتية والتيار الكهربائي والمقاومة
# (Voltage, Current and Resistance)

## النتاجات الخاصة بالدرس

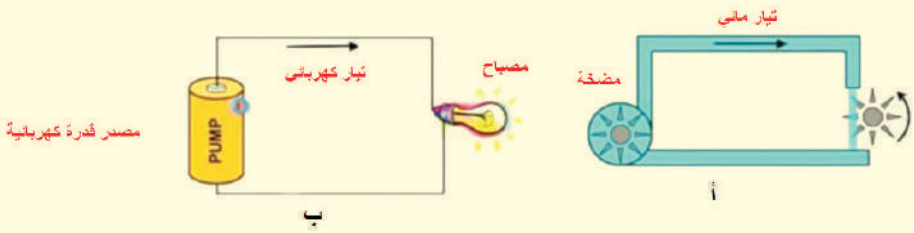
يتوقع من الطالب بعد دراسة هذا الدرس أن:

- يتعرف المفاهيم الكهربائية: الفولتية، والتيار، والمقاومة.
- يتعرف قانون أوم.
- يتعرف البطاريات بوصفها مصدرًا من مصادر الفولتية المباشرة.
- يميز بين الطرائق المختلفة لتوصيل البطاريات.



**انظر وتساءل**

قارن بين الرسمين في الشكل (1-4).




الشكل (1-4): تمثيل الدارة المائية، والدارة الكهربائية.

يبين الشكل (1-4/أ)، دارة تحوي مضخة (Pump) لدفع المياه خلالها، في حين يبين الشكل (1-4/ب) دارة كهربائية تحوي بطارية (Battery) تعمل على سريان التيار الكهربائي فيها.

**استكشف**

- ما هي القوة المُسبِّبة لحركة الإلكترونات عبر الموصل؟

**اقرأ وتعلَّم**

## 1- القوة الدافعة الكهربائية والفولتية (Electromotive Force and Voltage):

يُطلَق على القوة التي تعمل على تحريك الإلكترونات الحرة في اتجاه معين عبر الموصل، وتؤدي إلى سريان التيار الكهربائي في الدارة، اسم القوة الدافعة الكهربائية، أو الفولتية. تُعرَّف **الفولتية** بأنها القوة الكامنة في المصدر الكهربائي التي تُسبِّب مرور تيار كهربائي عند وصل مقاومة بين قطبي ذلك المصدر، وتقاس بوحدة الفولت.

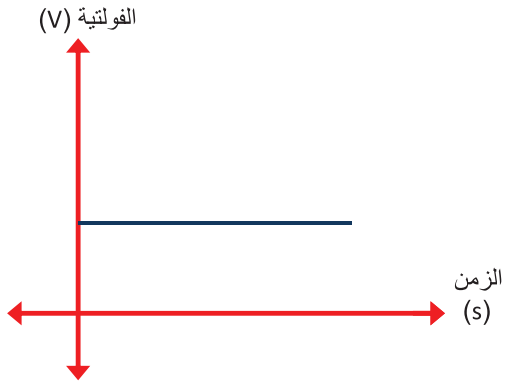
تنشأ الفولتية الكهربائية عند وجود فرق في كمية الشحنات الكهربائية (الإلكترونات) بين نقطتين في دارة كهربائية، حيث تنتقل من المنطقة التي تكثر فيها الإلكترونات إلى المنطقة التي تقل فيها الإلكترونات بفعل تأثير القوة الدافعة الكهربائية.

تقاس الفولتية بوحدة الفولت (Volt)، وهو مقدار الفولتية بين طرفي موصل يسري فيه تيار كهربائي مقداره (1) أمبير(Ampere) عندما تكون مقاومته (1) أوم (Ohm). من الجدير بالذكر أن مصطلح القوة الدافعة الكهربائية (ق.د. ك) في دارات التيار المباشر يُستخدَم للتعبير عن الفولتية (فرق الجهد) بين طرفي المصدر الكهربائي من دون حمل (مقاومة)؛ لتجنب حساب المقاومة الداخلية للبطارية.

تُصنَّف مصادر الفولتية إلى نوعين، هما:

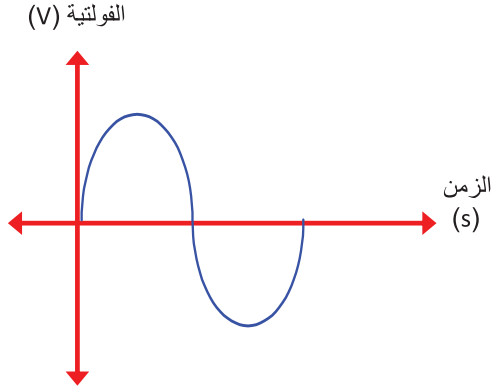
**أ- مصادر الفولتية المباشرة (Direct Voltage):**

تُزوِّد هذه المصادر الدارة بالفولتية المباشرة، ويرمز إليها بالرمز (DC)، وهي ثابتة القيمة الخطية والاتجاه، وتُمثَّل بخط مستقيم موازٍ لمحور الزمن. ومن أهم مصادرها: البطاريات، والخلايا الشمسية، ومولدات التيار المباشر، انظر الشكل (1-5).




الشكل (1-5): الفولتية المباشرة.

**ب- مصادر الفولتية المتناوبة (Alternating Voltage):** تُزوِّد هذه المصادر الدارة بالفولتية المتناوبة، ويرمز إليها بالرمز (AC)، وهي متغيرة القيمة الخطية والاتجاه، وتُمثَّل بمنحنى جيبي. ومن أهم مصادرها مولدات توليد الطاقة الكهربائية التي تعمل بالوقود، أو بطاقة الرياح، أو المياه، انظر الشكل (1-6).




الشكل (1-6): الفولتية المتناوبة.

**2- التيار الكهربائي (Electric Current):** يُعرَّف التيار الكهربائي بأنه حركة الإلكترونات الحرة من نقطة إلى أخرى عبر موصل تحت تأثير فولتية المصدر الكهربائي وتتناسب شدته طردياً مع عدد هذه الالكترونات. يُعبَّر رياضيًّا عن متوسط التيار الكهربائي بالعلاقة الرياضية الآتية:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

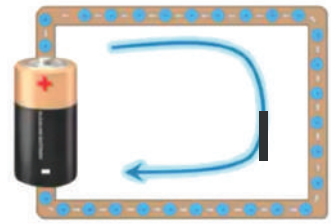
حيث أن:

I : متوسط التيار الكهربائي (A).

ΔQ: كمية الشحنة التي تعبر مقطع الموصل في المدة الزمنية (كولوم).

Δt : التغير الزمني (الثانية).

وقد اصطلح على أن يكون اتجاه التيار الكهربائي في الدارة عكس اتجاه حركة الإلكترونات داخل البطارية؛ أي من القطب الموجب إلى القطب السالب، انظر الشكل (1-7).



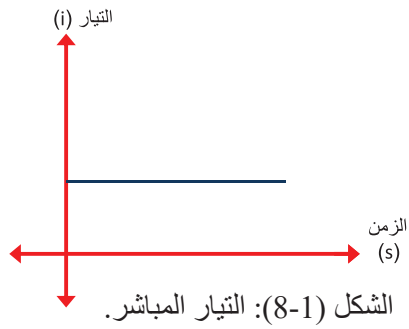
اتجاه التيار الإلكتروني.

الشكل (1-7): اتجاه التيار الكهربائي.

يقاس التيار الكهربائي بوحدة الأمبير التي يرمز إليها بالحرف (A)، ومن أجزائه: الميلي أمبير (mA)، والمايكرو أمبير (μA). يُعرَّف **الأمبير** بأنه التيار الذي يسري في موصل، بحيث تعبر مقطع الموصل شحنة كهربائية مقدارها (1) كولوم في زمن مقداره ثانية واحدة.

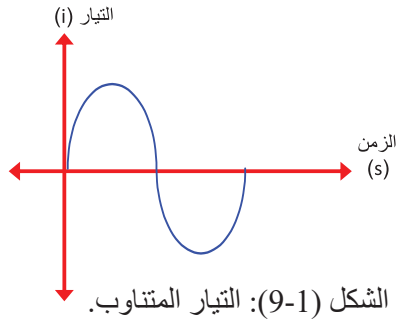
أ - **أنواع التيار الكهربائي:** يُصنَّف التيار الكهربائي إلى نوعين، هما:

1. **التيار المباشر (Direct Current):** يمتاز هذا النوع بثبات قيمته الخطية واتجاهه مع الزمن، ويرمز إليه بالرمز (DC)، انظر الشكل (1-8).




الشكل (1-8): التيار المباشر.

2. **التيار المتناوب (Alternating Current):** يمتاز هذا النوع بتغير قيمته الخطية واتجاهه مع الزمن، ويرمز إليه بالرمز (AC)، انظر الشكل (1-9).

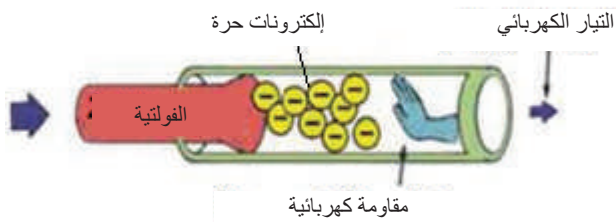



الشكل (1-9): التيار المتناوب.

ب- **تأثيرات التيار الكهربائي وتطبيقاتها:** ينتج من استخدام التيار الكهربائي تأثيرات عِدّة، أبرزها:

1. **التأثير الحراري للتيار الكهربائي:** يؤدي سريان التيار الكهربائي في موصل إلى ارتفاع درجة حرارته، فيشع حرارة للوسط المحيط به، مثل: المدفأة الكهربائية، والمكواة، وأجهزة التسخين.
2. **التأثير الضوئي للتيار الكهربائي:** يؤدي سريان التيار الكهربائي في فتيل المصباح الكهربائي إلى تسخين الفتيل وتوهجه.
3. **التأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي:** عند سريان التيار الكهربائي في موصل، فإنه يُحدِث تأثيرًا مغناطيسيًّا حوله، يعتمد على مقدار التيار واتجاهه، ويُستخدَم هذا التأثير في المرحلات والمحركات الكهربائية.

**3- المقاومة الكهربائية (Electrical Resistance):** تُعيق المقاومة الكهربائية سريان التيار الكهربائي بالموصل؛ فكلما زادت المقاومة قلَّ التيار الكهربائي مع ثبات الفولتية، وكلما قلَّت المقاومة زاد التيار الكهربائي، انظر الشكل (1-10).



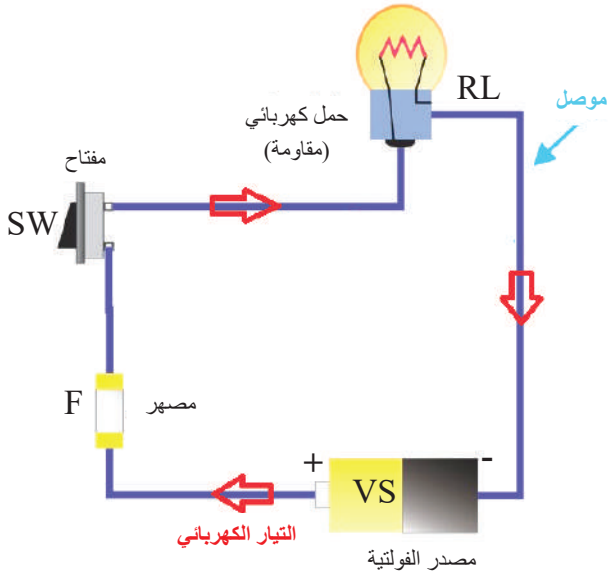

الشكل (1-10): المقاومة الكهربائية.

تعتمد المقاومة على عدد الإلكترونات الحرة التي توجد في المادة، ويرمز إلى المقاومة الكهربائية (Resistance) بالرمز(م) (R)، ووحدة قياسها هي الأوم (Ω)، ومن مضاعفاته:

الكيلو أوم الذي يساوي ($10^3$) أوم، والميغا أوم الذي يساوي ($10^6$) أوم.

## 4- الدارة الكهربائية البسيطة (Simple Electrical Circuit):

يبين الشكل (1-11) مكونات الدارة الكهربائية البسيطة، وهي:




الشكل (1-11): الدارة الكهربائية البسيطة.

أ - **مصدر الفولتية:** تُستخدَم البطارية مصدرًا لإيصال التيار الكهربائي إلى الحمل الكهربائي.

ب- **حمل كهربائي (المصباح مثلًا):** يرمز إلى الأحمال الكهربائية بمقاومات كهربائية مكافئة لها.

جـ - **الموصل (أسلاك التوصيل):** يُمثِّل الموصل مجرى لسريان التيار الكهربائي بين مصدر الفولتية والمقاومة (الحمل).

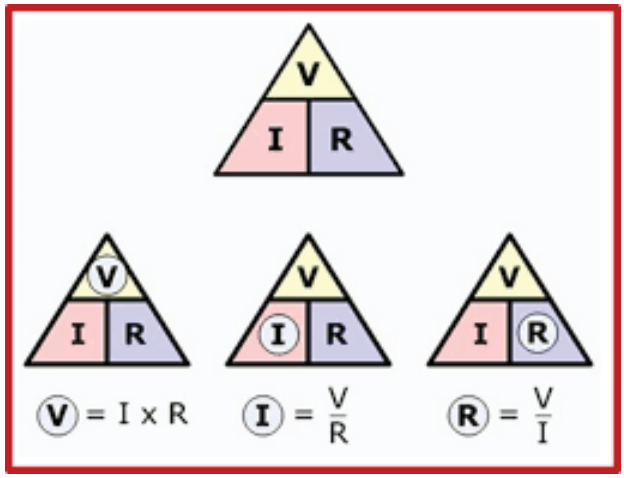
د- **مفتاح التشغيل (عنصر التحكم):** يعمل هذا المفتاح على فتح الدارة الكهربائية، وإغلاقها.

هـ - **المصهر (عنصر حماية):** يُستخدَم المصهر لحماية الدارة الكهربائية، لحماية الدارة من التيار الزائد والقصر الكهربائي (Short Ciruit)

## 5- قانون أوم (Ohm's law):

يُحدِّد هذا القانون العلاقة بين المعالم الرئيسة الثلاثة في الدارة الكهربائية، وهي: الفولتية (V)، والتيار(I)، والمقاومة (R)، انظر الشكل (1-12). وينص هذا القانون على ما يأتي: عند وصل حمل كهربائي (مقاومة كهربائية) بين طرفي مصدر كهربائي (بطارية مثلًا)، فإن قيمة التيار الذي يسري في ذلك الحمل تتناسب طرديًّا مع قيمة فولتية المصدر، وعكسيًّا مع مقاومة الحمل عند ثبات درجة الحرارة.

$$V=I \times R$$




الشكل (1-12): قانون أوم.

**المثال (1-1)**

ما قيمة التيار الذي يسري في مصباح كهربائي مقاومته (2) أوم إذا غُذِّي من مصدر كهربائي مباشر، قيمة فولتيته (10) فولت؟

**الحل:**

$$I=\frac{V}{R}=\frac{10}{2}=5A$$

**المثال (1-2)**

وُصِل حمل كهربائي مقاومته (9) أوم بين قطبي مصدر كهربائي مباشر. ما قيمة فولتية المصدر الكهربائي إذا كانت قيمة التيار المار بالحمل (3) أمبير؟

**الحل:**

$$V=I \times R=9 \times 3=27\ V$$

**سؤال**

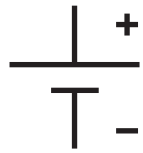
وُصِل حمل مقاومته (5) أوم بين قطبي بطارية فولتيتها (25) فولت. ما قيمة التيار المار بالحمل بالأمبير، وبالميلي أمبير؟

**النشاط (1-2)**

بيِّن بالرسم العلاقة بين المقاومة والتيار.

## 6- البطاريات بوصفها مصدرًا للفولتية المباشرة:

تعد البطاريات من المصادر شائعة الاستعمال للطاقة الكهربائية؛ إذ تعمل على تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية، وقد تكون غير قابلة للشحن بعد تفريغها نتيجة الاستعمال، وتسمى عندئذٍ بطارية ابتدائية، وقد تكون قابلة للشحن بعد استعمالها وتسمى عندئذٍ بطارية ثانوية. توجد أشكال وحجوم عِدَّة للبطاريات تُستعمَل لتزويد الأجهزة الكهربائية والإلكترونية بالتيار الكهربائي المباشر اللازم لتشغيلها، ويرمز إليها بالرمز الظاهر في الشكل (1-13).




الشكل (1-13): رمز البطارية.

تتراوح قيمة القوة الدافعة الكهربائية (ق.د.ك) للبطاريات بين (1.5) فولت و(48) فولت، وتكون قيمة المقاومة الداخلية للبطارية صغيرة جدًّا إذا كانت البطارية جديدة، ثم تبدأ قيمتها بالارتفاع مع الاستعمال المتكرر لها.

### أ- أنواع البطاريات:

تختلف البطاريات تبعًا لمكوناتها، وطريقة تصنيعها، ومن أنواعها:

1. **البطارية الجافة:** بطارية ذات قوة دافعة كهربائية، تتراوح قيمتها بين (1.5) فولت و(9) فولت، انظر الشكل (1-14/أ).

الشكل (1-14/أ): حجوم بعض البطاريات الجافة.

2. **البطارية السائلة (المركم الرصاصي):** تتكوَّن هذه البطارية من خلايا متعددة، وهي ذات قوة دافعة كهربائية تتراوح بين (6) فولت و(24) فولت، وتُستخدَم في المركبات، وتعد مصدر طاقة احتياطيًّا في المقاسم وأنظمة الشبكات والحواسيب، ويمكن إعادة شحنها.

3. **البطارية الفولاذية:** بطارية ذات غلاف معدني مثل تلك المستخدمة في الساعات، وهي تمتاز بحجومها المتنوعة.

4. **بطارية الليثيوم:** تُستخدَم هذه البطارية في الساعات، والكاميرات، والهواتف المحمولة. وهي تُصنَّف إلى ثلاثة أنواعٍ مختلفة، هي:

أ. **بطارية الليثيوم غير القابلة للشحن:** يُستخدَم هذا النوع في الأجهزة التي يعتمد تشغيلها على استخدام بطاريات ذوات زمن (عمر) تشغيلي طويل، وتفريغ بطيء للطاقة، مثل: أجهزة ضبط نبضات القلب، والساعات، والآلات الحاسبة، والكاميرات، وأجهزة إنذار الحرائق، وأقفال السيارات عن بُعْد.

ب. **بطارية الليثيوم أيون:** بطارية قابلة للشحن، وهي تُستخدَم في الحواسيب المحمولة، والهواتف المحمولة.

جـ. **بطاريات الليثيوم بوليمير:** بطارية تُستخدَم في الأجهزة الإلكترونية التي يتطلَّب استخدامها وقتًا طويلًا، وطاقة كبيرة.

يبين الشكل (1-14/ب) بعض أنواع البطاريات.

الشكل (1-14/ ب): بعض أنواع البطاريات.

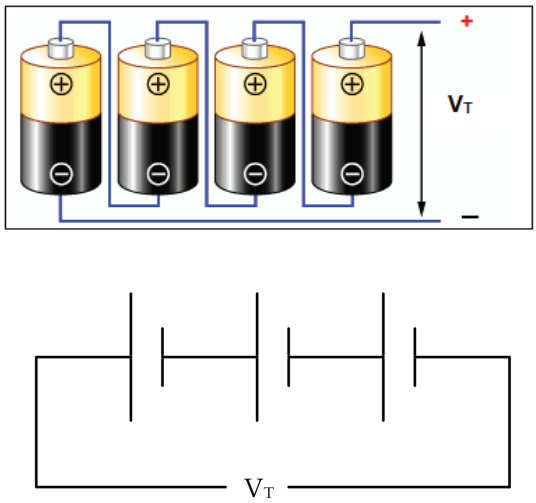
**سؤال**

- ما الفرق بين القوة الدافعة الكهربائية (ق.د. ك) للبطارية وفرق الجهد بين قطبيها؟

## ب- توصيل البطاريات:

توجد ثلاث طرائق لتوصيل البطاريات، لكل منها خصائص واستعمالات، وهذه الطرائق هي:

**1. التوصيل على التوالي:** تُستخدَم هذه الطريقة عندما يراد الحصول على قوة مصدر قدرة ذو دافعة كهربائية كبيرة بتوصيل عدد من البطاريات ذوات القوة الدافعة الكهربائية الصغيرة على التوالي، كما هو الحال في البطاريات المستخدمة في ألعاب الأطفال المنزلية، انظر الشكل (1-15).




الشكل (1-15): توصيل البطاريات على التوالي.

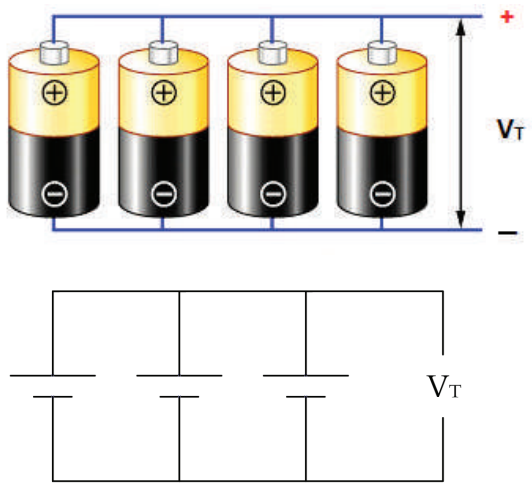
**فكّر**

ماذا تساوي قيمة كل من $(V_T)$ و$(I_T)$ في حالة توصيل البطاريات على التوالي؟

**النشاط (1-3)**

مثِّل بالرسم توصيل أربع بطاريات على التوالي مُستخدِمًا رمز البطارية.

**2. التوصيل على التوازي:** تُستخدَم هذه الطريقة عندما يراد الحصول على مصدر قدرة ذات سعة أمبيرية كبيرة، ويمكن سحب تيار عالٍ منها، انظر الشكل (1-16).




الشكل (1-16): توصيل البطاريات على التوازي.

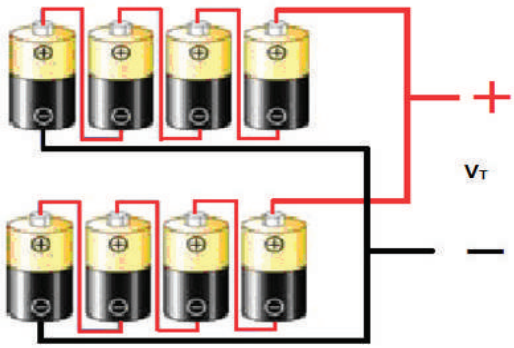
**فكّر**

ماذا تساوي قيمة كل من $(V_T)$ و$(I_T)$ في حالة توصيل البطاريات على التوازي؟



منهاجي
متعة التعليم الهادف

3. **التوصيل المركب:** في هذا النوع من التوصيل تتصل مجموعة من الأعمدة المتصلة في صف على التوالي بمجموعة أخرى أو أكثر من المجموعات المماثلة لها على التوازي، انظر الشكل (1-17).




الشكل (1-17): التوصيل المركب للبطاريات.

**فكّر**

فيمَ يُستخدَم التوصيل المركب للبطاريات؟

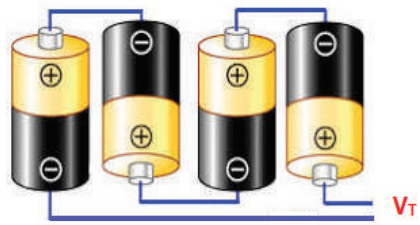
**الإثراء والتوسع** 93

ابحث أنت وزملاؤك في شبكة الإنترنت عن البطاريات التي تُستخدَم في الهواتف المحمولة، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم اعرضه على المعلم.

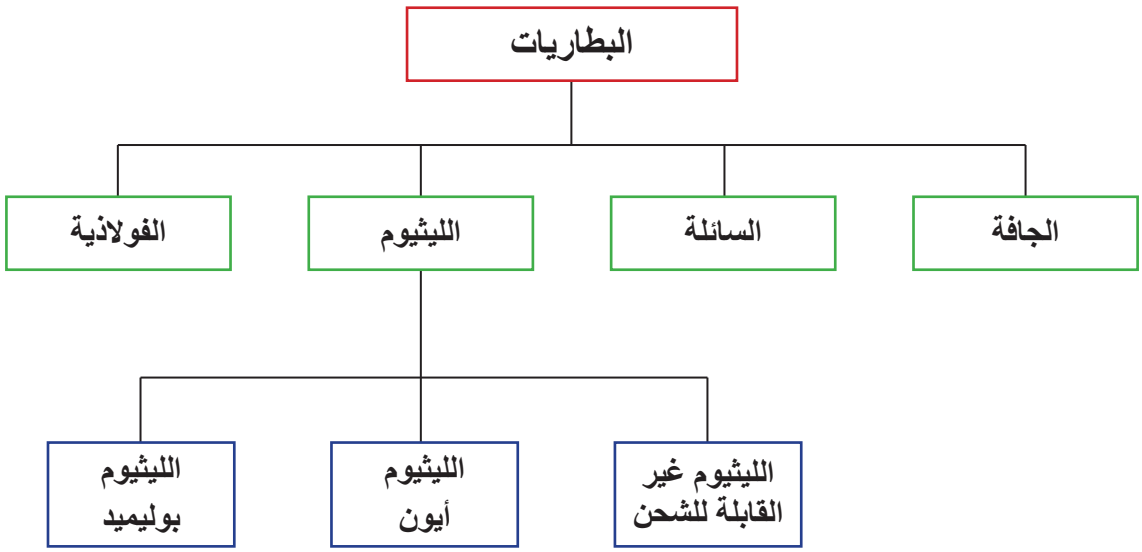
## القياس والتقويم

1- في الشكل (1-18) المجاور، ما قيمة كل من $(V_T)$ و $(I_T)$، علمًا بأن القوة الدافعة الكهربائية للبطارية الواحدة (1.5) فولت، وتيارها (1) أمبير؟

2- مثِّل بالرسم توصيل أربع بطاريات على التوازي مُستخدِمًا رمز البطارية.




الشكل (1-18): توصيل البطاريات.




## إرشادات مهمة في أثناء تنفيذ التمارين العملية:

1 – حضور الذهن في أثناء تنفيذ التمارين العملية.

2 – الاستماع جيدًا لتعليمات المعلم.

3 – توصيل عناصر التمرين بحسب المخطط المرفق بالدارة.

4 – اختيار عناصر التمرين بحسب القيم والمحددات المرفقة بالمخطط.

5 – التعاون التام مع الزملاء.

6 – العمل بروح الفريق مع الزملاء.

7 – عدم العبث بالأجهزة والمعدات.

8 – إتقان العمل في أثناء تنفيذ التمارين العملية.

9 – إعادة ترتيب مكان العمل بعد الانتهاء من تنفيذ التمارين.

10– تجنب المزاح والحركات العشوائية في أثناء تنفيذ التمارين.

## التمرين الأول: العُدَد اليدوية

| نتاجات التمرين |
|---|
| **يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:**<br>1- يتعرف العُدَد اليدوية.<br>2- يميز العدد وأدوات القياس المختلفة وأجهزة القياس. |

**الرسوم التوضيحية**

الشكل (1).

**خطوات العمل**

**أولًا: العُدَد اليدوية المستخدمة في الفك والتركيب.**

املأ الفراغ في الجدول الآتي بكتابة الاسم والوظيفة لكل من العُدَد اليدوية المبينة في الشكل (1):

| اسم الأداة | وظيفة الأداة | الاستخدام | المواصفات الفنية | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

**الرسوم التوضيحية**

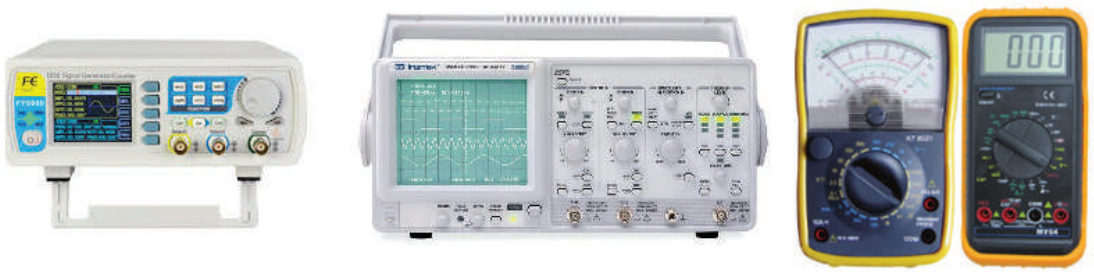
الشكل (2).

**ثانيًا: الأدوات المستخدمة في عمليات اللحام.**

املأ الفراغ في الجدول الآتي بكتابة الاسم والوظيفة لكل من العُدَد اليدوية المبينة في الشكل (2):

| اسم الأداة | وظيفة الأداة | الاستخدام | المواصفات الفنية | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

**الرسوم التوضيحية**



الشكل (3).

**ثالثًا: الأجهزة المستخدمة في عمليات القياس والفحص.**

املأ الفراغ في الجدول الآتي بكتابة الاسم والوظيفة لكل من الأجهزة المبينة في الشكل (3):

| اسم الأداة | وظيفة الأداة | الاستخدام | المواصفات الفنية | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

**الرسوم التوضيحية**

الشكل (4).

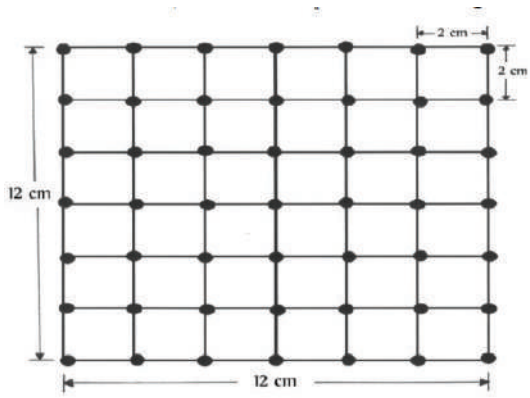
**رابعًا: الأدوات المستخدمة في عمليات فك العناصر السطحية ولحامها.**

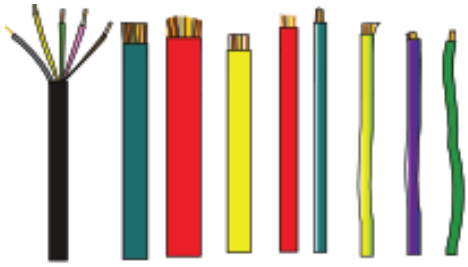
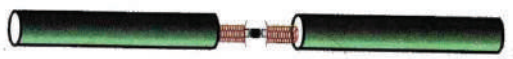
املأ الفراغ في الجدول الآتي بكتابة الاسم والوظيفة لكل من العُدَد اليدوية المبينة في الشكل (4):

| اسم الأداة | وظيفة الأداة | الاستخدام | المواصفات الفنية | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

# التمرين الثاني
## تعرية الأسلاك الكهربائية وإجراء عمليات اللحام بالقصدير

| نتاجات التمرين |
|---|
| يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:<br>1- يميز الأنواع المختلفة من الأسلاك الكهربائية.<br>2- يعرّي الأسلاك الكهربائية المختلفة.<br>3- يجري عملية اللحام بالقصدير. |

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- أسلاك نحاسية مفردة معزولة.<br>2- أسلاك نحاسية معزولة متعددة الشعيرات.<br>3- كبل محوري.<br>4- لحام قصدير.<br>5- أسلاك نحاسية مكشوفة. | 1- قطّاعة أسلاك جانبية.<br>2- زرّادية عادية.<br>3- عرّاية أسلاك.<br>4- كاوي لحام (30-40) واط.<br>5- شافط لحام. |
| **خطوات العمل** | **الرسوم التوضيحية** |
| **أولًا: قصدرة الأسلاك النحاسية المكشوفة بالقصدير.**<br>1-قُصَّ الأسلاك النحاسية غير المعزولة بحسب القياسات المبينة في الشكل (1).<br>2-شكِّل من الأسلاك الشكل المجاور.<br>3-نفِّذ عملية قصدرة لجميع الأسلاك الموجودة لديك.<br>4-ضع نقاطًا من القصدير على النقاط المبينة في الشكل (1). |  <br>الشكل (1). |

| خطوات العمل | الرسوم التوضيحية |
| --- | --- |
| **ثانيًا: تعرية الأسلاك النحاسية المعزولة وطلاؤها بالقصدير.**<br><br>1- ميِّز بين الأسلاك التي أمامك وتلك المبينة في الشكل (2)، وقارن بينها من حيث نوعها، ومساحة مقطعها.<br><br>2- عَرِّ الأسلاك بطول (1سم) باستخدام العرّاية، انظر الشكل (3).<br><br>3- أطلِ الطرفين المُعرَّيين للسلكين المفردين بالقصدير، ثم الحم السلكين بالقصدير، بحيث يكون الطرفان المعرَّيان ملتصقين جانبيًّا، انظر الشكل (4).<br><br>4- لُفَّ طرفي السلكين المفردين المُعرَّيين على بعضهما، ثم الحم الوصلة بالقصدير، انظر الشكل (5).<br><br>5- قرِّب الطرفين المُعرَّيين للسلكين متعددي الشعرات أحدهما من الآخر بحيث تتداخل الشعيرات، ثم لُفَّ الوصلة، والحمها بالقصدير، انظر الشكل (6).<br><br>6- لُفَّ الطرفين المُعرَّيين لسلكين مفردين على شكل خطّاف صغير، ثم اجمع الخطّافين معًا، والحم الوصلة بالقصدير، انظر الشكل (7).<br><br>7- أحضِر قطعتي الكبل المحوري، والحم سلكَي المحور، ثم اعزل هذه الوصلة بشريط النايلون، واجمع الشعيرات الخارجية معًا، والحمهما بالقصدير، انظر الشكل (8).<br><br>8- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي نفَّذتها. |  <br>الشكل (2).<br><br> <br>الشكل (3).<br><br> <br>الشكل (4).<br><br> <br>الشكل (5).<br><br> <br>الشكل (6).<br><br> <br>الشكل (7).<br><br>  <br>الشكل (8). |

# ثالثًا: المقاومة الكهربائية
# (Electrical Resistance)

**النتاجات الخاصة بالدرس**

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذا الدرس أن:

- يتعرف مفهوم المقاومة.
- يميز أنواع المقاومات.
- يحدد العوامل التي تعتمد عليها المقاومة.
- يستنتج قيمة المقاومة عن طريق الألوان.

انظر وتساءل

استكشف

اقرأ وتعلَّم

الإثراء والتوسع

القياس والتقويم

الخريطة المفاهيمية

**انظر وتساءل**

في الشكل (1-19)، أيُّ المركبتين تحتاج إلى قوة عزم أعلى للمحرك؟ يلاحظ من الشكل أن المركبة في أثناء الصعود تحتاج إلى قوة عزم أعلى للمحرك، في حين تحتاج في أثناء النزول إلى قوة عزم أقل للمحرك؛ أي إن المركبة في حالة الصعود تواجه مقاومة عالية (قوة الجاذبية)، خلافًا للمركبة في أثناء النزول.

الشكل (1-19): تأثير قوة الجاذبية.

**استكشف**

- ما الذي يقاوم سريان التيار الكهربائي داخل الموصل؟

**اقرأ وتعلَّم**

## 1- العوامل التي تعتمد عليها مقاومة المادة:

درست سابقًا أن المقاومة الكهربائية (Electrical Resistance) لمادة ما تعيق تدفق التيار الكهربائي فيها عند وصلها بمصدر للفولتية الكهربائية. تُعرَّف **المقاومة الكهربائية** بأنها مقدار الإعاقة التي تبديها المادة لتدفق التيار الكهربائي فيها عند وصلها بمصدر للتيار الكهربائي. وتختلف هذه الخصيصة من دارة إلى أخرى تبعًا للتركيب الذري الداخلي للمادة، وقد تكون هذه المقاومة صغيرة جدًّا كما في الفضة والنحاس، أو عالية جدًّا كما في الخشب والزجاج. ونتيجة لتلك الإعاقة؛ فإن مقدارًا من الطاقة يُستهلَك فيها، ويتحوَّل إلى نوع آخر من الطاقة (طاقة ضوئية، طاقة حرارية، .... ).

تقاس المقاومة الكهربائية بوحدة (**الأوم**)، الذي يُعرَّف بأنه مقاومة موصل يسري فيه تيار كهربائي مقداره (1) أمبير عندما تكون الفولتية بين طرفيه (1) فولت، ويرمز إلى الأوم بالرمز (Ω)، ومن مضاعفات الأوم الكيلو أوم (K Ω)، والميجا أوم (M Ω)، وتقاس المقاومة بجهاز الأوميتر.

تعتمد مقاومة المادة على العوامل الآتية:

أ - **الطول (L):** تتناسب المقاومة تناسبًا طرديًّا مع طول الموصل؛ فكلما زاد طول الموصل زادت مقاومته.

ب- **مساحة المقطع (A):** تتناسب المقاومة تناسبًا عكسيًّا مع مساحة مقطع الموصل فكلما زادت مساحة مقطع الموصل قلَّت مقاومته.

جـ- **نوع المادة التي تُصنَع منها المقاومة:** يُعبَّر عنها بالمقاومة النوعية (ρ) (Specific Resistivity)، وهي مقاومة جزء من المادة طوله متر واحد، ومساحة مقطعه متر مربع واحد، ووحدتها (أوم. متر)، ويُعرَف مقلوب المقاومة النوعية بالموصلية ($\frac{1}{\rho}$)، وهي قابلية التوصيل الكهربائي لموصل طوله متر واحد، ومساحة مقطعه متر مربع واحد عند درجة حرارة (20) سيلسيوس.

د - **درجة الحرارة:** تزداد مقاومة بعض المواد (مثل: النحاس، والألومنيوم) بارتفاع درجة الحرارة، وتقل مقاومة الكربون والمواد شبه الموصلة بارتفاع درجة الحرارة.

يُعبَّر عن المقاومة عند درجة حرارة معينة بالعلاقة الآتية:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

حيث:

R: المقاومة (أوم).

ρ: المقاومة النوعية (أوم . متر).

L: الطول (متر).

A: المساحة (متر مربع).

**ابحث**

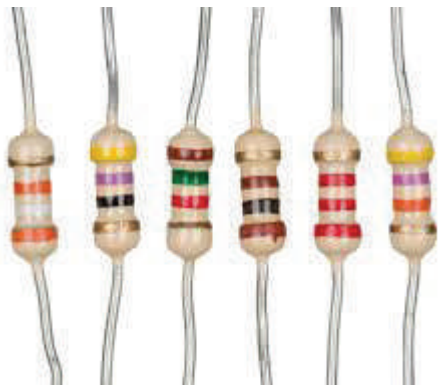
ابحث أنت وزملاؤك في شبكة الإنترنت عن المقاومة النوعية للمواد الموصلة، واعمل جدولًا بها، ثم رتِّب أفضل المواد استخدامًا في صناعة الموصلات الكهربائية، ثم ناقشه مع زملائك، واعرضه على المعلم.

## 2- أنواع المقاومات:

تُصنَّف المقاومات تبعًا لما يأتي:

### أ - المادة المصنوعة منها:

1. **المقاومات الكربونية:** تُصنَع هذه المقاومات من الكربون، وتكون محاطة بحلقات ملونة بألوان مختلفة، تُمثِّل ترميزًا لتحديد قيمتها، ويبين الشكل (1-20) بعض المقاومات الكربونية.

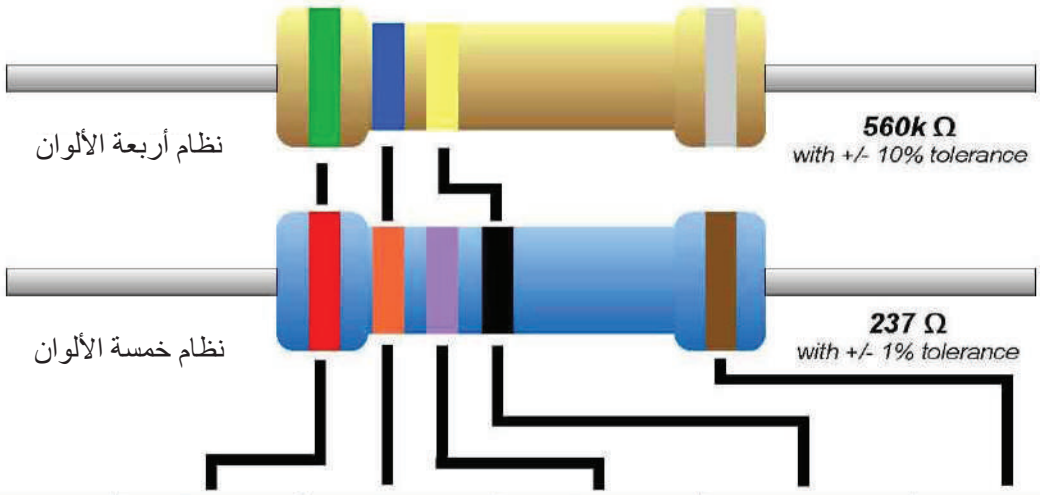


الشكل (1-20): مقاومات كربونية.

تُحدَّد قيمة المقاومة الكهربائية مباشرة بأن تُطبَع قيمتها على الغلاف الخارجي للمقاومة، أو باستخدام نظام الألوان الخاص بالمقاومات. ويوجد للألوان نظام مصطلح عليه لتحديد قيمة المقاومات الكربونية الثابتة.

أ . **نظام أربعة الألوان:** يُستخدَم لذلك أربع حلقات في ما يُعرَف بالنظام الرباعي لترميز المقاومات، وفيه تُحدِّد الحلقة الأولى من جهة اليسار الرقم الأول للمقاومة، وتُحدِّد الحلقة الثانية الرقم الثاني للمقاومة، وتُحدِّد الحلقة الثالثة المضاعف العشري (عدد الأصفار)، وتُحدِّد الحلقة الرابعة قيمة التفاوت (السماحية).

ب. **نظام خمسة الألوان:** يُستخدَم لذلك خمس حلقات في ما يُعرَف بالنظام الخماسي لترميز المقاومات، وفيه تُحدِّد الحلقة الأولى من جهة اليسار الرقم الأول للمقاومة، وتُحدِّد الحلقة الثانية الرقم الثاني للمقاومة، وتُحدِّد الحلقة الثالثة الرقم الثالث للمقاومة، وتُحدِّد الحلقة الرابعة المضاعف العشري (عدد الأصفار)، وتُحدِّد الحلقة الخامسة قيمة التفاوت (السماحية)، انظر الشكل (1-21).




| 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 (1-21): نظام الألوان الخاص بالمقاومات.

**المثال (1-3)**

مقاومة كربونية عليها أربع حلقات لونية هي على الترتيب: زرقاء، وصفراء، وحمراء، وذهبية. ما قيمة هذه المقاومة؟ ما السماحية لها؟

**الحل:**

الحلقة الأولى: لونها أزرق، وقيمتها (6).

الحلقة الثانية: لونها أصفر، وقيمتها (4).

الحلقة الثالثة: لونها أحمر، وقيمتها (2)، وهو معامل الضرب (عدد الأصفار).

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

قيمة المقاومة: $6400 \pm 5\% \ \Omega$

قيمة السماحية: $6400 \times 5\% = 320\Omega$

الحد الأقصى لقيمة المقاومة: $6400 + 320 = 6720\Omega$

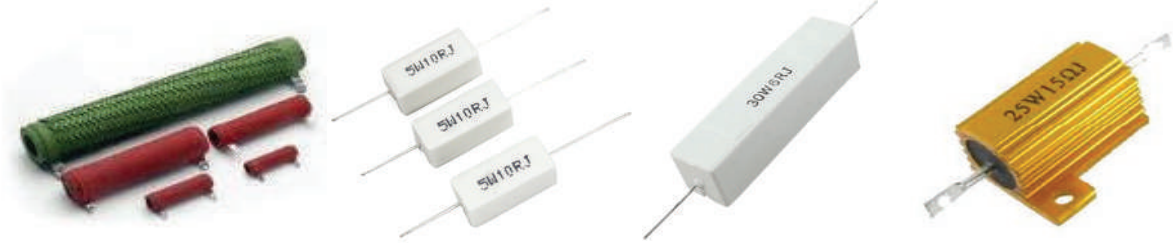
الحد الأدنى لقيمة المقاومة: $6400 - 320 = 6080\Omega$

**سؤال**

- ما قيمة المقاومات المبينة في الشكل (1-22)؟

الشكل (1-22): مقاومات ذوات ترميز رباعي، وترميز خماسي.

**2. المقاومات السلكية (الحرارية):** تُصنَع من سلك معدني من مادتي النيكل والكروم. ولحماية المقاومة؛ تُغطّى بطبقة واقية من الطلاء الزجاجي، أو بخلطة من الرمل والأسمنت، وبعضها يُغلَّف بمُبدِّد حراري من الألمنيوم. ويبين الشكل (1-23) بعض أنواع المقاومات السلكية.

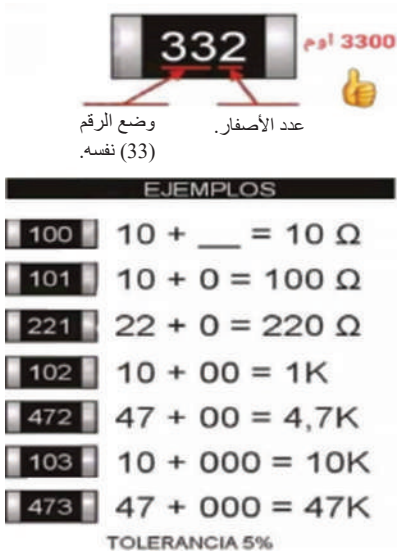



الشكل (1-23): مقاومات سلكية.

**فسِّر**

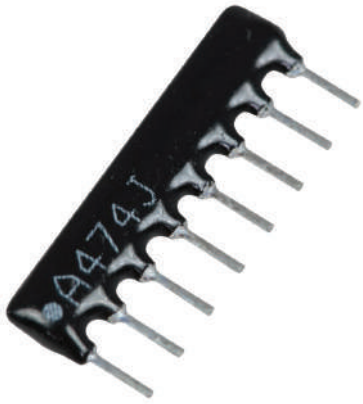
تُستخدَم المقاومات السلكية بكثرة في الدارات الكهربائية.

**3. المقاومات السطحية:** تمتاز هذه المقاومات بصغر حجمها؛ ما يجعلها ملائمة للوحات المطبوعة العالية الكثافة، وهي تتوافر بشكلين، هما: المستوي، والأسطواني. أمّا المقاومة المستوية فيُستخدَم في ترميزها نظام ترميز لوني مُكوَّن من ثلاث خانات؛ الأولى والثانية تُمثِّلان قيمة المقاومة، والثالثة تُمثِّل المضاعف (عدد الأصفار)، ونسبة السماحية لها 5٪ دائماً. انظر الشكل (1-24).



الشكل (1-24): مقاومات سطحية.

**4. المقاومات الشبكية:** مجموعة من المقاومات المتشابهة تُغلَّف بغلاف خارجي يُشبِه غلاف الدارات المتكاملة كما في الشكل (1-25).



الشكل (1-25): المقاومة الشبكية.

**5. المقاومات الخاصة:** مقاومات تُستخدَم في تطبيقات عملية محددة، وتُصنَع من مواد خاصة وبطرائق خاصة لتلائم تطبيقات عملية معينة في الدارات الإلكترونية، ويختلف عملها عن عمل المقاومات العادية، ومنها:

أ. **الثيرمستور (Thermistor):** مقاومة تتغير مقاومتها بتغير درجة الحرارة، ويوجد منها نوعان، هما:

- المقاومة ذات المعامل الحراري السالب (NTC): مقاومة تقل قيمتها بارتفاع درجة الحرارة.
- المقاومة ذات المعامل الحراري الموجب (PTC): مقاومة تزداد قيمتها بارتفاع درجة الحرارة.

**ب. المقاومة التي تتغير قيمتها بتغير الفولتية (Voltage-Dependent Resistor: VDR):**

يُطلَق على هذه المقاومة اسم (Varistor)، وتعتمد قيمتها على قيمة الفولتية بين طرفيها، وتُستخدَم لوقاية المعدات الكهربائية من الارتفاع المفاجئ في الفولتية الكهربائية.

**جـ. المقاومة الضوئية (Light Deperdent Resistor: LDR)**

### ب- تصنيف المقاومات حسب قيمتها:

1. **المقاومات الثابتة (Fixed Resistor):** مقاومات ثابتة القيمة، مثل المقاومات الكربونية.
2. **المقاومات المتغيرة (Variable Resistor):** مقاومات قد تتغير قيمتها ضمن مدى معين، وهي تُصنَّف إلى نوعين، هما:

أ. **المقاومات المتغيرة التماثلية:** لهذه المقاومات ثلاثة أطراف؛ طرفان يُمثِّلان نهايتي المقاومة، وطرف ثالث منزلق يتحرك فوق عنصر مقاوم، فتنتج قيم مختلفة للمقاومة، تتراوح بين الصفر والقيمة الكلية المسجلة عليها، انظر الشكل (1-26).

الشكل (1-26): المقاومات المتغيرة التماثلية.

ب. **المقاومات المتغيرة الرقمية (Digital Potentiometer):** عنصر إلكتروني غير فعّالة يمكن تغيير المقاومة عن طريقه. من أكثر الاستعمالات الشائعة للمقاومة المتغيرة الرقمية:

- تحديد التيار المار بالدارات الكهربائية.
- التحكم في مضخمات العمليات.
- العمل بوصفها وحدة إدخال للتحكم في وظائف معينة اعتمادًا على قراءتها، مثل: التحكم في المحركات الكهربائية، والتحكم في شدة إضاءة الثنائي الباعث للضوء، انظر الشكل (1-27).

الشكل (1-27): المقاومة المتغيرة الرقمية، وكيفية توزيع أطرافها.

## 3- أعطال المقاومات:

تتلف المقاومة نتيجة زيادة التيار المار بها عن الحد المسموح به. يوجد عطل آخر للمقاومة يسمى تغير القيمة نتيجة للاستعمال المتكرر؛ إذ ترتفع قيمة المقاومة من دون أن تحترق، ويجب الاستعاضة عن المقاومة التالفة بأخرى لها المواصفات الفنية نفسها.

ابحث أنت وزملاؤك في شبكة الإنترنت عن الدارات الإلكترونية التي تُستخدَم فيها المقاومة المتغيرة الرقمية، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم اعرضه على المعلم.

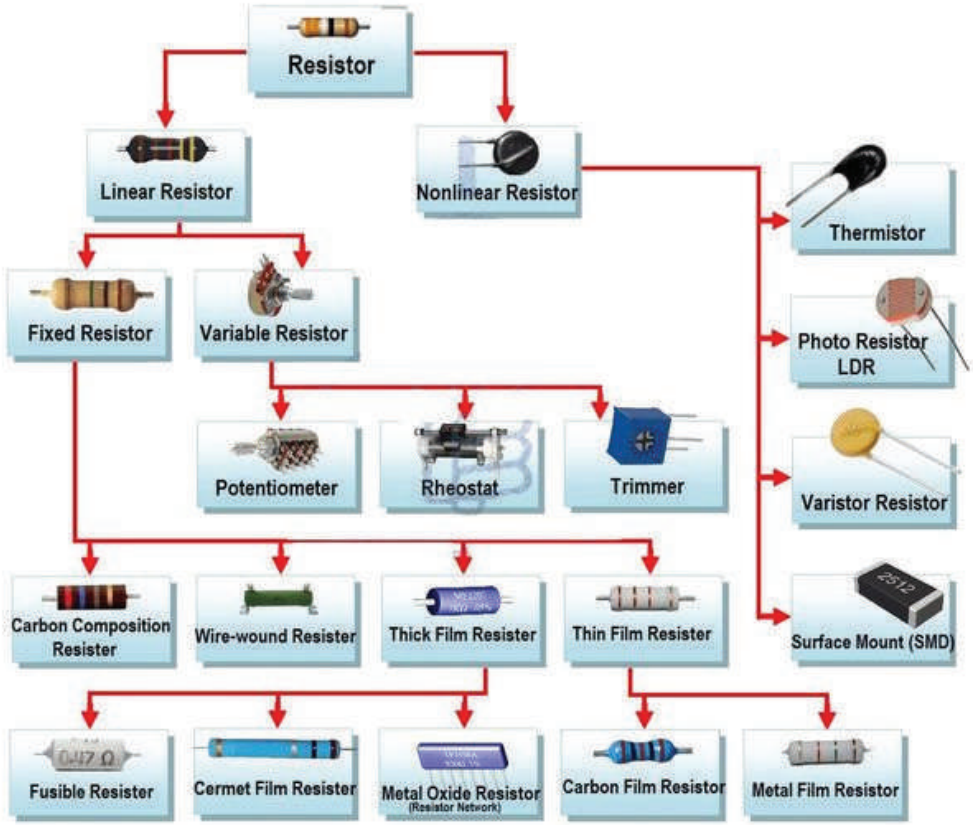
مستعينًا بالمراجع العلمية المتوافرة في مكتبة مدرستك، ابحث أنت وزملاؤك عن أنواع المقاومات الكهربائية، ثم اعمل جدولًا تبين فيه أنواع المقاومات واستخداماتها، ثم اعرضه على المعلم.

1- جد قيمة كل مقاومة ممّا يأتي:

2- ما الفرق بين مقاومة (NTC) ومقاومة (PTC)؟

3- ما نوع المقاومة المُستخدَمة في اللوحات المطبوعة؟

## الخريطة المفاهيمية

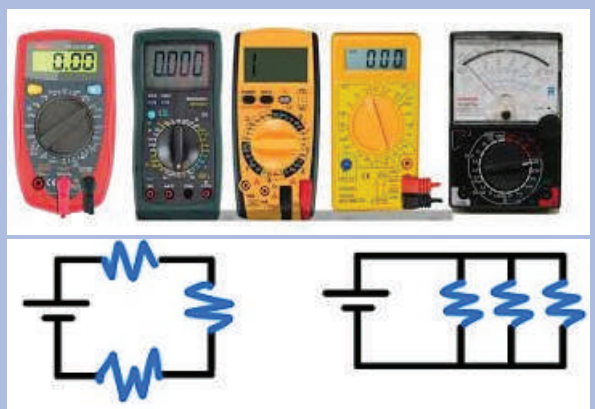


# رابعًا: أجهزة القياس الكهربائية وتوصيل المقاومات
## (Electrical Measuring Devices and Connecting Resistors)

### النتاجات الخاصة بالدرس

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذا الدرس أن:

- يتعرف توصيل المقاومات على التوالي، وعلى التوازي، والتوصيل المركب.
- يحسب المقاومة الكلية.
- يتعرف أجهزة القياس الكهربائية.
- يتعرف توصيل أجهزة القياس الكهربائية.



## انظر وتساءل

عند زيارتك الطبيب، هل يقيس الطبيب ضغطك ودرجة حرارة جسمك، باستخدام أدوات دقيقة أم يعتمد في ذلك على التخمين؟ قد يكون للأجهزة المتوافرة لدى الطبيب مؤشر، ويتطلَّب استخدامها دقة ومهارة عالية، وقد تكون إلكترونية رقمية بحيث تظهر القراءة على الشاشة مباشرة، انظر الشكل (1-28).

الشكل (1-28): أجهزة قياس مختلفة.

## استكشف

- فيمَ تُستخدَم أجهزة القياس الكهربائية؟

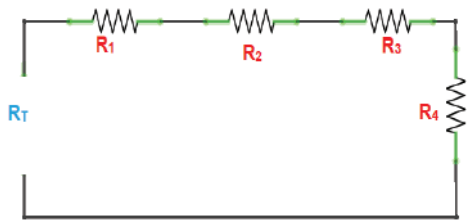
## اقرأ وتعلَّم

تعرَّفت سابقًا مكونات الدارة الكهربائية البسيطة، والكميات الكهربائية الرئيسة (فولت، تيار، مقاومة)، والعلاقة التي تربط بينها باستعمال قانون أوم، وكيفية حساب هذه المتغيرات، وستتعرَّف في هذا الدرس كيفية قياس هذه الكميات، وأهميتها في الدارات الكهربائية، وطريقة قراءة قيمة أنواع مختلفة من المقاومات الكهربائية باستخدام الرموز والأرقام الخاصة بها.

**1- توصيل المقاومات الكهربائية:** توصل المقاومات في الدارات الكهربائية بثلاث طرائق، هي:

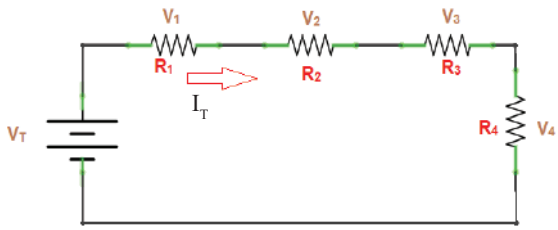
**أ- التوصيل على التوالي:**

وفيه يكون أحد طرفي المقاومة الأولى متصلًا بالطرف الأول من المقاومة الثانية، ويكون الطرف الثاني من هذه المقاومة متصلًا بالطرف الأول من المقاومة الثالثة، وهكذا؛ أي إن المقاومات الأربع $(R_1+R_2+R_3+R_4)$ متصلة على التوالي، كما في الشكل (1-29).




الشكل (1-29): توصيل المقاومات على التوالي.

وعند توصيل الدارة بمصدر للفولتية ينتج من مرور التيار$(I_T)$ في هذه المقاومات الأربع الفولتيات $(V_1+V_2+V_3+V_4)$ على التوالي، انظر الشكل (1-30)، وإذا كانت فولتية المصدر $(V_T)$، والتيار المار بالدارة $(I_T)$، يساويان:




الشكل (1-30): توصيل مقاومات على التوالي بمصدر فولتية.

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = I_4$$

$$V_T = V_1+V_2+V_3+V_4$$

فيمكن إيجاد قيمة المقاومة الكلية كما يأتي:

$$V_T = V_1+V_2+V_3+V_4$$

$$I_TR_T = I_1R_1+I_2R_2+I_3R_3+I_4R_4$$

$$R_T = R_1+R_2+R_3+R_4$$

حيث:

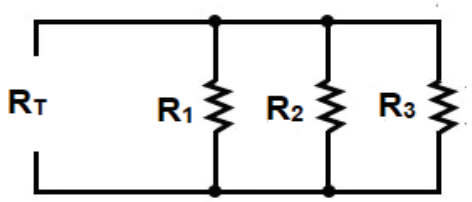
$R_T$: المقاومة الكلية. $(\Omega)$

$I_T$: التيار الكلي. $(A)$

$V_T$: الفولتية الكلية. $(V)$

**ب- التوصيل على التوازي:**

وفيه توصل الأطراف الأولى لكل من المقاومات بعضها ببعض، وتوصل الأطراف الثانية لكل منها بعضها ببعض، انظر الشكل (1-31).




الشكل (1-31): توصيل المقاومات على التوازي.

في 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 ($I_T$)، فإن:

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3$$

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3$$

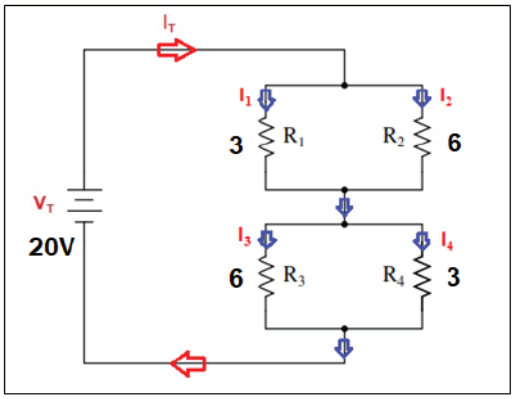
إذن، المقاومة الكلية:

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

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

**جـ - التوصيل المركب:**

توصيل يجمع بين التوصيل على التوالي والتوصيل على التوازي، انظر الشكل (1-32) الذي تظهر فيه المقاومتان ($R_1$) و($R_2$) موصولتان على التوازي، وهما موصولتان بالمقاومتين على التوالي بالمقاومتين ($R_3$) و($R_4$) الموصولتين على التوازي.




الشكل (1-32): التوصيل المركب.

**سؤال**

في الشكل (1-32)، إذا علمت ان ($V_T$) تساوي (20) فولت، وأن قيم المقاومات بالأوم، فجد ما يأتي:

أ- المقاومة الكلية للدارة. ب- التيار الكلي. جـ- فولتية كل مقاومة. د- تيار كل مقاومة.

**فكّر**

ما طريقة توصيل الأحمال المستخدمة في التمديدات الكهربائية المنزلية؟

## 2- أجهزة قياس الفولتية والتيار والمقاومة

### أ- أنواع أجهزة قياس الفولتية والتيار والمقاومة:

تُستخدَم أجهزة القياس الكهربائية لقياس الفولتية والتيار والمقاومة والموصلية (الاستمرارية) ودرجة الحرارة وسعة المواسع، وحثية الملف، وصلاحية الترانزستور، والجهاز المُستخدَم في ذلك هو جهاز متعدد القياس (Multimeter).

تُصنَّف أجهزة القياس بناءً على طريقة عرضها القيمة المقيسة إلى ما يأتي:

#### 1. أجهزة القياس التماثلية (Analogue):

تعرض أجهزة القياس التماثلية الكمية المقيسة عن طريق حركة مؤشر على تدريج، وتعتمد دقة قراءة الكمية المقيسة من التدريج على قدرة المستخدم للجهاز، وتتفاوت قدرة تقريب القراءة من شخص إلى آخر، فيظهر خطأ في القراءة يسمى الخطأ البشري. ويبين الشكل (1-33) أحد أجهزة القياس التماثلية.

الشكل (1-33): جهاز قياس تماثلي.

#### 2. أجهزة القياس الرقمية (Digital):

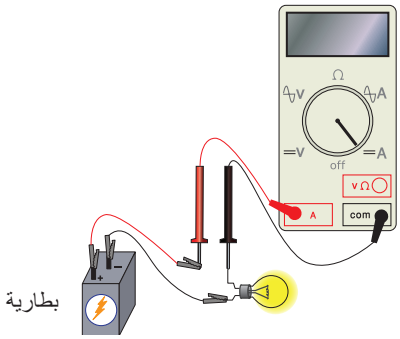
تعرض الأجهزة الرقمية الكمية المقيسة على شكل أرقام واضحة سهلة القراءة؛ ما يقلص الخطأ البشري كثيرًا، ويجعلها أكثر دقة مقارنة بالأجهزة التماثلية. ويبين الشكل (1-34) أحد أجهزة القياس الرقمية.

الشكل (1-34): جهاز قياس رقمي.

تقاس الفولتية بجهاز الفولتميتر، ويقاس التيار بجهاز الأميتر، وتقاس المقاومة بجهاز الأوميتر، وتُجمَع هذه الأجهزة معًا في جهاز واحد يسمى جهاز الأفوميتر (AVO-meter)، وهذا الاسم مشتق من الأحرف الأولى باللغة الإنجليزية لوحدات القياس الثلاث: أمبير (Ampere)، وفولت (Volt)، وأوم (Ohm).

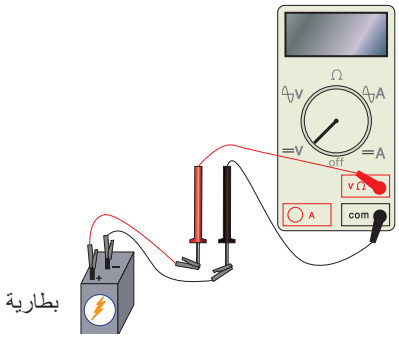
### ب- توصيل أجهزة القياس الكهربائية:

1. **جهاز الأميتر:** يوصل جهاز الأميتر على التوالي بالحمل المراد قياس تياره مع مراعاة القطبية في حالة قياس الفولتيات المباشرة، انظر الشكل (1-35).



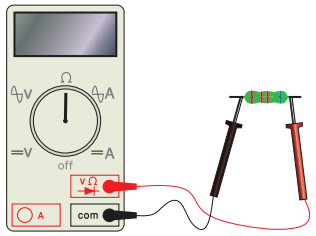

الشكل (1-35): توصيل جهاز قياس التيار.

2. **جهاز الفولتميتر:** يوصل هذا الجهاز على التوازي بعنصر الدارة المراد قياس فولتيته، مع مراعاة القطبية في حالة قياس الفولتيات المباشرة، بحيث يوصل قطبه الموجب بالقطب الموجب للفولتية، وقطبه السالب بالقطب السالب لتلك الفولتية، انظر الشكل (1-36).




الشكل (1-36): توصيل جهاز قياس الفولتية.

3. **جهاز الأوميتر:** يوصل هذا الجهاز على التوازي بالحمل المراد قياس مقاومته، أو بالمقاومة المراد قياس قيمتها، مع ضرورة الانتباه إلى فصل مصدر الفولتية عن الدارة أو الحمل المراد قياسه بفتح المفتاح لقطع التيار الكهربائي عن الدارة، أو فصل المقاومة عن اللوحة، مع ضبط الصفر لجهاز الأوميتر التماثلي، انظر الشكل (1-37) .



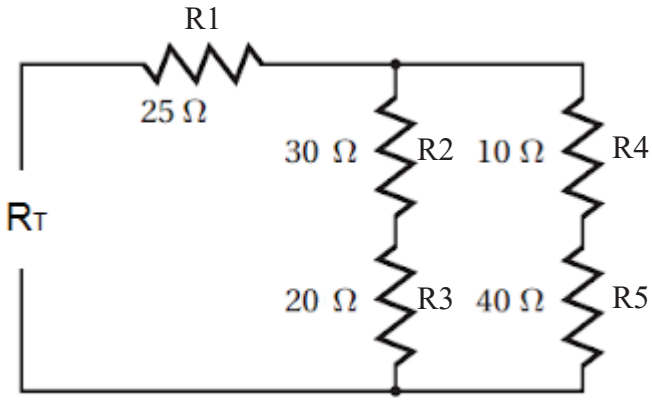
الشكل (1-37): كيفية توصيل جهاز قياس المقاومة.

ابحث عن رمز كل من أجهزة القياس الآتية: الأميتر، والفولتميتر، والأوميتر، ثم ارسم دارة كهربائية بالتوصيل المركب، مُوضِّحًا عليها رموز جهازي الفولتميتر والأميتر.

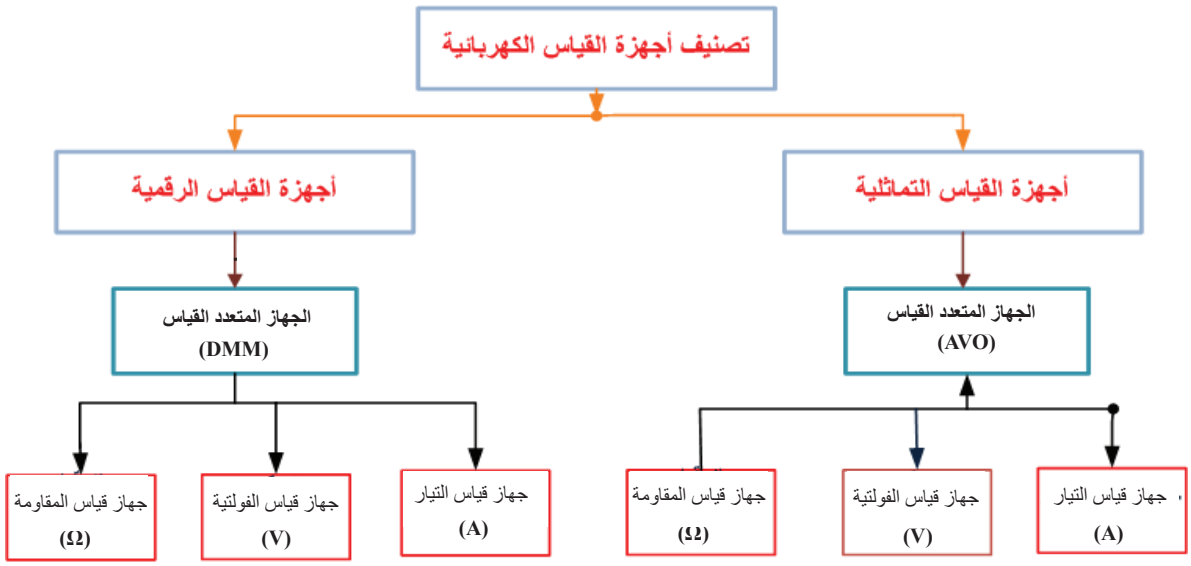
## القياس والتقويم

1– بيِّن بالرسم كيف توصل أجهزة القياس الآتية بالدارة الكهربائية: الأميتر، الفولتميتر، الأوميتر.

2– ما قيمة المقاومة المكافئة في الشكل المجاور؟




## الخريطة المفاهيمية




منهاجي
متعة التعليم الهادف

## التمرين الأول: تمييز المقاومات الكهربائية

| نتاجات التمرين |
|---|
| **يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:**<br>1- يحدد نوع المقاومة وقدرتها من حجمها، أو من الكتابات المطبوعة عليها. |
| **متطلبات تنفيذ التمرين** |
| **المواد** |
| 1- (10) مقاومات كربونية متعددة القيم والقدرة.<br>2- (10) مقاومات متغيرة مختلفة القيم والقدرة.<br>3- (10) مقاومات سلكية وحرارية ثابتة القيمة ومتغيرة مختلفة القيم والقدرة.<br>4- مقاومات سطحية.<br>5- مقاومات شبكية.<br>6- (5) مقاومات (NTC).<br>7- (5) مقاومات (PTC).<br>8- (5) مقاومات (VDR). |
| **الرسوم التوضيحية** |

الشكل (1).

**خطوات العمل**

1- تفحص المقاومات التي بحوزتك، وتلك المبينة في الشكل (1).

2- ميِّز بين أنواع المقاومات التي تفحصتها.

3- املأ الفراغ في الجدول (1).

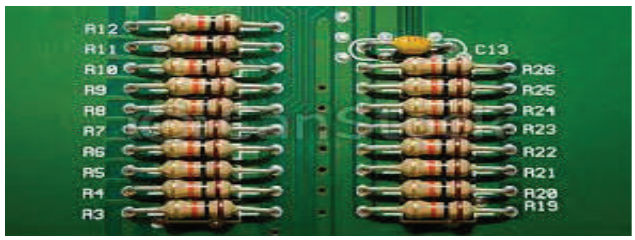
| نوع المقاومة | رمز المقاومة | القدرة |
|---|---|---|
| | | |
| | | |
| | | |

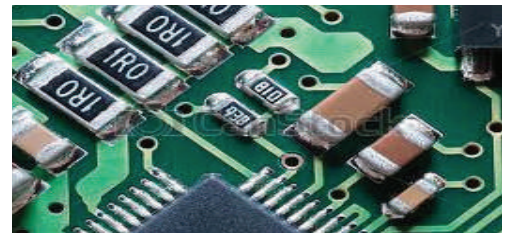
## نشاط عملي

نفِّذ التمرين العملي الآتي فرديًّا، أو ضمن مجموعات صغيرة في المشغل، أو بحسب توجيهات المعلم:

احضر لوحة إلكترونية مطبوعة (PCB)، كما في الشكل (2)، ثم نفِّذ ما يأتي:

- فك جميع المقاومات.
- صنِّف المقاومات بحسب أنواعها.
- حدِّد قيمة المقاومات، وقدرتها.



الشكل (2).

## التمرين الثاني

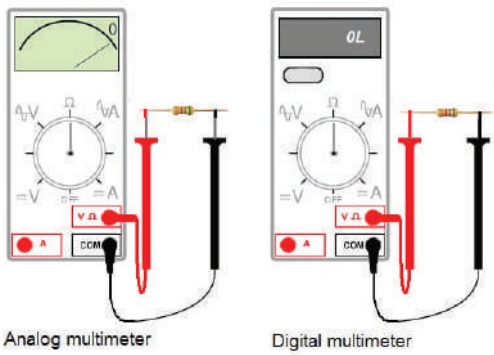
## معرفة المقاومة بدلالة الألوان والأرقام والحروف وقياس قيمتها باستخدام جهاز الأوميتر

| نتاجات التمرين |
|---|
| **يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:**<br>1- يحدد قيمة المقاومة بدلالة الألوان، أو من الكتابات المطبوعة عليها.<br>2- يقارن بين قيمة المقاومة بالقياس والحساب. |

**متطلبات تنفيذ التمرين**

| المواد | الأدوات والتجهيزات |
|---|---|
| 1- (10) مقاومات كربونية متعددة القيم والقدرة.<br>2- (10) مقاومة كربونية متغيرة القيم والقدرة.<br>3- (10) مقاومة سلكية وحرارية ثابتة القيمة ومتغيرة القيم والقدرة.<br>4- مقاومات سطحية.<br>5- مقاومات شبكية.<br>6- (5) مقاومات (NTC).<br>7- (5) مقاومات (PTC).<br>8- (5) مقاومات (VDR). | 1- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).<br>2- جهاز متعدد القياس التماثلي. |

| خطوات العمل | الرسوم التوضيحية |
|---|---|
| **أولًا: فحص المقاومات باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي والتماثلي.**<br>1- تفحص المقاومات التي بحوزتك، وتلك المبينة في الشكل (1).<br>2- اضبط كلًّا من جهاز متعدد القياس الرقمي وجهاز متعدد القياس التماثلي على وضع قياس المقاومة كما في الشكل (2). | <br>الشكل (1). |

| خطوات العمل | الرسوم التوضيحية |
|---|---|
| 3- اختر تدريج القياس المناسب للمقاومة.<br>4- صل المقاومة بين طرفي الجهاز كما في الشكل (2).<br>5- قِسْ قيمة المقاومات باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM) وجهاز متعدد القياس التماثلي، ثم دَوِّن النتيجة في الجدول (1). |  <br>الشكل (2). |

**ثانيًا: حساب قيم المقاومات باستخدام جدول ترميز ألوان المقاومات.**

1- احسب قيم المقاومات التي بحوزتك باستخدام جدول ترميز ألوان المقاومات والحروف والأرقام الآتية:

| نوع المقاومة | قيمة المقاومة المقيسة باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي | قيمة المقاومة المقيسة باستخدام جهاز متعدد القياس التماثلي |
|---|---|---|
| | | |
| | | |

الجدول (1).

2- قِسِ المقاومات باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).

3- املأ الفراغ بما هو مناسب في الجدول (2).

| الرقم | قيمة المقاومة المحتسبة بالألوان | قيمة المقاومة المحتسبة بالأحرف والأرقام | قيمة المقاومة المقيسة بالجهاز | الفرق بين القيمتين |
|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |

الجدول (2).

**ثالثًا: اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها.**

# التمرين الثالث: استخدام جهاز الأفوميتر لقياس الكميات الكهربائية

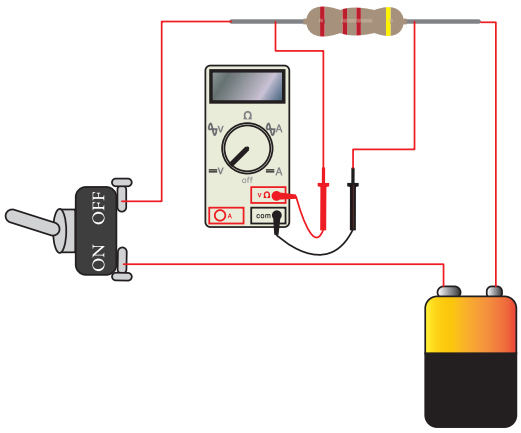
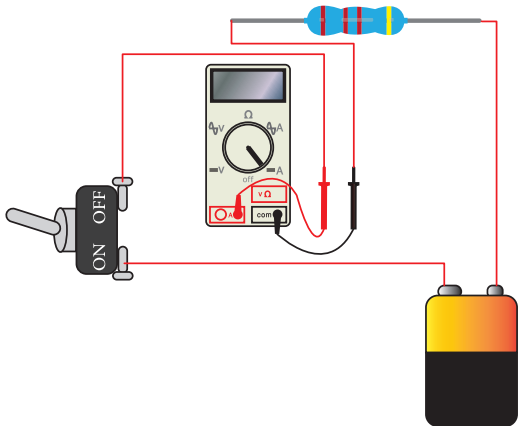
**نتاجات التمرين**

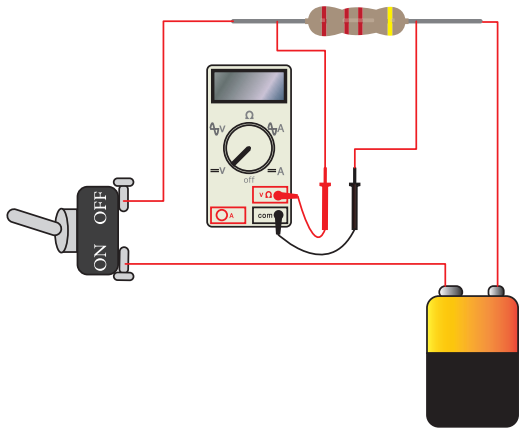
يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

1- يستخدم جهاز الأفوميتر في قياس الكميات الكهربائية.

2- يميز بين طرائق توصيل الأفوميتر في الدارات الكهربائية.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- مقاومة ثابتة (4.7KΩ، 2.2KΩ).<br>2- مفتاح توصيل.<br>3- أسلاك توصيل.<br>4- لوحة توصيل.<br>5- لحام قصدير. | 1- مصدر فولتية مباشرة (0-30) فولت/ 1 أمبير<br>2- جهاز أفوميتر رقمي.<br>3- جهاز أفوميتر تماثلي.<br>4- كاوي لحام (30-40) واط. |
| **خطوات العمل** | **الرسوم التوضيحية** |
| **أولًا: تعرف المفاتيح والمخارج الموجودة في جهاز الأفوميتر.**<br>1- تعرف المفاتيح والمخارج المختلفة الموجودة على جهازي الأفوميتر التماثلي والرقمي المبينين في الشكل (1)، وحدد استخدام كل منها، ثم دَوِّن المعلومات الخاصة بذلك في دفترك.<br>2- تعرف التدريجات المختلفة الموجودة على جهازي الأفوميتر التماثلي والرقمي، وحدد استخدام كل منها، ثم دَوِّن المعلومات الخاصة بذلك في دفترك. | <br>الشكل (1). |

| خطوات العمل | الرسوم التوضيحية |
| --- | --- |
| **ثانيًا: استخدام جهاز الأفوميتر لقياس المقاومة.**<br>1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (2).<br>2- ضع المفتاح (SW) على الوضع (OFF).<br>3- اضبط جهاز الأفوميتر الرقمي على وضع قياس المقاومة.<br>4- اختر التدريج المناسب لقياس المقاومة ($R_1$).<br>5- صل طرفي الجهاز كما في الشكل (2)، ثم دَوِّن قيمة المقاومة في دفترك.<br>6- كرِّر الخطوتين (4) و (5) لقياس قيم مجموعة من المقاومات الثابتة القيمة والمتغيرة القيمة. |  <br>الشكل (2). |
| **ثالثًا: استخدام جهاز الأفوميتر الرقمي لقياس التيار.**<br>1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (3).<br>2- اضبط جهاز الأفوميتر الرقمي على وضع قياس التيار.<br>3- اختر التدريج المناسب لقياس التيار.<br>4- صل طرفي الجهاز كما في الشكل (3).<br>5- اضبط المفتاح (SW) على الوضع (ON)، ثم دَوِّن قيمة التيار المار بالدارة في دفترك.<br>6- كرِّر الخطوتين (4) و(5) لقياس قيم التيار لمجموعة من المقاومات الثابتة القيمة والمتغيرة القيمة. |  <br>الشكل (3). |

| خطوات العمل | الرسوم التوضيحية |
|---|---|
| **رابعًا: استخدام جهاز الأفوميتر الرقمي لقياس الفولتية.**<br>1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (4).<br>2- اضبط جهاز الأفوميتر الرقمي على وضع قياس الفولتية.<br>3- اختر التدريج المناسب لقياس الفولتية.<br>4- صل طرفي الجهاز كما في الشكل (4) لقياس الفولتية على طرفي المقاومة (R).<br>5- اضبط المفتاح (SW) على الوضع (ON)، ثم دَوِّن قيمة الفولتية في دفترك.<br>6- كرِّر الخطوتين (4) و(5) لقياس الفولتية لمجموعة من المقاومات الثابتة القيمة والمتغيرة القيمة. |  <br>الشكل (4). |

علِّل ما يأتي:

1- لا يجوز توصيل جهاز الأفوميتر على التوالي لقياس الفولتية.

2- لا يجوز توصيل جهاز الأميتر على التوازي لقياس التيار في الدارة.

**فكِّر**

1- ما فائدة تصفير جهاز متعدد القياس التماثلي قبل استخدامه في قياس المقاومة؟

2- لماذا يراعى وصل الجهاز بالقطبية الصحيحة عند قياس الفولتية المباشرة والتيار المباشر؟

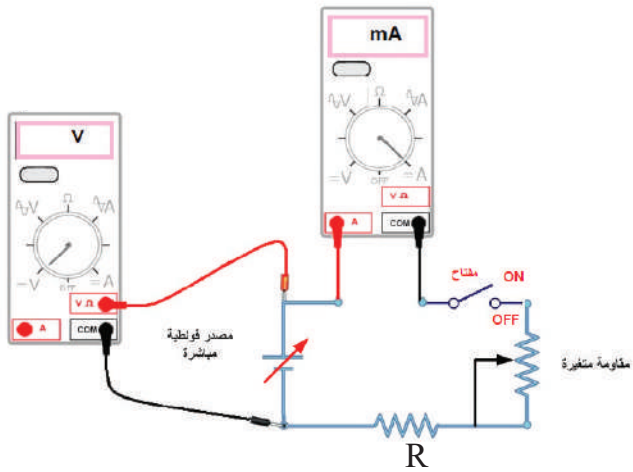
3- لماذا تهمل القطبية الصحيحة عند قياس المقاومة؟

# التمرين الرابع: قانون أوم

## نتاجات التمرين

يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

يتحقق من قانون أوم.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- مقاومة متغيرة (10KΩ) 2 واط.<br>2- مفتاح توصيل.<br>3- أسلاك توصيل.<br>4- لوحة توصيل.<br>5- لحام قصدير. | 1- مصدر فولتية مباشرة (0-30) فولت/ 1 أمبير.<br>2- جهازا متعدد القياس الرقمي (DMM).<br>3- كاوي لحام (30-40) واط. |
| **خطوات العمل** | **الرسوم التوضيحية** |
| نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).<br>**أولًا: العلاقة بين الفولتية والتيار مع ثبات المقاومة وتغير الفولتية.**<br>1- اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على الفولتية (4V).<br>2- اضبط أجهزة القياس (التيار، والفولتية) على التدريج المناسب.<br>3- اضبط المقاومة المتغيرة على (1KΩ).<br>4- صل الدارة بالمصدر الكهربائي، ثم أدر المفتاح على وضع (ON).<br>5- غيِّر فولتية مصدر الفولتية بحسب القيم المبينة في الجدول (1). |  <br>الشكل (1). |

| الفولتية (بالفولت) | التيار |
|---|---|
| 3 | |
| 6 | |
| 12 | |
| 15 | |
| 18 | |

ارسم العلاقة بين المقاومة والتيار بناءً على القراءات الناتجة، ثم دَوِّن ما تتوصَّل إليه في دفترك.

**خطوات العمل**

**ثانيًا: العلاقة بين الفولتية والتيار مع ثبات الفولتية وتغير قيمة المقاومة.**

1- اضبط مصدر الفولتية على (15V).

2- اضبط المقاومة المتغيرة على (1KΩ).

3- اضبط المفتاح على وضع (ON).

4- غيِّر قيمة المقاومة المتغيرة للحصول على المقاومة المكافئة كما في الجدول (2).

| المقاومة (KΩ) | التيار |
|---|---|
| 2 | |
| 4 | |
| 6 | |
| 8 | |
| 10 | |

5- ارسم العلاقة بين المقاومة والتيار بناءً على القراءات الناتجة، ثم دَوِّن ما تتوصَّل إليه في دفترك.

6- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها.

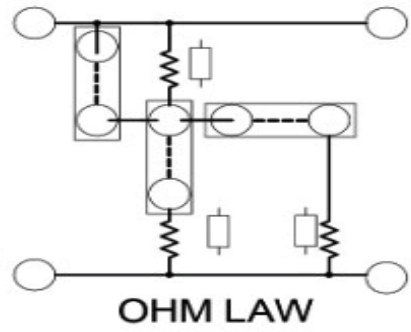


منهاجي
متعة التعليم الهادف

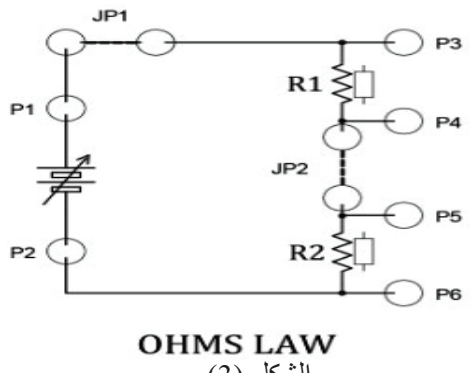
## نشاط عملي

1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (2) على لوحة التجارب (AH –91 trainer) المتوافرة في مشغلك مستعينًا بالكتاب الخاص بتنفيذ التجارب، وبإشراف المعلم.

2- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (3) على لوحة التجارب (AH –409 trainer) المتوافرة في مشغلك، مستعينًا بالكتاب الخاص بتنفيذ التجارب، وبإشراف المعلم.



الشكل (2).



الشكل (3).

دَوِّن النتائج التي تتوصَّل إليها في دفترك.

## التمرين الخامس: توصيل البطاريات

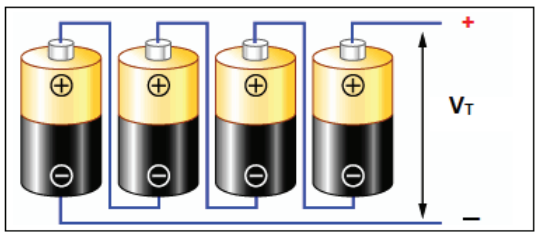
### نتاجات التمرين

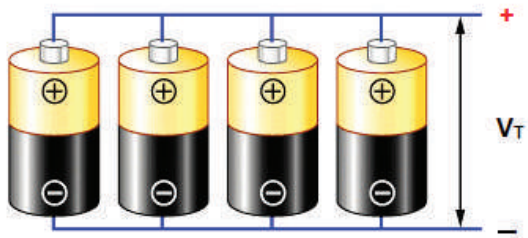
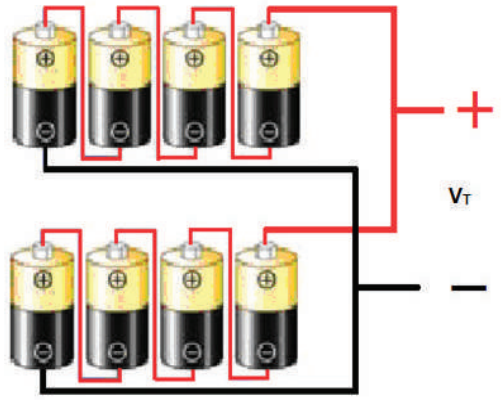
يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

1- يميز بين البطاريات بحسب أشكالها، وحجومها، وأنواعها.

2- يحدد مواصفات البطاريات.

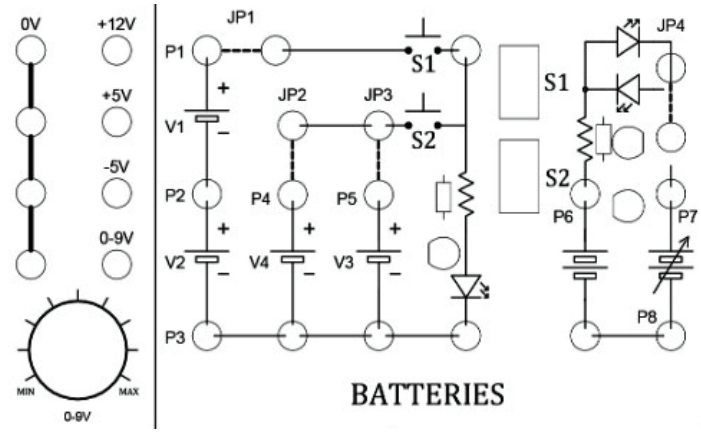
3- يوصل البطاريات على التوالي، وعلى التوازي، وتوصيلًا مركبًا، ويقيس الفولتية.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- (8) بطاريات (1.5V).<br>2- مفتاح توصيل.<br>3- أسلاك توصيل.<br>4- لوحة توصيل.<br>5- لحام قصدير. | 1- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).<br>2- كاوي لحام (30-40) واط. |
| **خطوات العمل** | **الرسوم التوضيحية** |
| **أولًا: توصيل البطاريات على التوالي.**<br>1- تفحص البطاريات التي أمامك، ثم دَوِّن المعلومات الخاصة بها في دفترك.<br>2- صِلْ أربع بطاريات على التوالي كما في الشكل (1).<br>3- قِسِ الفولتية ($V_T$) بين طرفيها باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي، ثم دَوِّن ما تتوصَّل إليه في دفترك. |  <br>الشكل (1). |

| خطوات العمل | الرسوم التوضيحية |
|---|---|
| **ثانيًا: توصيل البطاريات على التوازي.**<br>1- صِلْ أربع بطاريات على التوازي كما في الشكل (2).<br>2- قِسِ الفولتية ($V_T$) بين طرفيها باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي، ثم دَوِّن ما تتوصَّل إليه في دفترك. |  <br>الشكل (2). |
| **ثالثًا: التوصيل المركب للبطاريات.**<br>1- صِلْ أربع بطاريات على التوازي كما في الشكل (3).<br>2- قِسِ الفولتية ($V_T$) بين طرفيها باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي، ثم دَوِّن ما تتوصَّل إليه في دفترك.<br>3- دَوِّن النتائج التي تتوصَّل إليها في دفترك.<br>4- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها. |  <br>الشكل (3). |

## نشاط عملي

نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (4) على لوحة التجارب (AH –409 trainer) المتوافرة في مشغلك، مستعينًا بالكتاب الخاص بتنفيذ التجارب، وبإشراف المعلم.




الشكل (4).

# التمرين السادس: توصيل المقاومات الكهربائية

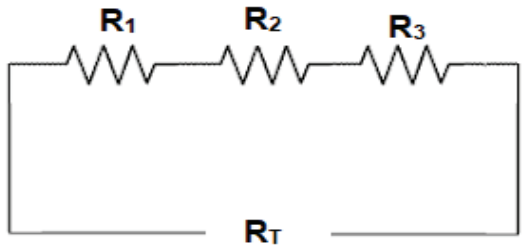
## نتاجات التمرين

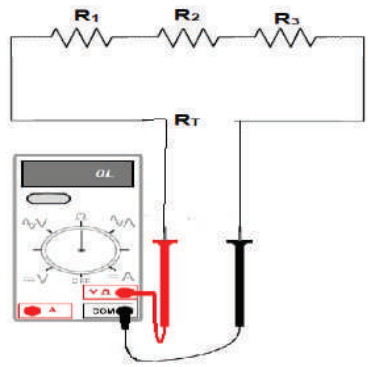
يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

1- يوصل المقاومات على التوالي، وعلى التوازي، وتوصيلًا مركبًا.

2- يحسب المقاومة الكلية.

3- يقيس المقاومة الكلية.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- مقاومات كربونية مختلفة القيمة.<br>2- مفتاح توصيل.<br>3- أسلاك توصيل.<br>4- لوحة توصيل.<br>5- لحام قصدير. | 1- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).<br>2- كاوي لحام (30-40) واط. |
| **خطوات العمل** | **الرسوم التوضيحية** |
| **أولًا: توصيل المقاومات على التوالي.**<br>1- تفحص المقاومات التي أمامك، ثم اختر القيم المتوافرة في مشغلك.<br>2- احسب قيمة كل مقاومة باستخدام ترميز الألوان.<br>3- قِس المقاومات باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).<br>4- صِل المقاومات على التوالي كما في الشكل (1).<br>5- احسب المقاومة الكلية. |  <br>الشكل (1). |

| خطوات العمل | الرسوم التوضيحية |
|---|---|
| 6- قِسِ المقاومة الكلية باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM) كما في الشكل (2)، ثم املأ الفراغ في الجدول (1). |  الشكل (2). |

| الرقم | المقاومة | قيمة المقاومة بالألوان | قيمة المقاومة بالقياس | قيمة المقاومة الكلية بالألوان | قيمة المقاومة الكلية بالقياس |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |

الجدول (1).

**ثانيًا: توصيل المقاومات على التوازي.**

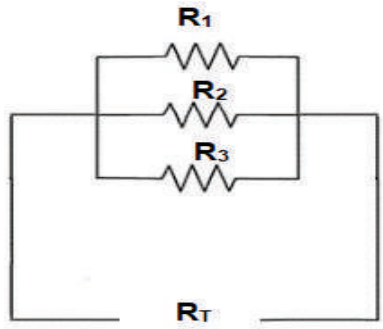
1- تفحص المقاومات التي أمامك، ثم اختر القيم المتوافرة في مشغلك.

2- احسب قيمة كل مقاومة باستخدام ترميز الألوان.

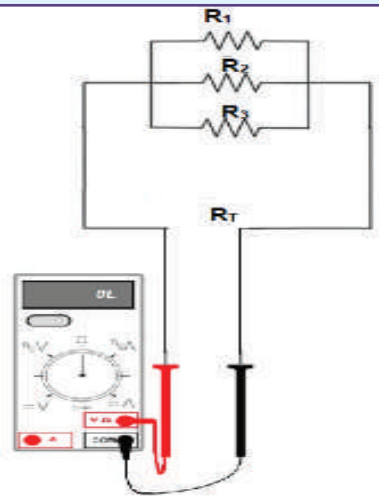
3- قِسِ المقاومات باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).

4- صِلِ المقاومات على التوازي كما في الشكل (3).

5- احسب المقاومة الكلية.




الشكل (3).

| خطوات العمل | الرسوم التوضيحية |
|---|---|
| 6- قِسِ المقاومة الكلية باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM) كما في الشكل (4)، ثم املأ الفراغ في الجدول (2). |  الشكل (4). |

| الرقم | المقاومة | قيمة المقاومة بالألوان | قيمة المقاومة بالقياس | قيمة المقاومة الكلية بالألوان | قيمة المقاومة الكلية بالقياس |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |

الجدول (2).

**ثالثًا: التوصيل المركب للمقاومات.**

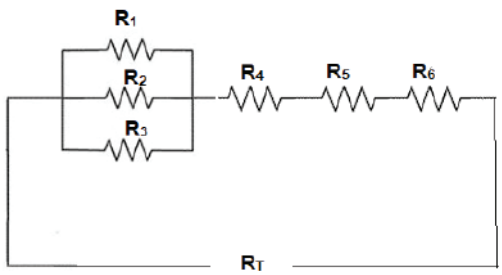
1- تفحص المقاومات التي أمامك، ثم اختر القيم المتوافرة في مشغلك.

2- احسب قيمة كل مقاومة باستخدام ترميز الألوان.

3- قِسْ المقاومات باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).

4- صِلِ المقاومات كما في الشكل (5).

5- احسب المقاومة الكلية.

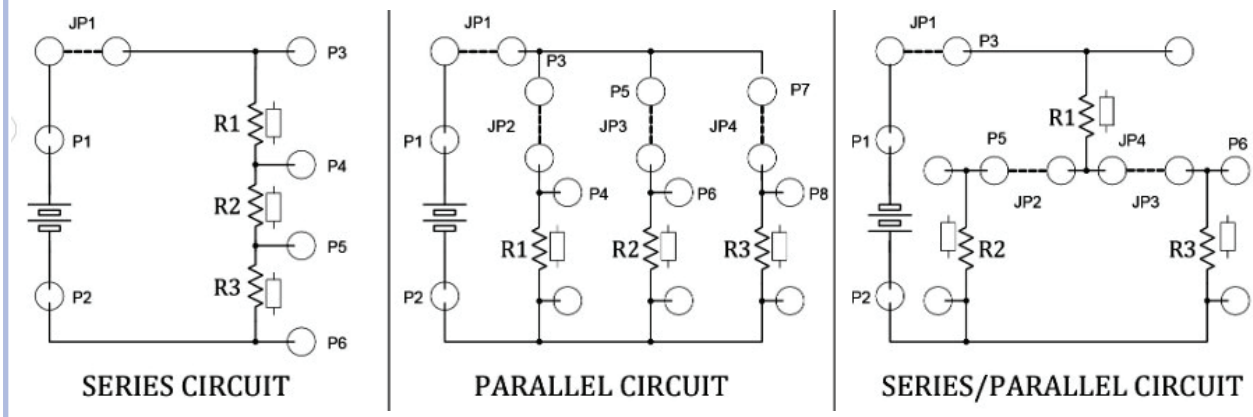



الشكل (5).

| خطوات العمل | الرسوم التوضيحية |
|---|---|
| 6- قِسِ المقاومة الكلية باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM)، ثم املأ الفراغ في الجدول (2). | |

## نشاط عملي

نفِّذ الدارات المبينة في الشكل (6) على لوحة التجارب (AH –409 trainer) المتوافرة في مشغلك، مستعينًا بالكتاب الخاص بتنفيذ التجارب، وبإشراف المعلم.



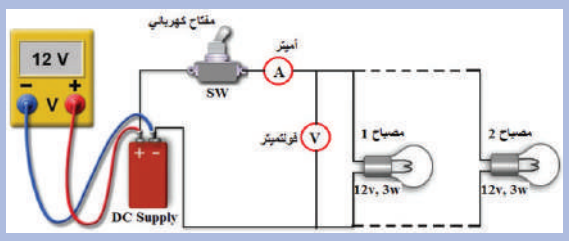

الشكل (6).

# خامسًا: القدرة والطاقة الكهربائية
# (Electrical Power and Energy)

## النتاجات الخاصة بالدرس

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذا الدرس أن:

- يتعرف مفهوم القدرة، ومفهوم الطاقة الكهربائية.
- يحسب قياس كل من القدرة، والطاقة الكهربائية.




انظر وتساءل

استكشف

اقرأ وتعلَّم

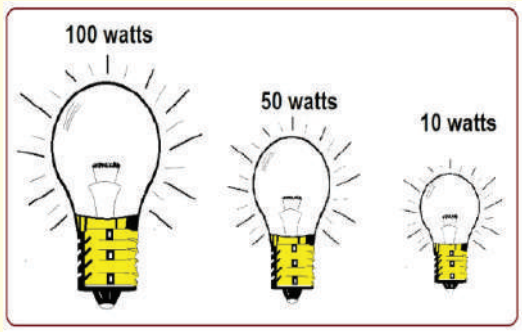
الإثراء والتوسع

القياس والتقويم

الخريطة المفاهيمية

**انظر وتساءل**

عند شرائك أحد المصابيح الكهربائية المبينة في الشكل (1-38)، لماذا تسأل عن قدرة هذا المصباح. ما المقصود بالقدرة؟ وما علاقتها باستهلاك الطاقة؟




الشكل (1-38): مصابيح كهربائية.

**استكشف**

- هل تُؤثِّر زيادة عدد ساعات تشغيل الجهاز في قيمة الطاقة المستهلكة؟

**اقرأ وتعلَّم**

## 1 - القدرة الكهربائية (Electrical Power):

يُقصَد بالقدرة الكهربائية مقدار ما تستهلكه العناصر الكهربائية من طاقة أو تُولِّدها في وحدة الزمن، وهي تساوي حاصل ضرب الفولتية في التيار، وتقاس بوحدة **الواط** (**Watt**)، الذي يُعرَّف بأنه القدرة المستهلكة في حمل عندما يسري فيه تيار مقداره (1) أمبير عند فولتية مقدارها (1) فولت. يُستخدَم جهاز **الواطميتر** (**Wattmeter**) لقياس القدرة في الدارات الكهربائية، ويمكن حسابها باستخدام العلاقة الآتية:

$$P = VI$$

$$P = I^2R$$

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

حيث:

P: القدرة الكهربائية بالواط.

V: الفولتية الكهربائية بالفولت.

I: التيار الكهربائي بالأمبير.

**فكّر**

كيف اشتُقَّت المعادلتان الآتيتان باستخدام قانون أوم؟

$$P= I^2R$$

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

## 2 - الطاقة الكهربائية (Electrical Energy):

الطاقة المُخزّنة في الجسيمات المشحونة والتي تولِّد مجالًا كهربائيًا يحيط بها، حيث تنشأ قوى كهربائية بين هذه الجسيمات. تقاس الطاقة بوحدة الجول (واط.ثانية). أمّا إذا كانت القدرة مقيسة بالكيلو واط والزمن بالساعات، فإنَّ الطاقة المحسوبة تكون بوحدة الكيلو واط. ساعة (kWh)؛ وهي الوحدة التي تستخدمها شركات الكهرباء عالميًّا. ويُستخدَم جهاز قياس الطاقة (الواطميتر ساعة) لقياس الطاقة الكهربائية، انظر الشكل (1-39). ويبين الشكل (1-40) جهاز قياس الطاقة الرقمي.

الشكل (1-39): جهاز قياس الطاقة.

يرمز إلى الطاقة الكهربائية بالرمز (E)، وتساوي:

$$E= P \times t$$

حيث:

P: القدرة الكهربائية بالواط.

t: الزمن بالساعة.

E: الطاقة بكيلو واط (KWh) ساعة.

الشكل (1-40): جهاز قياس الطاقة الرقمي.

**تذكَّر**

القدرة تزداد بنقصان المقاومة؛ بسبب زيادة التيار الكهربائي المار بالجهاز عند ثبات الفولتية بين طرفيه.

**المثال (1-4)**

إذا كانت فولتية المصدر الكهربائي (220) فولت، ووصل بهذا المصدر جهاز استقبال يسحب تيارًا مقداره (1.2) أمبير، ومكيف هواء يسحب تيارًا مقداره (9) أمبير، وأنظمة مراقبة تسحب تيارًا مقداره (3) أمبير، فما كمية الطاقة التي تستهلكها هذه الأجهزة إذا شُغِّلت مدة (8) ساعات متتالية؟

**الحل:**

كمية الطاقة التي يستهلكها جهاز الاستقبال:

$W_1 = 220 \times 1.2 \times 8 = 2112$ Wh

كمية الطاقة التي يستهلكها مكيف الهواء:

$W_2 = 220 \times 9 \times 8 = 15840$ Wh

كمية الطاقة التي تستهلكها أنظمة المراقبة:

$W_3 = 220 \times 3 \times 8 = 5280$ Wh

الطاقة الكلية المستهلكة:

$W_T = W_1 + W_2 + W_3$

$= 2112 + 15840 + 5280 = 23232$ Wh $= 23.232$ KWh

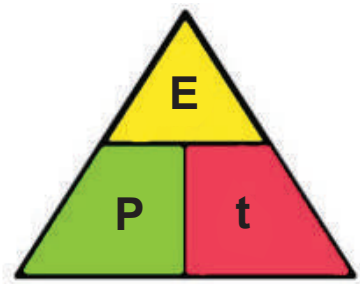
- ابحث في شبكة الإنترنت عن أفضل الأجهزة المنزلية الحديثة الموفرة للطاقة من حيث الكفاءة، وكمية الطاقة المستهلكة، ثم ناقش زملاءك في ذلك، ثم اعرض النتائج التي تتوصَّل إليها على المعلم.
- مستعينًا بالمراجع العلمية المتوافرة في مكتبة مدرستك، ابحث أنت وزملاؤك عن عداد الطاقة الرقمي الحديث، ثم اكتب تقريرًا عنه، ثم اعرضه على المعلم.

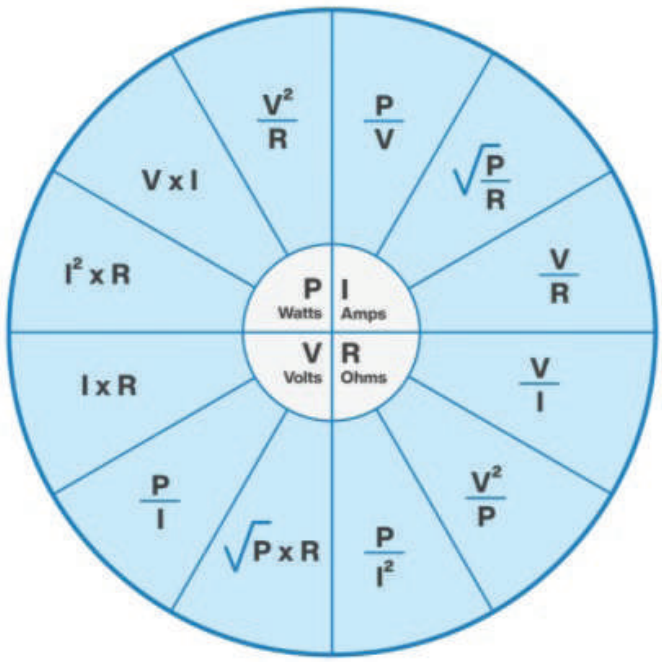
## القياس والتقويم

1- سخان كهربائي وُصِل بمصدر فولتيته (220) فولت. إذا كانت قدرة السخان (1kW)، فما الطاقة المستهلكة عند تشغيله مدَّة (30) دقيقة بوحدة كيلو واط. ساعة؟

2- في مجموعة مقاومات موصولة على التوازي تكون المقاومة الصغرى أكثرها استهلاكًا للطاقة، فسِّر ذلك.

## الخريطة المفاهيمية



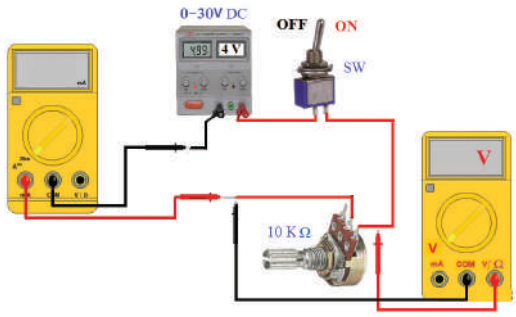
## التمرين الأول: التحقق من قانون القدرة والطاقة

### نتاجات التمرين

يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

1- يصل جهازي الواطميتر والطاقة توصيلاً صحيحاً.

2- يحسب القدرة الكهربائية، والطاقة الكهربائية المستهلكة.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- مقاومة متغيرة (10KΩ)/ 2 واط.<br>2- مفتاح توصيل.<br>3- أسلاك توصيل.<br>4- لوحة توصيل.<br>5- لحام قصدير. | 1- مصدر فولتية مباشرة (0-30) فولت/ 1 أمبير.<br>2- جهازا متعدد القياس الرقمي (DMM).<br>3- كاوي لحام (30-40) واط. |
| **خطوات العمل** | **الرسوم التوضيحية** |
| 1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).<br>2- اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على (4)V.<br>3- اضبط جهازي القياس الأميتر والفولتميتر على التدريج المناسب.<br>4- اضبط المقاومة المتغيرة على (4KΩ).<br>5- صِلِ الدارة بالمصدر الكهربائي، ثم اضبط المفتاح على الوضع (ON).<br>6- غيِّر فولتية مصدر الفولتية كما في الجدول (1).<br>7- دَوِّن قراءة جهاز الأميتر، وقراءة جهاز الفولتميتر. |  <br>الشكل (1). |

| خطوات العمل | الرسوم التوضيحية |
|---|---|
| 8- احسب قيمة القدرة الكهربائية من العلاقة: (P =VI). 9- احسب قيمة الطاقة الكهربائية من العلاقة: (W=P t) في زمن مقداره (4) دقائق. 10- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها. | |

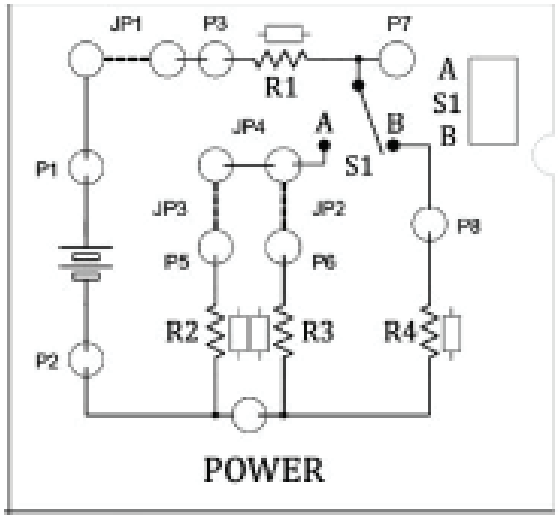
| مصدر الفولتية (V) | قراءة جهاز الأفوميتر (V) | قراءة جهاز الأميتر (mA) | القدرة بالواط: P = V×I | الطاقة بالجول: W= P X T |
|---|---|---|---|---|
| 4 | | | | |
| 7 | | | | |
| 10 | | | | |
| 13 | | | | |
| 16 | | | | |
| 20 | | | | |

الجدول (1).

## نشاط عملي

نفِّذ التمرين العملي الآتي فرديًّا، أو ضمن مجموعات صغيرة في المشغل، أو بحسب توجيهات المعلم:

ملحوظة: هذا التمرين موجود في المشغل (Model AH-409).



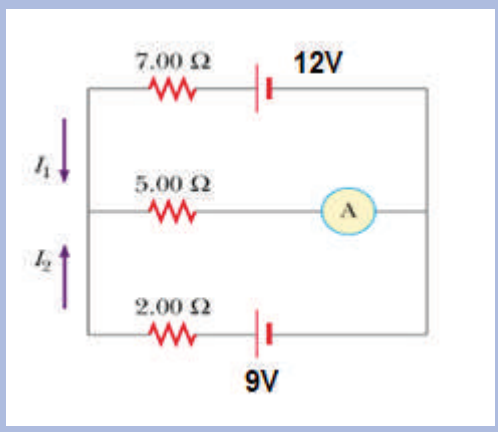

الشكل (2).

# سادسًا: قانونا كيرشوف
# (Kirchhoff's Laws)

**النتاجات الخاصة بالدرس**

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذا الدرس أن:

- يتعرف قانوني كيرشوف.
- يتحقق من قانوني كيرشوف.




انظر وتساءل

استكشف

اقرأ وتعلَّم

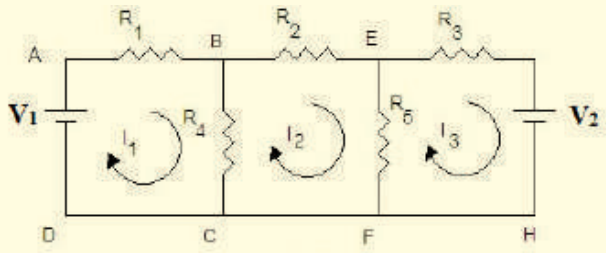
الإثراء والتوسع

القياس والتقويم

الخريطة المفاهيمية

انظر وتساءل

بناءً على دراستك السابقة للدارة الكهربائية البسيطة، هل تستطيع إيجاد التيارات في الدارة الكهربائية المبينة في الشكل (1-41)؟



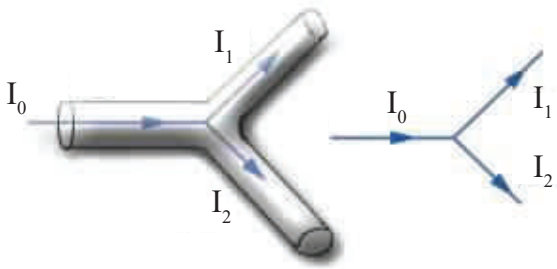

الشكل (1-41): دارة كهربائية.

درست سابقًا أنه يمكن تبسيط الدارة الكهربائية لتكون حلقة واحدة، في ما يُعرَف بالدارة الكهربائية البسيطة، ولكن كثيرًا من الدارات الكهربائية لا يمكن تبسيطها إلى حلقة واحدة، فكيف يمكن إيجاد قيم التيارات والفولتيات في هذه الدارات؟

وضع العالم جوستاف كيرشوف قانونين عُرِفا باسمه، ما هما؟ كيف يمكن تطبيقهما؟

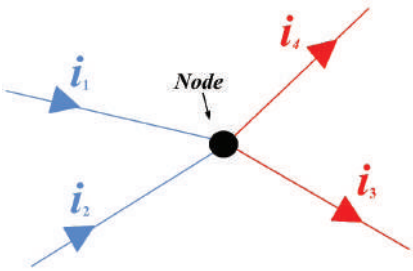
## استكشف

- ماذا تلاحظ من الشكل (1-42)؟




الشكل (1-42): توزيع التيارات الكهربائية.

## 1- قانون كيرشوف للتيار:




الشكل (1-43): قانون التيار لكيرشوف.

ينص هذا القانون على أن **المجموع الجبري للتيارات عند أي نقطة تفرع في دارة كهربائية يساوي صفرًا**؛ أي إن مجموع التيارات الداخلة في نقطة التفرع في الدارة الكهربائية مساوٍ لمجموع التيارات الخارجة منها، ومعاكس له بالاتجاه. وكما يوضح الشكل (1-43)، فإن:

$$\sum I = 0$$

$$I_1+I_2+(-I_3)+(-I_4) =0$$

$$I_1+I_2= I_3+I_4$$

## 2- قانون كيرشوف للفولتية:

ينص هذا القانون على أن **المجموع الجبري للتغيرات في الفولتية عبر عناصر أي مسار مغلق في دارة كهربائية يساوي صفرًا.**

حيث:

V: فرق الجهد (الفولت) (V)

I: التيار الكهربائي (A).

R: المقاومة الكهربائية (Ω).

$$\sum V = \sum I \times R = 0$$

ابحث في شبكة الإنترنت عن دارات كهربائية وتطبيقات عملية لقانوني كيرشوف، ثم جد قيمة التيارات المارة بها باستخدام هذين القانونين، ثم ناقشه مع زملائك.

## القياس والتقويم

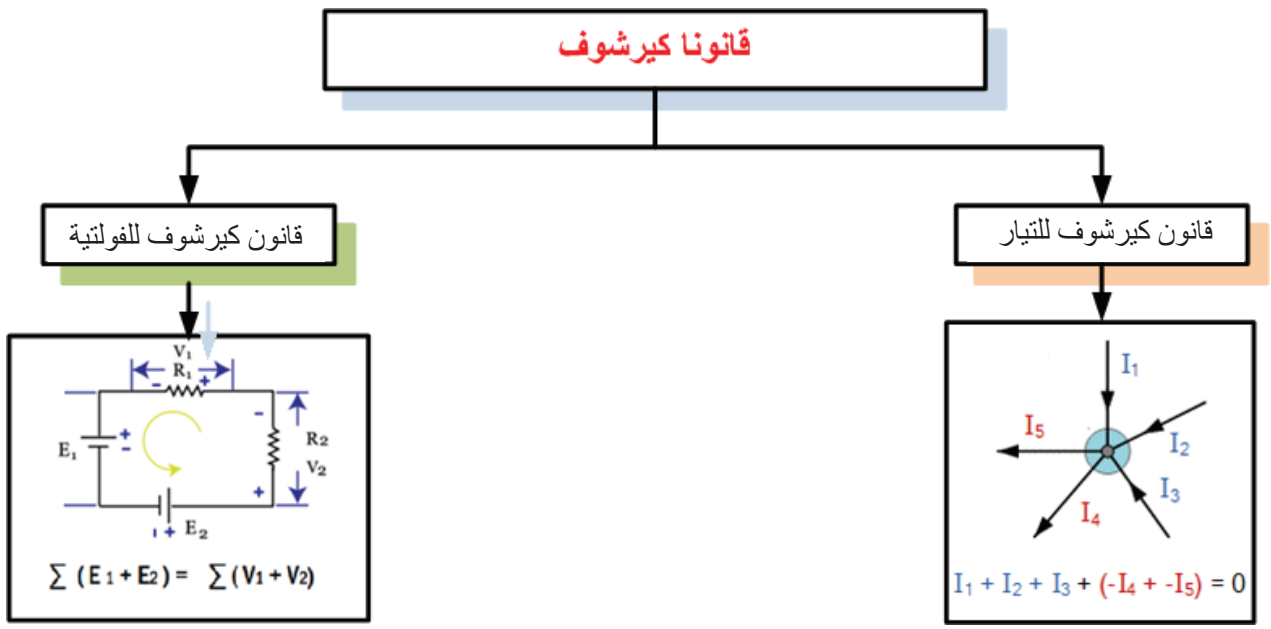
1- هل يمكن تطبيق قانوني كيرشوف على الدارة الكهربائية البسيطة؟

2- يُعَدُّ قانون كيرشوف للتيار صيغة من صيغ قانون حفظ الشحنة، فسِّر ذلك.

3- يُعَدُّ قانون كيرشوف للفولتية صيغة من صيغ قانون حفظ الطاقة، فسِّر ذلك.

4- في الشكل (1-43)، إذا كان $(I_1)$ =2 أمبير، و$(I_2)$ = 5 أمبير، و$(I_3)$ =3 أمبير، فما قيمة التيار $(I_4)$؟

## الخريطة المفاهيمية



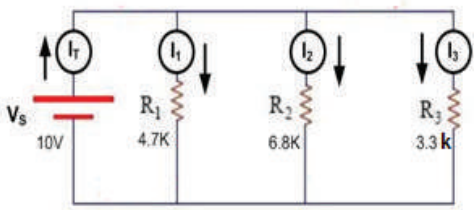
# التمرين الأول: التحقق من قانوني كيرشوف

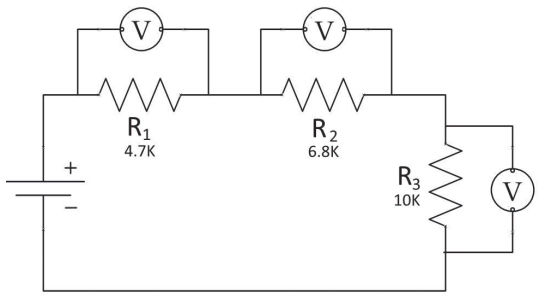
## نتاجات التمرين

يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

1- يتحقق من قانون كيرشوف للتيار .

2- يتحقق من قانون كيرشوف للفولتية .

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- مقاومات كربونية (0.5W):<br>(3.3KΩ,2x4.7KΩ ,10KΩ 2x6.8KΩ).<br>2- مفتاح توصيل.<br>3- أسلاك توصيل.<br>4- لوحة توصيل.<br>5- لحام قصدير. | 1- مصدر فولتية مباشرة (0-30) فولت/ 1 أمبير.<br>2- جهازا متعدد القياس الرقمي (DMM).<br>3- كاوي لحام. |
| **خطوات العمل** | **الرسوم التوضيحية** |
| **أولًا: التحقق من قانون كيرشوف للتيار.**<br>1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).<br>2- اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على (10)V.<br>3- اضبط جهازي قياس التيار والفولتية على التدريج المناسب.<br>4- صِلْ مصدر الفولتية المباشرة بالدارة.<br>5- صِلْ جهاز الأميتر على التوالي بمصدر الفولتية والدارة، ثم دَوِّن قيمة التيار الكلي المار بالدارة.<br>6- صِلْ جهاز الأميتر على التوالي بالمقاومة ($R_1$)، ثم دَوِّن قيمة التيار ($I_1$)، ثم صِلْه على التوالي بالمقاومة ($R_2$)، ثم دَوِّن قيمة ($1_2$)، ثم صله |  <br>الشكل (1): قياس التيار والفولتية. |

| خطوات العمل | الرسوم التوضيحية |
|---|---|
| على التوالي بالمقاومة ($R_3$)، ثم دَوِّن قيمة التيار ($I_3$).<br>7- لاحِظ أن قطبيات التيارات ( $I_1,I_2,I_3$) معاكسة لقطبية التيار الكلي (I).<br>8- تحقق من صحة المعادلة الآتية:<br>$I-I_1-I_2-I_3=0$ بتعويض القيم المقيسة للتيارات.<br>9- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها. | |
| **ثانيًا: التحقق من قانون كيرشوف للفولتية.**<br>1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (2).<br>2- اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على (10)V.<br>3- اضبط جهازي القياس التيار والفولتية على التدريج المناسب.<br>4- صِلْ مصدر الفولتية المباشرة بالدارة.<br>5- صِلْ جهاز الفولتميتر بين طرفي المقاومة ($R_1$)، ثم دَوِّن قيمة الفولتية بين طرفيها.<br>6- صِلْ جهاز الفولتميتر بين طرفي المقاومة ($R_2$)، ثم دَوِّن قيمة الفولتية بين طرفيها.<br>7- صِلْ جهاز الفولتميتر بين طرفي المقاومة ($R_3$)، ثم دَوِّن قيمة الفولتية بين طرفيها.<br>8- تحقق من صحة المعادلة الآتية:<br>$V-V_1-V_2-V_3=0$<br>9- لاحِظ أن قطبية الفولتيات ($V_1,V_2,V_3$) معاكسة لفولتية مصدر الفولتية المباشرة.<br>10.اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها. |  <br>الشكل (2): قياس التيار والفولتية. |

# سابعًا: المواسعات الكهربائية
# (Capacitors)

## النتاجات الخاصة بالدرس

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذا الدرس أن:

- يتعرف تركيب المواسع.
- يوضح السعة الكهربائية.
- يعدد أنواع المواسعات.
- يحدد عرف طرائق توصيل المواسعات، ويحسب السعة المكافئة.
- يبين مبدأ شحن المواسع وتفريغه.

انظر وتساءل

استكشف

اقرأ وتعلّم

الإثراء والتوسع

القياس والتقويم

الخريطة المفاهيمية

انظر وتساءل

هل فكرت يومًا كيف تُخزَّن كمية كبيرة من الضوء لتتكون الصورة على الفلم في الكاميرا للحصول على صورة واضحة؟ يعمل المصباح الومّاض (الفلاش) المستخدم في الكاميرا المبينة في الشكل (1-44) على إصدار نبضة ضوئية في مدة زمنية قصيرة، وذلك عند الضغط على زر الكاميرا لفتح غالق العدسة، والتقاط الصورة، وهذه النبضة القوية تعمل على توفير الكمية الكافية من الضوء في اللحظة المناسبة لالتقاط الصورة. ولتأمين هذه النبضة، تحتوي الكاميرا على مجموعة عناصر، أهمها المواسع الكهربائي.

الشكل (1-44): كاميرا.

## استكشف

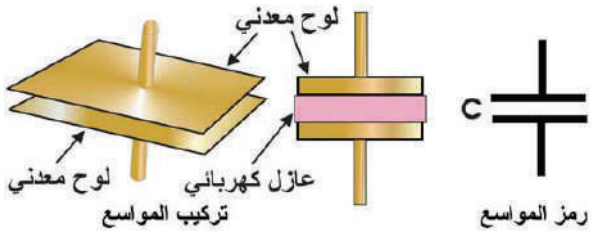
- ما العنصر الذي يُستخدَم لتخزين الطاقة الكهربائية بشكل مؤقت والتفريغ السريع نسبيًا؟

## اقرأ وتعلَّم

تعد المواسعات من العناصر الأساسية في الدارة الكهربائية. والمواسع عنصر يُستخدَم كثيرًا لتخزين الطاقة الكهربائية في أثناء عملية الشحن في صورة مجال كهربائي، ثم إطلاقها في أثناء عملية التفريغ، فمِمَّ يتركَّب هذا العنصر؟ ما أهميته؟ ما خصائصه؟ ما استخداماته؟

### 1- تركيب المواسع:

يتكوَّن المواسع من لوحين فلزيين متوازيين، يفصل بينهما مادة عازلة، مثل: الهواء، والورق المشبع بالزيت، والمايكا، ويوصل بكل لوح من لوحيه طرف توصيل لربطه بالدارة الكهربائية، انظر الشكل (1-45).




الشكل (1-45): تركيب المواسع، ورمزه.

**فكّر**

ما تأثير وضع طبقة من مادة عـازلة (مثل: البلاستيك، والزجاج) بين صفيحتي المواسع؟

## 2- السعة الكهربائية (Capacitance):

سعة المواسع هي مقدار الشحنة الكهربائية اللازمة لرفع الفولتية بين طرفي المواسع بمقدار (1) فولت:

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

حيث:

C: سعة المواسع بالفاراد.

Q: الشحنة على كل لوح من لوحيه بالكولوم.

V: الفولتية بين طرفي المواسع بالفولت.

تقاس سعة المواسع بوحدة الفاراد، وهي وحدة كبيرة جدًّا من الناحية العملية، لذا تُستعمَل وحدات أصغر منها، مثل:

$$mF = 10^{-3}\ F\ ;\ 1\mu F = 10^{-6}\ F\ ;\ 1nF = 10^{-9}\ F\ ;\ 1pF = 10^{-12}\ F$$

تعتمد سعة المواسع على كلٍّ من مساحة لوحيه، والمادة العازلة، والمسافة بين اللوحين، وهي تتناسب طرديًّا مع كلٍّ من مساحة لوحيه، وثابت العزل للوسط العازل بين لوحيه، وعكسيًّا مع المسافة الفاصلة بين لوحيه. تعطى السعة بالعلاقة الآتية:

$$C=\varepsilon\frac{A}{D}$$

حيث:

C: سعة المواسع بالفاراد.

ε: السماحية الكهربائية بوحدة كولوم$^2$/ نيوتن.م$^2$.

A: مساحة كلٍّ من لوحي المواسع بالمتر المربع.

D: المسافة بين لوحي المواسع بالمتر.

تتناسب الطاقة المخزونة (E) في المواسع طرديًّا مع قيمة السعة ومربع قيمة الفولتية.

$$E=\frac{1}{2}CV^2$$

## 3- أنواع المواسعات:

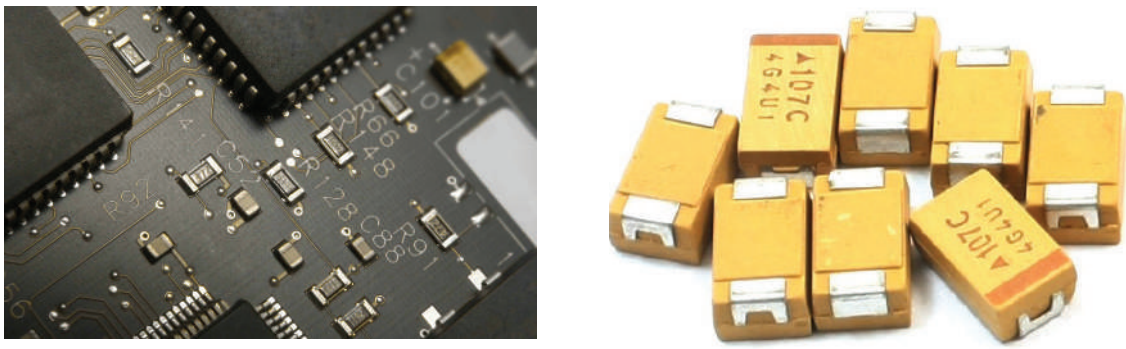
تُصنَّف المواسعات من حيث السعة إلى مواسعات ثابتة السعة (Fixed Capacitor)، ومواسعات متغيرة السعة (Variable Capacitor). وهي تُصنَّف من حيث القطبية إلى مواسعات مستقطبة، ومواسعات غير مستقطبة. أمّا من حيث المادة العازلة بين اللوحين فتُصنَّف إلى مواسعات (ورقية، ومايكا، وسيراميكية، وبلاستيكية).

تُصنَّف المواسعات أيضًا بحسب تكنولوجيا التصنيع إلى ما يأتي:

أ – **المواسعات العادية.**

ب– **المواسعات الفائقة السعة (Super Capacitors):** سعة المواسع منها أكبر كثيرًا من سعة المواسع العادي، وقدرته على التخزين كبيرة جدًّا، وهو يُستخدَم في التغذية العكسية لبطاريات الخلايا الشمسية.

جـ– **المواسعات السطحية (Surface Mounted-SMT):** اعتمدت منتجات الاتصالات الإلكترونية المتقدمة على تكنولوجيا (SMT) التي تضغط المكونات الإلكترونية التقليدية إلى مكونات صغيرة الحجم، وخفيفة الوزن، ورخيصة الثمن، وعالية الكثافة، وذات موثوقية كبيرة. تمتاز هذه المواسعات بتردد عالٍ، وحدِّها من تدخل التردد الكهرومغناطيسي والإذاعي، انظر الشكل (1-46).



الشكل (1-46): مواسعات سطحية.

## 4– أعطال المواسعات:

أ – دارة قصر (Short Circuit ): ينتج هذا العطل من انهيار المادة العازلة بين لوحيه.

ب– المواسع بوصفه مقاومة: ينتج هذا العطل من فقد الوسط العازل خصائصه.

جـ– المواسع يقيس دارة مفتوحة (Open Circuit): ينتج هذا العطل بسبب تلف أحد الألواح، أو حدوث فصل في أحد أطرافه.

د – تغيُّر سعة المواسع: يعطي المواسع سعة أكبر أو أصغر بشكل ملحوظ.

## 5– رموز المواسعات:

يبين الشكل (1-47) الآتي مجموعة من الرموز الفنية لأنواع شائعة من المواسعات.

الشكل (1-47): بعض الرموز الفنية للمواسعات.

## 6 ـ الاستخدامات العملية للمواسعات:

من أهم استخدامات المواسعات:

أ – **التمرير:** تمرير إشارات التشويش ذات التردد العالي للأرض.

ب – **التنعيم:** تخفيف معامل التموج بعد تقويم الدارة.

جـ – **التنغيم (التوليف):** استخدامها في دارات الرنين، خاصة في دارات البحث عن القنوات التلفازية مثلاً.

د – **الربط:** الربط بين دارتين للسماح للإشارة الكهربائية ذات التيار المتناوب بالمرور ومنع مرور التيار المباشر.

هـ – دارات المرشحات والمذبذبات والمؤقتات وغيرها.

**النشاط (1-4)**

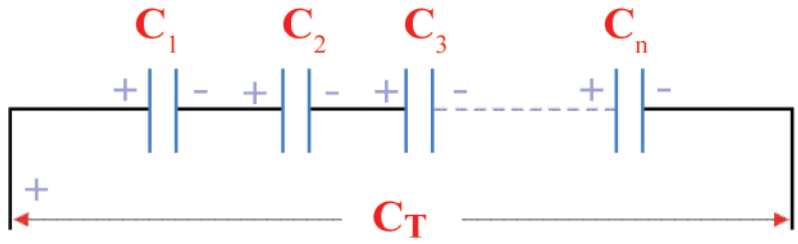
مواسع مرمز بالرمز (474k63)، ماذا يعني ذلك؟ ابحث عن الإجابة في أحد المراجع العلمية المناسبة، ثم اعرضها على المعلم.

## 7- توصيل المواسعات:

يمكن توصيل المواسعات على التوالي، أو على التوازي، أو الجمع بينهما؛ لإيجاد قيمة محددة لمواسعة ليست متوافرة، وإيجاد فولتية غير متوافرة في مواسع واحد.

### أ- التوصيل على التوالي:

في حالة التوصيل على التوالي، كما في الشكل (1-48)، تكون المواسعات متساوية في الشحنة، في حين تكون الفولتية الكلية مساوية لمجموع فولتية المواسعات.




الشكل (1-48): توصيل المواسعات على التوالي.

تحسب السعة الكلية في حالة التوصيل على التوالي بالعلاقة الآتية:

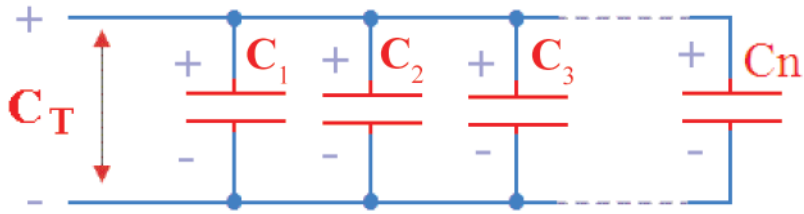
$$\frac{1}{C_T}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}+\ldots\ldots\ldots+\frac{1}{C_n}$$

**فكّر**

لماذا تكون السعة الكلية في حالة التوصيل على التوالي أقل قيمة من أصغر مواسعة في المجموعة الموصولة على التوالي؟

**ب- التوصيل على التوازي:**

في حالة التوصيل على التوازي، كما في الشكل (1-49)، تكون المواسعات متساوية في الفولتية، في حين تكون الشحنة الكلية مساوية لمجموع شحنة المواسعات.




الشكل (1-49): توصيل المواسعات على التوازي.

**فكّر**

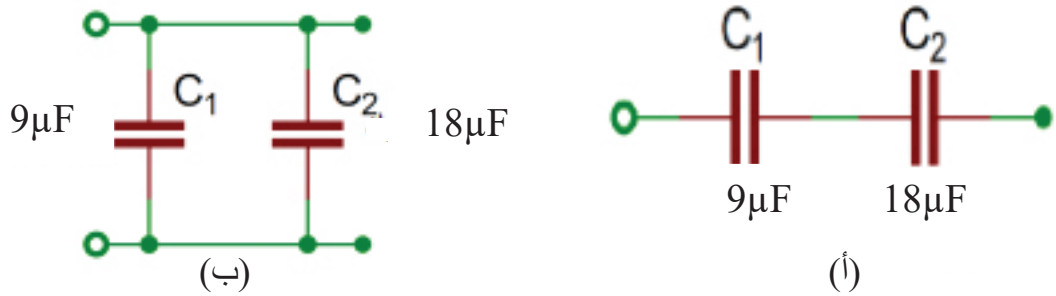
لماذا تكون السعة الكلية في حالة التوصيل على التوازي أكبر قيمة من أكبر مواسعة في المجموعة الموصولة على التوازي؟

تحسب السعة الكلية في حالة التوصيل على التوازي بالعلاقة الآتية:

$$C_T=C_1+C_2+C_3+\ldots\ldots+C_n$$

**المثال (1-5)**

مواسعان: $C_1$ سعته (9) ميكروفاراد، و$C_2$ سعته (18) ميكروفاراد، وُصِلا بمصدر فولتية؛ أحدهما على التوالي، والآخر على التوازي. احسب المواسعة المكافئة لكل طريقة توصيل، كما في الشكل (1-50) مبيناً طريقة توصيل كل مهما.




الشكل (1-50): توصيل المواسعات.

**الحل:**

التوصيل على التوالي:

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

$$= \frac{1}{9} + \frac{1}{18}$$

$$C_T = 6\mu F$$

التوصيل على التوازي:

$$C_T = C_1 + C_2$$

$$= 18 + 9 = 27\mu F$$

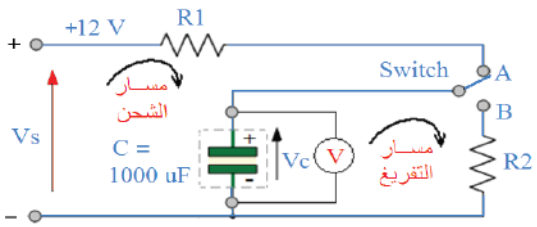
## 8- شحن المواسع وتفريغه (Capacitor and Discharging):

إذا وُصِل المواسع بمصدر فولتية مناسب أصبح طرف المواسع الموصول بالقطب الموجب للمصدر موجبًا، وطرف المواسع الموصول بالقطب السالب سالبًا، وأصبحت فولتية المواسع مساوية لفولتية المصدر، وأصبح المواسع مشحونًا. وإذا فُصِل مصدر الفولتية عن المواسع، فإن المواسع يحتفظ بشحنته، ويبدو أشبه ببطارية تُخزِّن الطاقة الكهربائية، علمًا بأن وجود المادة العازلة يمنع انتقال الشحنات بين اللوحين.

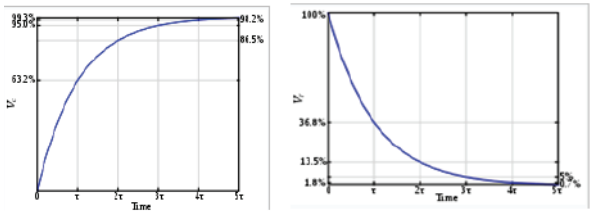
يُفرَّغ المواسع شحنته المختزنة عند وصله بحمل كهربائي؛ إذ يعود اللوحان إلى التعادل الكهربائي، ويعتمد زمن الشحن أو التفريغ للمواسع على سعة المواسع وقيمة المقاومة (RC) التي تُعرَف بالثابت الزمني، ويحدث عن طريقها عملية الشحن أو التفريغ؛ فكلما زادت القيمة (RC) كانت عملية الشحن أو التفريغ أبطأ، وتكتمل عملية الشحن والتفريغ خلال مدة زمنية مقدارها T=5RC.

يُطلَق على الزمن اللازم لشحن المواسع حتى تصل الفولتية بين طرفيه إلى 63% من قيمة فولتية المصدر اسم الثابت الزمني لشحن المواسع، ويُطلَق على الزمن اللازم لتفريغ المواسع حتى تهبط الفولتية بين طرفيه إلى 37% من قيمة فولتية المصدر اسم الثابت الزمني لتفريغ المواسع.

تُستخدَم دارات الشحن والتفريغ في دارات المذبذبات، ودارات التوقيت، ودارات تشكيل النبضات، انظر الشكل (1-51/أ)، والشكل (1-51/ب).




الشكل (1-51/أ): دارة الشحن والتفريغ للمواسع.




الشكل ((1-51/ب): منحنى الشحن والتفريغ للمواسع.

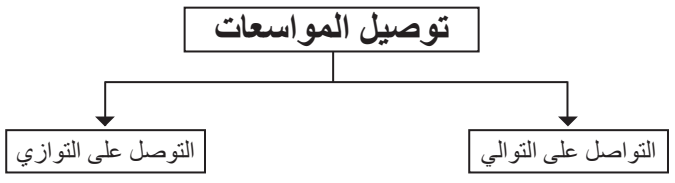
## 9- جهاز قياس سعة المواسع وحث الملف (LCR Meter):

توصَل أطراف المواسع في هذا الجهاز بين النقطتين ($C_X$)، ويُختار تدريج (F) المناسب لسعة المواسع. أمّا الملف فتوصَل أطرافه بين النقطتين ($L_X$)، مع مراعاة اختيار (H) المناسبة لحثية الملف، انظر الشكل (1-52).

الشكل (1-52): جهاز قياس (LCR) رقمي .

ابحث أنت وزملاؤك في شبكة الإنترنت عن ترميز المواسعات، وعن السماحية في قيمة المواسعات، ثم اكتب تقريرًا مفصلًا عن ذلك، ثم اعرضه على المعلم.

### الخريطة المفاهيمية



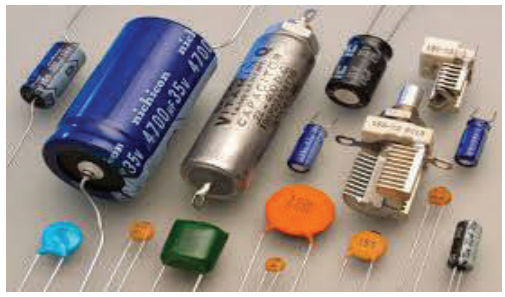
## التمرين الأول: تمييز المواسعات

### نتاجات التمرين

يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

1- يميز بين أنواع المواسعات المختلفة.

2- يحدد قيمة المواسعات من الرموز المكتوبة عليها.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- مواسعات كهربائية.<br>2- مواسعات متغيرة.<br>3- مواسعات ضبط دقيق.<br>4- مواسعات تنتاليوم.<br>5- مواسعات ورقية.<br>6- مواسعات مايكا. | |
| **خطوات العمل** | **الرسوم التوضيحية** |
| 1- تفحص المواسعات التي بحوزتك كما في الشكل (1).<br>2- ميز بين أنواع المواسعات التي تفحصتها.<br>3- املأ الفراغ في الجدول (ا).<br>4-اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها. |  <br>الشكل (1). |

| نوع المواسع | سعته | فولتية تشغيله | ملاحظات |
|---|---|---|---|
| | | | |

الجدول (1).

## التمرين الثاني

## توصيل المواسعات على التوالي، وعلى التوازي، وتوصيلًا مركبًا

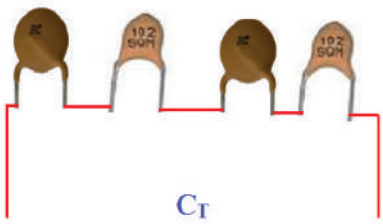
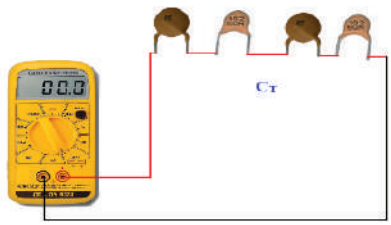
### نتاجات التمرين

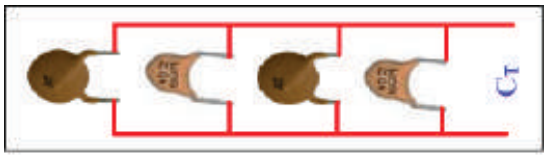
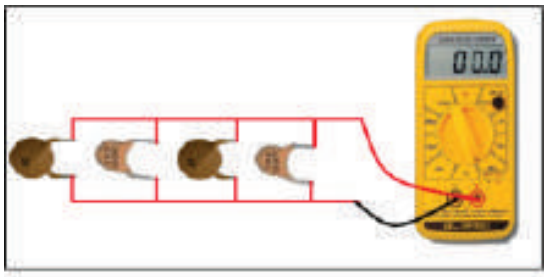
يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

1- يوصل المواسعات على التوالي، وعلى التوازي، وتوصيلًا مركبًا.

2- يحسب السعة الكلية.

3- يستخدم جهاز قياس سعة المواسع.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- (10) مواسعات مختلفة.<br>2- أسلاك توصيل.<br>3- لوحة توصيل.<br>4- لحام قصدير. | 1- جهاز قياس سعة المواسع الرقمي.<br>2- كاوي لحام . |
| **خطوات العمل** | **الرسوم التوضيحية** |
| **أولًا: توصيل المواسعات على التوالي.**<br>1- تفحص المواسعات التي أمامك.<br>2- صِل المواسعات على التوالي كما في الشكل (1).<br>3- احسب السعة الكلية للمواسعات.<br>4- قِس السعة الكلية باستخدام جهاز قياس سعة المواسع الرقمي كما في الشكل (2)، ثم املأ الفراغ في الجدول (1). |  <br>الشكل (1).<br>  <br>الشكل (2). |

| خطوات العمل | الرسوم التوضيحية |
|---|---|
| **ثانيًا: توصيل المواسعات على التوازي.**<br>5- صِلِ المواسعات على التوازي كما في الشكل (3).<br>6- احسب السعة الكلية للمواسعات.<br>7- قِسِ السعة الكلية باستخدام جهاز قياس سعة المواسع كما في الشكل (4)، ثم املأ الفراغ في الجدول (2). |  <br>الشكل (3)<br>  <br>الشكل (4) |

| الرقم | المواسع | سعة المواسع | سعة المواسع بالقياس | السعة الكلية | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |

الجدول (1).

| الرقم | المواسع | سعة المواسع | سعة المواسع بالقياس | السعة الكلية | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |

الجدول (2).

## التمرين الثالث

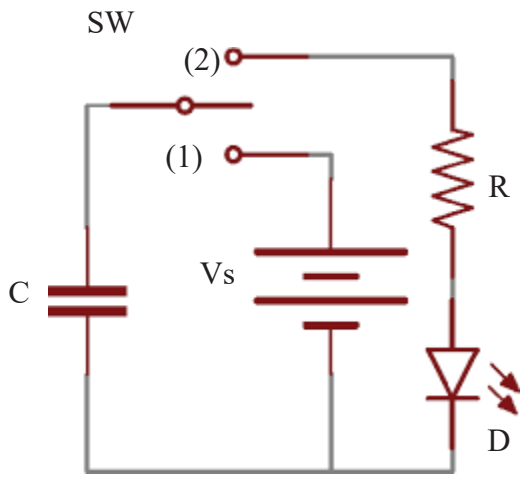
## بناء دارة شحن وتفريغ المواسع

### نتاجات التمرين

يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

1- يبني دارة شحن وتفريغ المواسع باستخدام مصدر فولتية مباشرة.

2- يرسم منحنى الشحن والتفريغ للمواسع.

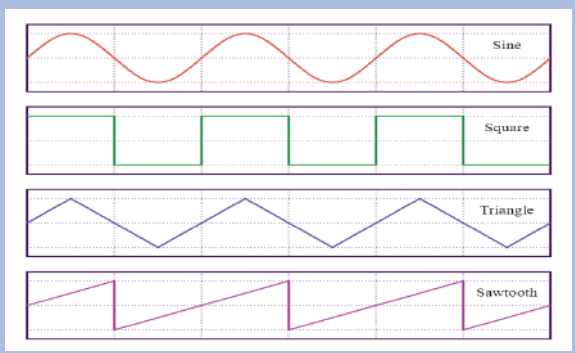
| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- مقاومة كربونية (500) أوم.<br>2- عنصر ضوئي (LED).<br>3- مفتاح مفرد باتجاهين.<br>4- مواسع (1000µf) 16 فولت.<br>5- لوح توصيل.<br>6- أسلاك توصيل. | 1- مصدر فولتية مباشرة (0-60) فولت/ 1 أمبير.<br>2- جهازا متعدد القياس الرقمي (DMM).<br>3- كاوي لحام. |
| **خطوات العمل** | **الرسوم التوضيحية** |
| 1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1)، بحيث<br>V=12V ,C=1000µF ,R=500KΩ<br>2- اضبط المفتاح على وضع الشحن (1)، ولاحظ فولتية المواسع عن طريق الفولتميتر.<br>3- اضبط المفتاح على وضع التفريغ (2)، ولاحظ إضاءة المصباح كيف بدأت قوية ثم تلاشت الإضاءة.<br>4- لاحظ فولتية المواسع بعد مرور بضع ثوانٍ.<br>5- ارسم منحنى الشحن والتفريغ للمواسع. |  <br>الشكل (1). |

# ثامنًا: التيار المتناوب
# (Alternating Current)

## النتاجات الخاصة بالدرس

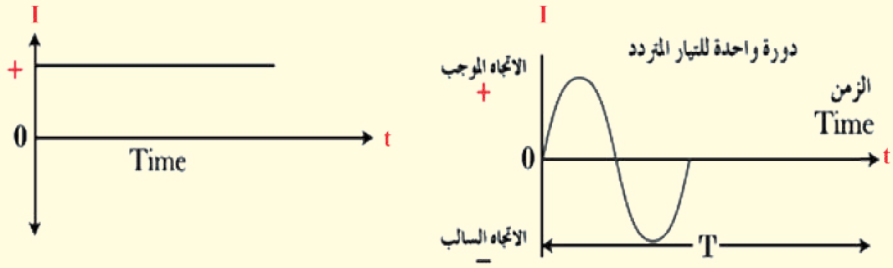
يتوقع من الطالب بعد دراسة هذا الدرس أن:

- يوضح مفهوم التيار المتناوب.
- يبين مفهوم التردد.
- يتعرف مكونات دارات التيار المتناوب.
- يشرح التأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي.
- يصمم مبدأ عمل المحرك الكهربائي.



انظر وتساءل

انظر الشكل (1-53)؟ ما الذي يميز موجة التيار المتناوب عن موجة التيار المباشر؟




ب- التيار المباشر.  أ- التيار المتناوب.

الشكل (1-53): إشارة التيار المتناوب، والتيار المباشر.

## استكشف

- ما نوع التيار الذي يُشغِّل الأجهزة المبينة في الشكل (1-54)؟

الشكل (1-54): أجهزة كهربائية.

## اقرأ وتعلَّم

درست سابقًا أن التيار المباشر هو تيار ثابت القيمة اللحظية والاتجاه بمرور الزمن، وأن التيار المتناوب تيار متغير القيمة اللحظية والاتجاه بمرور الزمن، وينتج من مولدات التيار المتناوب العائدة إلى شركة توليد الكهرباء، ومن مولدات الإشارة في المختبرات والمشاغل المهنية؛ ويستخدم التيار المتناوب كثيرًا نظرًا إلى سهولة التوليد والنقل، والتحويل بمفاقيد منخفضة في الطاقة، وسهولة الحصول عليه مقارنة بالتيار المباشر.

## والتيار المتناوب نوعان هما:

### 1- التيار المتناوب أحادي الطور:

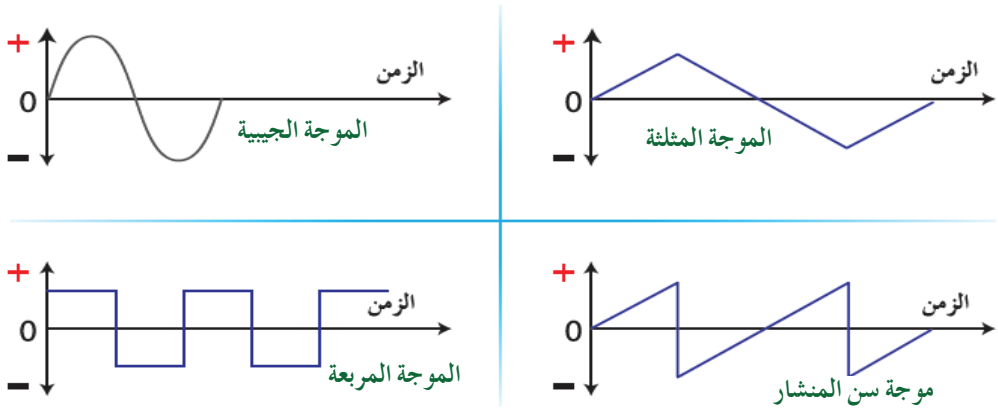
هو موجة واحدة من التيار الكهربائي ومن الأمثلة عليها مصادر التغذية الكهربائية التي في المنازل، حيث إنَّ قيمة الفولتية تساوي (230V)، وقيمة التردد تساوي (50Hz). وتظهر موجة التيار المتناوب أحادي الطور بأشكال عِدَّة.

## أشكال الموجات الكهربائية:

### أ - الموجة الجيبية (Sinusoidal Wave):

تعد الموجة الجيبية من أهم الموجات الكهربائية، وهي الموجة التي تتغير قيمتها بشكل اقتران جيب الزاوية.

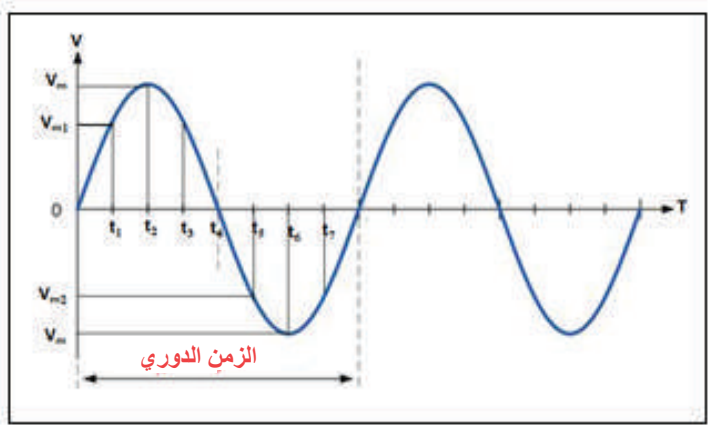
يمكن تمثيل التيار المتناوب بموجة دورية، وهي موجة تتكرر كل مدة زمنية محددة، مثل: الموجة الجيبية، والموجة المربعة، والموجة المثلثة، وموجة سن المنشار كما في الشكل (1-55).




الشكل (1-55): أشكال الموجات.

من معالم الموجة الجيبية:

**1. الزمن الدوري (Period:T):**
الزمن اللازم لموجة التيار المتناوب لإتمام دورة واحدة كاملة للموجة (قمة ، قاع)، ويقاس الزمن بوحدة الثانية، انظر الشكل (1-56).

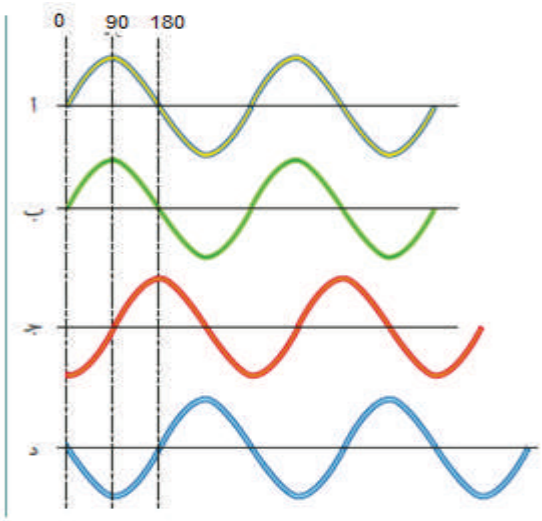



الشكل (1-56): الزمن الدوري.

**2. التردد (Frequency: f):** هو عدد مرات تكرار الموجة في الثانية الواحدة، ويقاس التردد بوحدة الهيرتز (Hz)، علمًا بأن العلاقة بين التردد والزمن الدوري علاقة عكسية:

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

**3. فرق الطور (الزاوية) (Phase Angle):** الزاوية بالدرجات ، أو بالرديان (rad) التي تتقدم أو تتأخر بها موجة على موجة أخرى، انظر الشكل (1-57). إذا اعتمدت الموجة (أ) مرجعًا لمقارنتها بالموجات الأخرى، فإن الموجة (ب) تتفق معها تمامًا في الطور، أمّا الموجة (ج) فتقطع المحور السيني متأخرة (Lagging) عن الموجة (أ) بمقدار (90°)، وفرق الطور يكون سالبًا. وإذا كانت الإشارة متقدمة (Leading) على الإشارة الأصلية (أ) بمقدار (90°)، فإن فرق الطور يكون موجبًا، والموجة (د) تقطع المحور السيني بعد الموجة (أ) بزاوية مقدارها (180°)، والموجة (د) تتعاكس تمامًا في الطور مع الموجة (أ).



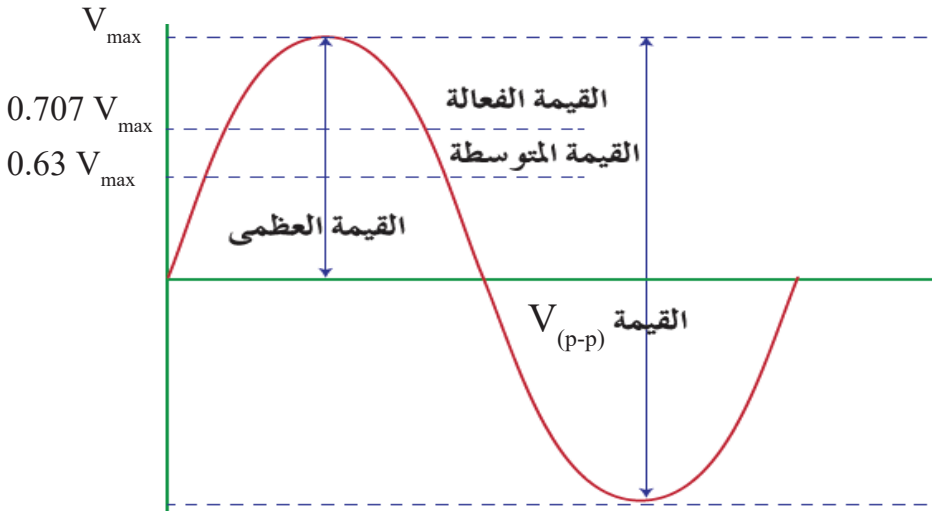
الشكل (1-57): فرق الطور.

**4. التردد الزاويّ أو السرعة الزاويَّة (Angular Frequency):** الزوايا التي يدورها ملف المولد أو المحرك في الثانية الواحدة، والزوايا المقطوعة مقيسة بالتقدير الدائري، وليس بالدرجات، وتعطى بالعلاقة الآتية:

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} \text{ rad/sec}$$

### 5. قيم الفولتية المتناوبة ذي الموجة الجيبية:

يبين الشكل (1-58) قيم التيار المتناوب.




الشكل (1-58): قيم التيار المتناوب.

أ. **القيمة العظمى (Peak Value: $V_P$):** يُطلَق عليها أيضًا اسم (Maximum value: $V_{max}$)، وهي أكبر قيمة من القيم اللحظية الموجبة أو السالبة للفولتية خلال مدة محددة، وتقاس من الصفر إلى أعلى قمة أو قاع.

$$V_{max} = V_p$$

ب. **القيمة اللحظية (V(t)):** قيمة الفولتية أو التيار في أي لحظة من الزمن، ويُعبَّر عن قيمة الفولتية اللحظية (عند أي لحظة) بالعلاقة الآتية:

$$V(t) = V_{max} \cdot Sinwt$$

جـ. **القيمة من القمة إلى القمة (Peak to Peak Value: $V_{p-p}$):** القيمة المحصورة بين القيمة العظمى الموجبة والقيمة العظمى السالبة، وهي تساوي ضعف القيمة العظمى:

$$V_{(p-p)} = 2V_{max}$$

د. **القيمة الفعالة (Effective Value):** قيمة الفولتية المباشرة التي إذا مَرَّ تيارها بالدارة الكهربائية مدة زمنية ما فإنها تعطي نفس التأثير الحراري للفولتية المتناوبة إذا مَرَّ تيارها بالدارة نفسها، وفي الزمن نفسه؛ إذ لا تفرق هذه القيمة بين الفولتية الموجبة والفولتية السالبة (مقدار ما تكافئه الإشارة الجيبية من فولتية مباشرة (DC)).

وفي حالة الموجة الجيبية، فإن القيمة الفعالة تعطى بالعلاقة الآتية (هذا القانون للموجة الجيبية فقط):

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

تتمثل أهمية القيمة الفعالة في أن أجهزة قياس الفولتية والتيار تقيس هذه الفولتية، وكذلك قيمة الفولتية التي تصل المنازل في الأردن (230) فولت هي القيمة الفعالة للفولتية.

**هـ. القيمة المتوسطة (Average Value: $V_{avg}$):** تُحسَب قيمتها بالعلاقة الآتية:

$$V_{avg} = 0.63 V_{max}$$

**المثال (1-6)**

إذا كانت قراءة الفولتميتر في دارة تيار متناوب (10) فولت، فما القيمة العظمى للفولتية ($V_{max}$)؟

**الحل:**

بتطبيق العلاقة: $V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0.707\, V_{max}$، فإن:

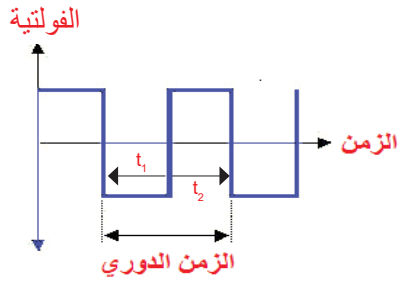
$$V_{max} = \frac{10}{0.707}$$

$$V_{max} = 14.14\ V$$

**ب- الموجة المربعة (Square Wave):**

موجة تتغير بين مستويين ثابتين بشكل دوري ولحظي، انظر الشكل (1-59).

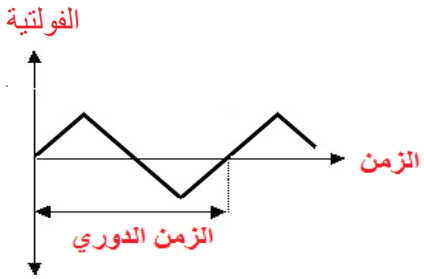
$$t_1 = t_2$$




الشكل (1-59): الموجة المربعة.

**جـ- الموجة المثلثة (Triangular Wave):**

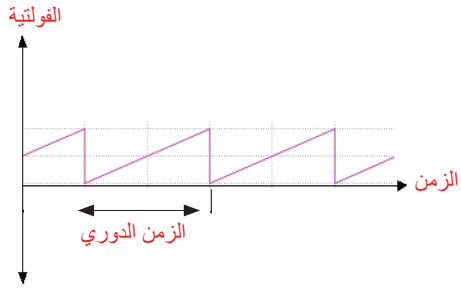
موجة يتساوى فيها زمن الصعود مع زمن الهبوط، انظر الشكل (1-60)، وهي تستخدم في كثير من التطبيقات المهمة، والعديد من مجال الاتصالات والإلكترونيات.




الشكل (1-60): الموجة المثلثة.

### د- موجة سن المنشار (Sawtooth Wave):

موجة لا يتساوى فيها زمن الصعود مع زمن الهبوط، ويُعزى سبب تسميتها بهذا الاسم إلى أن شكلها يشبه أسنان المنشار، انظر الشكل (1-61).

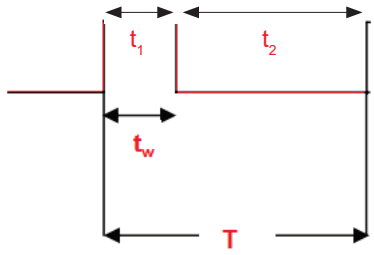



الشكل (1-61): موجة سن المنشار.

### هـ - الموجة النبضية (Pulse Wave):

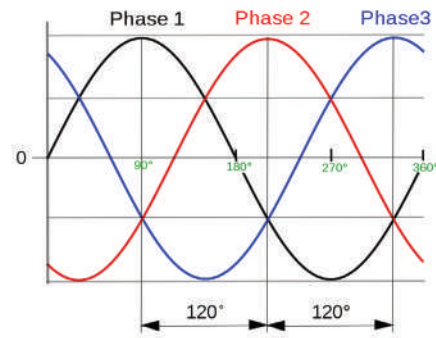
تتكوَّن هذه الموجة من نبضة تكرر نفسها بصفة دورية بعد مرور زمن يساوي (T)، انظر الشكل (1-62).

$$t_1 \# t_2$$

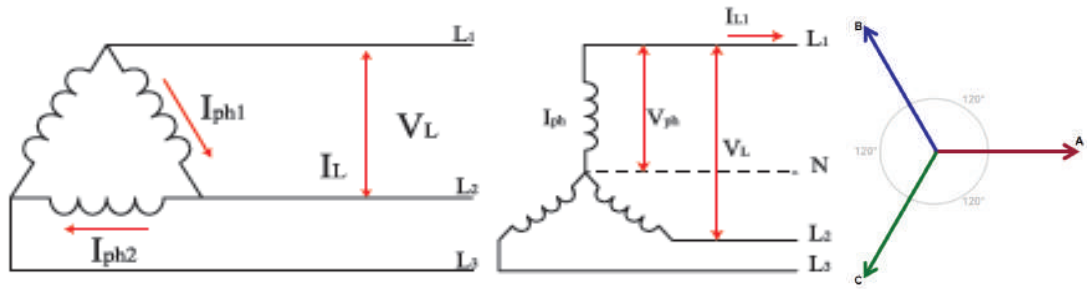



الشكل (1-62): الموجة النبضية.

**2- التيار المتناوب ثلاثي الطور:** مجموعة من التيارات المتناوبة المترابط بعضها ببعض والمزاح بعضها عن بعض بزاوية مقدارها (120o)، وتتراوح قيمة الفولتية المتناوبة ثلاثية الطور بين (400) فولت و(380) فولت، وقيمة التردد هي (50) هيرتز، حيث إن هذه القيم للفولتية المُزودة من شركة الكهرباء العامة في بعض الدول مثل الأردن. انظر الشكل (1-63/أ) الذي يبين شكل الموجة ثلاثية الطور. تُستعمَل هذه الفولتية لتغذية الأحمال الصناعية ثلاثية الطور، وتوجد طريقتان لوصل أطراف ملفات المولدات بعضها ببعض، هما: توصيلة النجمة (Y)، وتوصيلة المثلث (Δ)، انظر الشكل (1-63/ب).




الشكل (1-63/ أ): الموجة ثلاثية الطور.

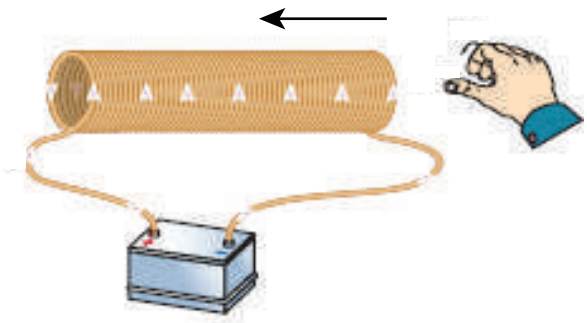



الشكل (1-63/ ب): توصيلة النجمة، وتوصيلة المثلث.

## التأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي:

عندما يمر تيار كهربائي بموصل يتولد حول هذا الموصل مجال مغناطيسي، وعندما يكون هذا الموصل مستقيمًا يكون المجال على شكل دوائر، ويقع مركزها على محور الموصل، ويكون مستواها عموديًّا على الموصل.

وفي حالة الملف الدائري الذي يدخل في تركيب المحول الكهربائي، يكون المجال المغناطيسي في مركز الملف الدائري عموديًّا على مستوى الملف، وتنحني هذه الخطوط كلما ابتعدنا عن المركز. أمّا في حالة الملف اللولبي، كما في الشكل (1-64)، فإن المجال المغناطيسي يُشبِه المجال الناشئ للمغناطيس المستقيم، غير أنه يمتاز عنه بإمكانية التحكم في مقداره واتجاهه عن طريق التحكم في التيار الكهربائي المار به، ويُحدَّد اتجاه المجال المغناطيسي عن طريق قاعدة اليد اليمنى، ووحدة كثافة الفيض (المجال) المغناطيسي هي تسلا.



الشكل (1-64): تحديد اتجاه المجال المغناطيسي

لملف لولبي باستخدام قاعدة اليد اليمنى.

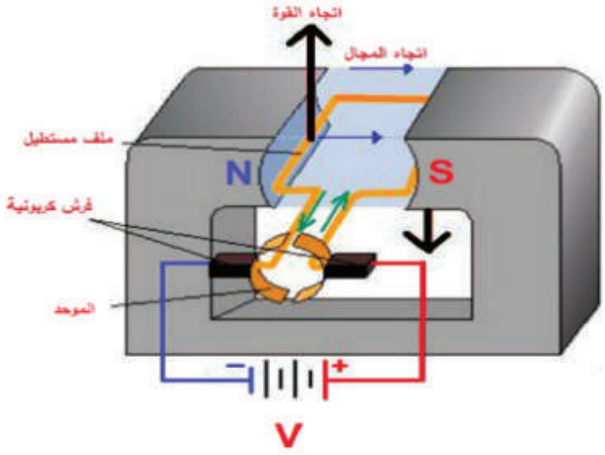
**معلومة**

أصبح الكشف عن كثير من الأمراض أكثر سهولة بعد اكتشاف طريقة التصوير بالرنين المغناطيسي التي يُستخدَم فيها مجال مغناطيسي ناتج من ملف لولبي.

## القوة المُؤثِّرة في موصل في مجال مغناطيسي، ومبدأ عمل المحرك:

إذا وُضِع موصل يسري فيه تيار كهربائي في مجال مغناطيسي، تنتج قوة تُحرِّك الموصل، وهذا هو مبدأ عمل المحرك الكهربائي، الذي يتكون من مغناطيس دائم، ويقع في مجاله المغناطيسي ملف مستطيل يمر به تيار كهربائي، ويكون هذا الملف حر الحركة بين قطبي المغناطيس فيدور. ولضمان

استمرار دوران الملف، يتصل طرفاه الموحدان (Commutator) بمصدر الفولتية عن طريق (Brushs) (الفحمات) المصنوعة من الجرافيت، انظر الشكل (1-65).




الشكل (1-65): مبدأ عمل المحرك الكهربائي.

- ابحث أنت وزملاؤك في شبكة الإنترنت عن توصيل الأحمال في الشبكة ثلاثية الأطوار، ثم اكتب تقريرًا مفصلًا عن ذلك، ثم اعرضه على المعلم.
- مستعينًا بالمراجع العلمية المتوافرة في مكتبة مدرستك، ابحث أنت وزملاؤك عن مقدار فولتية الخط وتيار الخط في توصيلة النجمة، ثم اكتب تقريرًا مفصلًا عن ذلك، ثم اعرضه على المعلم.

## الخريطة المفاهيمية

# التمرين الأول
# ضبط مكونات الواجهة الأمامية لجهاز راسم الإشارة التماثلي

## نتاجات التمرين

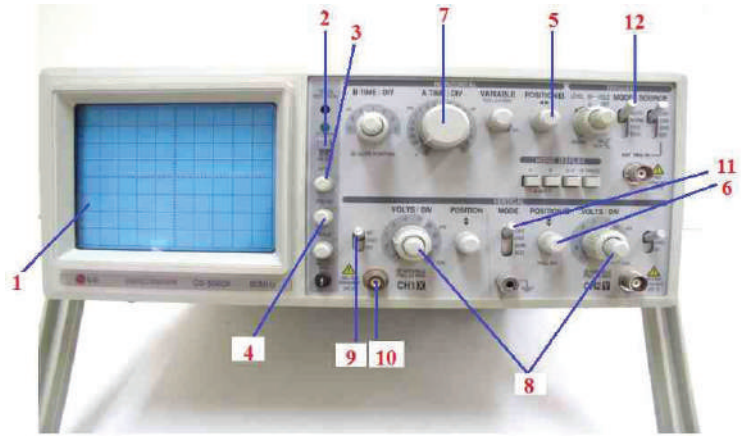
يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

1- يستخدم جهاز راسم الإشارة استخدامًا صحيحًا.

2- تظهر الإشارات المختلفة على جهاز راسم الإشارة.

3- يقرأ الكميات المختلفة.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| - أسلاك توصيل. | 1- مصدر فولتية مباشرة (0-60) فولت/ 1 أمبير.<br>2- جهاز راسم إشارة تماثلي، قناتان، ($60MH_3$).<br>3- جهاز مولد إشارة كهربائية متعدد الإشارات. |
| **الرسوم التوضيحية** | |




الشكل (1): جهاز راسم الإشارة التماثلي (Oscilloscope).

**خطوات العمل**

**أولًا: جهاز راسم الإشارة التماثلي (Oscilloscope).**

يعد جهاز راسم الإشارة من أهم أجهزة القياس والفحص؛ إذ يتيح رؤية شكل الإشارة في الدارة الكهربائية، ثم معرفة إذا كانت الدارة تعمل بصورة صحيحة أم لا. تتمثل أهمية هذا الجهاز في وظهاره رسمًا بيانيًّا بين الفولتية والزمن؛ إذ تُمثَّل الفولتية بالمحور العمودي، ويُمثَّل الزمن بالمحور الأفقي، فيُضرَب عدد المربعات في مقدار تدريج مفتاح الاختيار للفولتية، أو الزمن، فتنتج القيمة المطلوبة. يحتوي جهاز راسم الإشارة على الأجزاء الرئيسة الآتية:

1- **الشاشة (Screen):** وحدة إظهار الإشارات، وهي تتكوَّن من (8) مربعات عمودية و(10) مربعات أفقية؛ أي إن مساحة الشاشة (8×10) سم$^2$.

2- **مفتاح التشغيل (Power):** قد يحتوي هذا الجزء على مفتاح التحكم في إضاءة الشاشة، ومفتاح التحكم في وضوح الصورة معاً.

3- **مفتاح شدة الإضاءة (Intensity):** المفتاح المسؤول عن التحكم في شدة نصوع الإشارة على شاشة الجهاز، ويجب ألا تبقى شدة النصوع مرتفعة مُددًا زمنية طويلة، لكيلا يتسبب ذلك في تلف الشاشة.

4- **مفتاح التركيز (Focus):** المفتاح المسؤول عن التحكم في تركيز الشعاع الإلكتروني المسلط على الشاشة (التحكم في سماكة خط الإشارة).

5- **مفتاح التحكم في الإشارة أفقيًّا (Horizontal Position):** المفتاح المسؤول عن إزاحة الإشارة إلى اليسار أو إلى اليمين بحسب الطلب، وهو مفتاح مشترك للقناتان.

6- **مفتاح التحكم في موقع الإشارة عموديًّا (Vertical Position):** المفتاح المسؤول عن إزاحة الإشارة إلى الأعلى أو إلى الأسفل، ولكل قناة مفتاح خاص بها.

7- **مفتاح التحكم في القاعدة الزمنية (Time /Division):** المفتاح المسؤول عن اختيار المدة الزمنية التي سيُعبَّر عنها بواسطة كل مربع أفقي في الثانية، أو الميلي ثانية، أو الميكرو ثانية.

8 - **مفتاح التحكم في الفولتية (Volts/Division):** المفتاح المسؤول عن تحديد قيمة الفولتية التي يمكن التعبير عنها بواسطة كل مربع في الاتجاه العمودي.

9 - **مفتاح اختيار نوع الإشارة:** المفتاح المسؤول عن اختيار نوع الإشارة (DC-GND-AC).

10- **المداخل (Input):** تُستخدَم لإدخال الإشارة المراد إظهارها إلى مدخل (CH1)، أو (CH2) بواسطة كبل خاص.

**خطوات العمل**

**11- مفتاح اختيار القنوات:** المفتاح المسؤول عن اختيار قناة الإدخال التي تُعرَض موجتها على الشاشة:

- لاختيار أي من القناتين (CH1/2).
- لاختيار الإشارتين معًا (DUAL).
- لجمع الإشارتين وإظهارهما كإشارة واحدة (ADD).

12- **مفتاح التحكم في القدح (Trigger Control):** المفتاح المسؤول عن التحكم في مصدر القدح للشعاع الإلكتروني، حيث يساعد على ثبات الإشارة على الشاشة وتوجد ثلاثة أنماط للقدح، هي:

- النمط الآلي (Auto): وفيه يكون القدح للشعاع الإلكتروني بغياب إشارة القدح.
- النمط العادي (Normal): وفيه يجب أن توجد إشارة القدح لحدوث مسح للشعاع الإلكتروني.
- النمط التلفازي (TV): وفيه يتم القدح بحسب التردد الأفقي أو التردد الرأسي للتلفاز.

**ثانيًا: جهاز مولد الإشارة (Function Generator).**

يعمل هذا الجهاز على إنتاج إشارات مختلفة، مثل: الموجة الجيبية، وموجة سن المنشار، والموجة المربعة، والموجة المثلثة. تُستخدَم هذه الإشارات في تغذية الدارات الإلكترونية، ويمكن مشاهدتها باستخدام جهاز راسم الإشارة.

يحتوي هذا الجهاز على مجموعة من مفاتيح التشغيل والتحكم، أهمها:

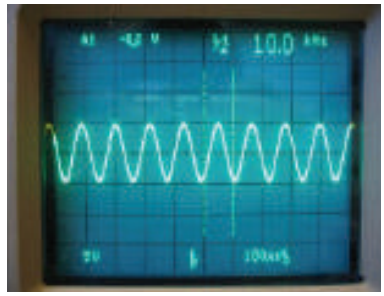
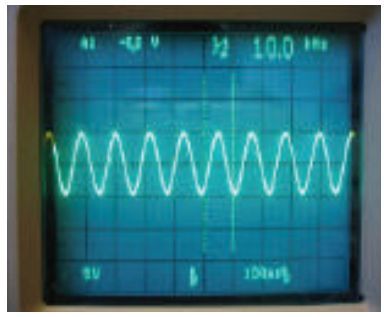
1 - مفتاح التشغيل (Power): يُستخدَم هذا المفتاح لتشغيل الجهاز.

2 - مفتاح اختيار الموجة (Function): يُستخدَم هذا المفتاح لاختيار شكل الموجة المراد إنتاجها، مثل: الموجة الجيبية، والموجة المربعة، والموجة المثلثة، موجة سن المنشار.

3 - مفتاح اختيار التردد (Frequency Range).

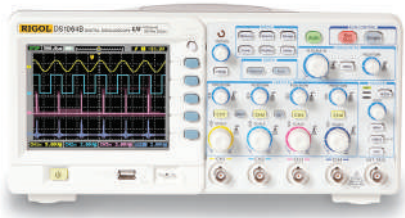
4 - المخرج (O/P).

الشكل (2) جهاز مولد الإشارة.

| خطوات العمل | الرسوم التوضيحية |
|---|---|
| **حساب الفولتية**<br>الفولتية $V_{(P-P)}$= عدد المربعات العمودية × وضعية مفتاح الفولت، انظر الشكل (3).<br>(Volt/Div)<br>**حساب الزمن الدوري**<br>الزمن الدوري= عدد المربعات الأفقية × وضعية مفتاح الزمن، انظر الشكل (4).<br>(Time/Div)<br>**خطوات تشغيل جهاز راسم الإشارة**<br>لتشغيل راسم الإشارة، يجب اتباع الخطوات الآتية:<br>1- ضبط مفتاح التشغيل (Power) على الوضع (On).<br>2- ضبط مفتاح التحكم في القاعدة الزمنية (Sec/ Div) على الوضع (1ms/Div).<br>3- ضبط مفتاح التحكم في القدح على الوضع (Auto Trigger).<br>4 - اختيار القناة الأولى (CH1).<br>5- إذا لم يظهر الخط الأفقي، وجب التحقق من مفتاح التحكم في شدة الإضاءة (Intensity). |  <br>الشكل (3).<br>  <br>الشكل (4). |

**نشاط عملي**

- في الشكل (5) الذي يُمثِّل جهاز راسم الإشارة الرقمي، حدِّد مفاتيح الجهاز، ووظيفة كلٍّ منها.



الشكل (5): جهاز راسم الإشارة الرقمي.

# التمرين الثاني

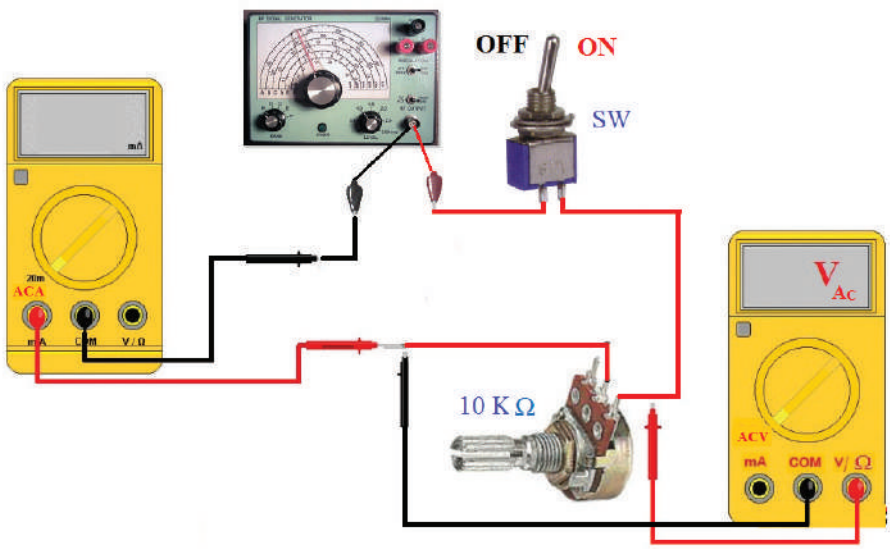
## قياس القيمة الفعالة للموجة الجيبية باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM)

### نتاجات التمرين

يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

يستخدم جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM) لقياس الفولتية المتناوبة، والتيار المتناوب.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- مقاومة متغيرة (10KΩ)/ (2) واط.<br>2- مفتاح توصيل.<br>3- أسلاك توصيل.<br>4- لوح توصيل.<br>5- لحام قصدير. | 1- جهازا متعدد القياس الرقمي (DMM).<br>2- جهاز مولد إشارة كهربائية متعدد الإشارات.<br>3- كاوي لحام. |
| **الرسوم التوضيحية** | |




الشكل (1).

**خطوات العمل**

1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2- اضبط جهاز مولد الإشارة للحصول على موجة جيبية اتساعها (1V)، وترددها (50Hz).

3- اضبط جهازي القياس (التيار، والفولتية) على التدريج المناسب لقياس الفولتية والتيار المتناوبين.

4- صِل الدارة بجهاز مولد الإشارة.

5- غيِّر فولتية جهاز مولد الإشارة بحسب القيم المبينة في الجدول (1).

6- دَوِّن قراءة كلٍّ من جهاز قياس الفولتية والتيار في الجدول (1).

7- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها.

| فولتية جهاز مولد الإشارة (V) | قراءة جهاز الأفوميتر (V) | قراءة جهاز الأميتر (m A) |
|---|---|---|
| | | |
| | | |
| | | |

الجدول (1).

## التمرين الثالث: قياس القيمة العظمى والقيمة الفعالة والتردد

### نتاجات التمرين

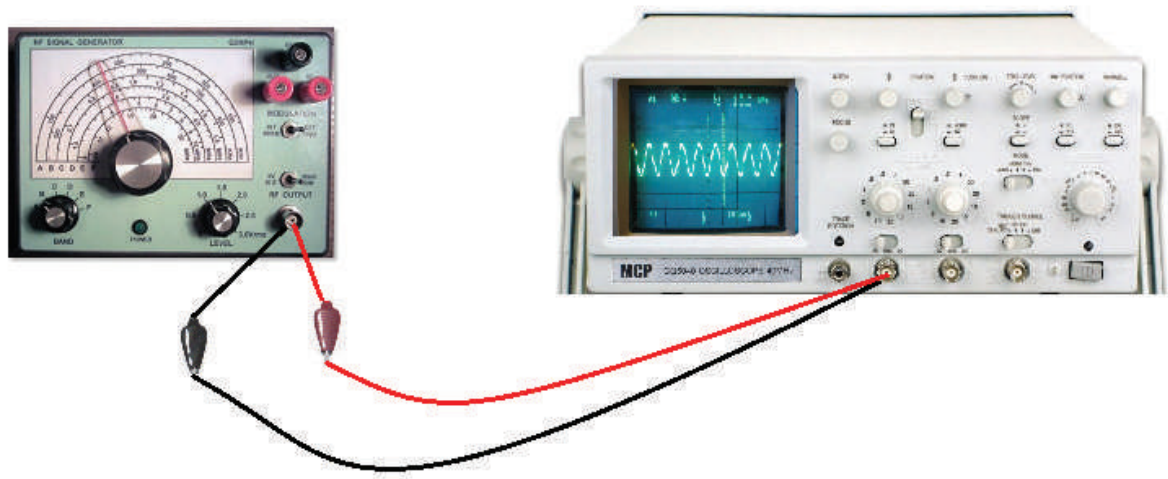
يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

1- يقيس القيمة العظمى ($V_{max}$)، ويحسب التردد (f) باستخدام جهاز راسم الإشارة.

2- يقيس القيمة الفعالة ($V_{rms}$) باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- لوح توصيل.<br>2- أسلاك توصيل. | 1- جهازا متعدد القياس الرقمي (DMM)<br>2- جهاز راسم إشارة، قناتان، (20) ميغاهيرتز.<br>3- جهاز مولد إشارة كهربائية متعدد الإشارات. |

**الرسوم التوضيحية**



الشكل (1).

| خطوات العمل |
|---|
| 1- صِلْ مدخل جهاز راسم الإشارة بمخرج مولد الإشارة كما في الشكل (1).<br>2- اضبط جهاز مولد الإشارة للحصول على موجة جيبية ترددها (1KHz).<br>3- اضبط جهاز متعدد القياس الرقمي على وضع الفولتية المتناوبة.<br>4- اضبط فولتية مولد الإشارة على فولتية ($1V_{rms}$) باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي.<br>5- احسب القيمة العظمى باستعمال جهاز راسم الإشارة، وذلك بضرب عدد المربعات العمودية في ثابت مفتاح الفولتية على جهاز راسم الإشارة.<br>6- احسب الزمن (T) بضرب عدد المربعات الأفقية في قيمة مفتاح اختيار الزمن على جهاز راسم الإشارة.<br>7- احسب التردد ($f=1/T$).<br>8- غيِّر التردد والفولتية لجهاز مولد الإشارة بحسب القيم المبينة في الجدول (1).<br>9- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها. |

| التردد | الفولتية (Vrms) المقيسة (باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي) | القيمة العظمى (باستخدام جهاز راسم الإشارة) | التردد (باستخدام جهاز راسم الإشارة) |
|---|---|---|---|
| 1k | 1V | | |
| 2k | 2V | | |
| 3k | 3V | | |
| 4k | 4V | | |
| 5k | 5V | | |
| 6k | 6V | | |

الجدول (1).

**فكِّر**

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

2- موجة جيبية قيمتها الفعالة (230) فولت، ما قيمتها العظمى؟

# التمرين الرابع

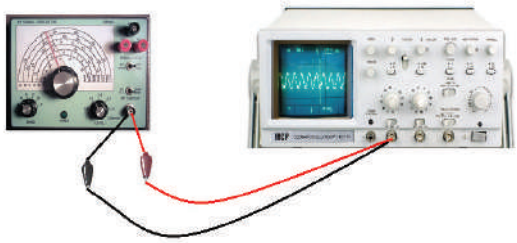
## تحديد أشكال الموجات المتناوبة باستخدام جهاز راسم الإشارة و جهاز مولد الإشارة

### نتاجات التمرين

يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

1- يميز بين أشكال الموجات المختلفة.

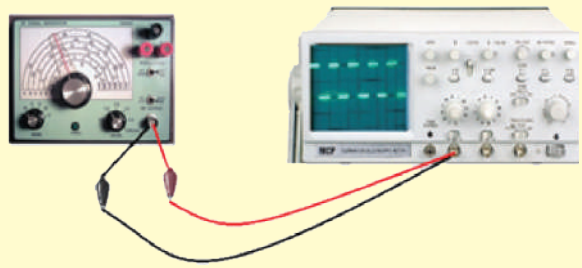
2- يظهر أشكال الموجات على جهاز راسم الإشارة.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- لوح توصيل.<br>2- أسلاك توصيل. | 1- جهازا متعدد القياس الرقمي (DMM).<br>2- جهاز راسم إشارة، قناتان، (20) ميغاهيرتز.<br>3- جهاز مولد إشارة كهربائية متعدد الإشارات. |
| **خطوات العمل** | **الرسوم التوضيحية** |
| **أولًا: الموجة الجيبية.**<br>1- صِلْ مدخل جهاز راسم الإشارة بمخرج جهاز مولد الإشارة.<br>2- اضبط جهاز مولد الإشارة للحصول على موجة جيبية ترددها (1MHz) كما في الشكل (1).<br>3- اضبط جهاز متعدد القياس الرقمي على وضع الفولتية المتناوبة.<br>4- اضبط فولتية جهاز مولد الإشارة على فولتية ($2V_{P-P}$).<br>5- قِسْ كلًّا من التردد والفولتية العظمى للإشارة باستخدام جهاز راسم الإشارة.<br>6- قارن بين القيم المقيسة الناتجة من جهاز متعدد الرشارة الرقمي وقيم مولد الإشارة (التردد، والفولتية). |  <br>الشكل (1). |

| خطوات العمل | الرسوم التوضيحية |
|---|---|
| **ثانيًا: الموجة المثلثة.**<br>1- صِلْ مدخل جهاز راسم الإشارة بمخرج جهاز مولد الإشارة كما في الشكل (2).<br>2- اضبط مولد الإشارة للحصول على موجة مثلثة ترددها (1MHz).<br>3- اضبط جهاز متعدد القياس الرقمي على وضع الفولتية المتناوبة.<br>4- اضبط فولتية مولد الإشارة على فولتية ($2V_{P-P}$) .<br>5- جد كلًّا من التردد والفولتية العظمى للإشارة باستخدام جهاز راسم الإشارة.<br>6- قارن بين القيم المقيسة الناتجة من جهاز الإشارة الرقمي وقيم مولد الإشارة (التردد، والفولتية).<br>7- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها. | |

**فكّر**

كيف يمكن الحصول على الموجة المربعة في جهاز راسم الإشارة؟ اكتب خطوات العمل اللازمة لذلك.



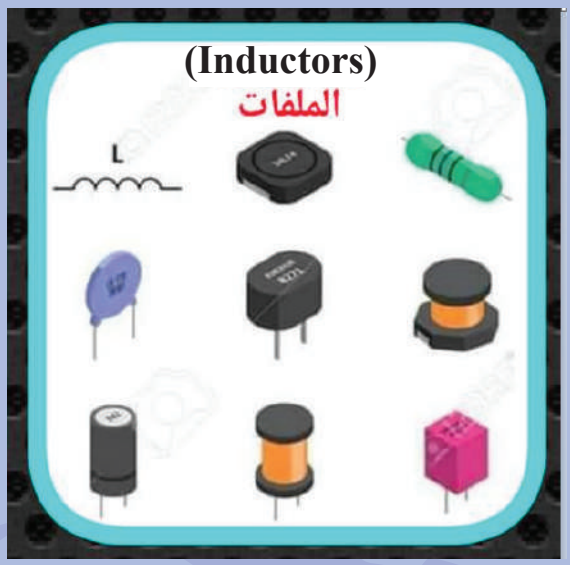
الشكل (3).

# تاسعًا: الملفات الكهربائية
# (Electrical Inductors)

**النتاجات الخاصة بالدرس**

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذا الدرس أن:

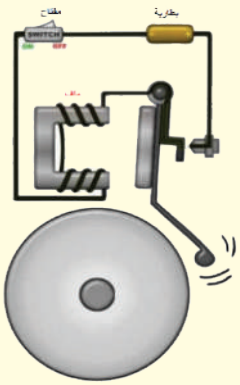
- يميز الحث الذاتي، والحث المتبادل.
- يتعرف أنواع الملفات الكهربائية، وخصائصها.
- يذكر الاستخدامات العملية للملفات.




انظر وتساءل
استكشف
اقرأ وتعلّم
الإثراء والتوسع
القياس والتقويم
الخريطة المفاهيمية

## انظر وتساءل

ما الذي يجعل الجرس الكهربائي المبين في الشكل (1-66) يصدر صوتًا متكررًا عند وصل دارته بالتيار الكهربائي؟ الجرس الكهربائي أداة كهرميكانيكية يعتمد مبدأ عملها على تكامل عمل المغناطيس الكهربائي، وبعض المعدات الميكانيكية، مثل النوابض، والمطرقة، فما المقصود بالمغناطيس الكهربائي؟




الشكل (1-66): الجرس الكهربائي.

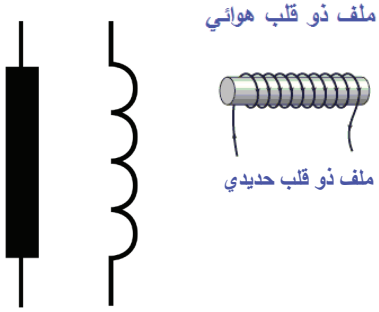
## استكشف

- ما العنصر الذي يمكنه تخزين الطاقة المغناطيسية؟

## اقرأ وتعلَّم

درست سابقًا مبادئ الكهرمغناطيسية، وعلاقة التيار بالمجال المغناطيسي، وهو ما يعد أساسًا لمبدأ عمل الملف، الذي هو أحد عناصر الدارة الكهربائية، فما تركيب الملف الكهربائي؟ ما أنواعه؟ وما خصائصه؟

يتكوَّن الملف من مجموعة لفات من سلك موصل معزول، تُلَفُّ حول قلب من مادة ما، وهو عنصر كهربائي يمتلك خصيصة تخزين الطاقة المغناطيسية، انظر الشكل (1-67).




الشكل (1-67): بعض أنواع الملفات، ورموزها.

**1- الحث الذاتي والحث المتبادل:** تُعرَّف ظاهرة الحث الذاتي بأنها توليد قوة دافعة كهربائية حثية ذاتية في ملف بسبب تغيُّر التدفُّق المغناطيسي من الملف نفسه. ويسمى الملف اللولبي في هذه الحالة محثًّا في الدارة الكهربائية التي تحوي ملفًّا. وعند لحظة إغلاق الدارة لا يصل التيار لحظيًّا من الصفر إلى قيمته العظمى مباشرة، بل يزداد تدريجيًّا مع الزمن وكذلك الحال عند لحظة فتح الدارة الكهربائية، انظر الشكل (1-68)، ويُعْزى ذلك إلى ظاهرة الحث الذاتي.

الشكل (1-68): نمو التيار وتلاشيه في المحث.

تُمثِّل محاثة المحث (L) نسبة متوسط القوة الدافعة الكهربائية الحثية الذاتية المتولدة فيه إلى المعدل الزمني للتغيُّر في التيار الكهربائي المار بالمحث، وتقاس بوحدة هنري (H).

يمكن حساب القيمة الحثية للملف باستعمال العلاقة الآتية:

$$L = \frac{N^2 . A . \mu}{l}$$

**فكِّر**

ما أهمية المقاومة المتغيرة في الشكل.

حيث:

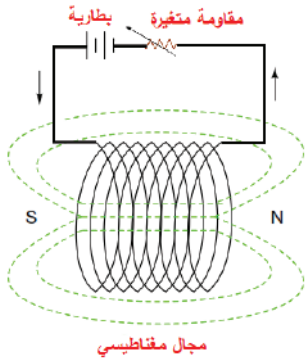
L: حثية الملف مقيسة بوحدة الهنري.

N :عدد لفات الملف.

μ : النفاذية المغناطيسية لمادة قلب الملف مقيسة بوحدة هنري/ متر.

A :مساحة مقطع الملف مقيسة بالمتر المربع.

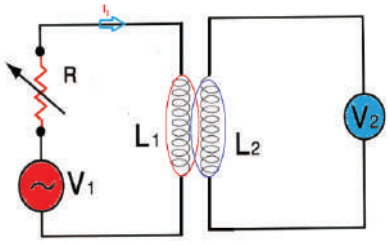
l :طول الملف بالمتر.



الشكل (1-69): الحث الذاتي.

وهي العوامل المُؤثِّرة في قيمة حثية الملف، انظر الشكل (1-69).

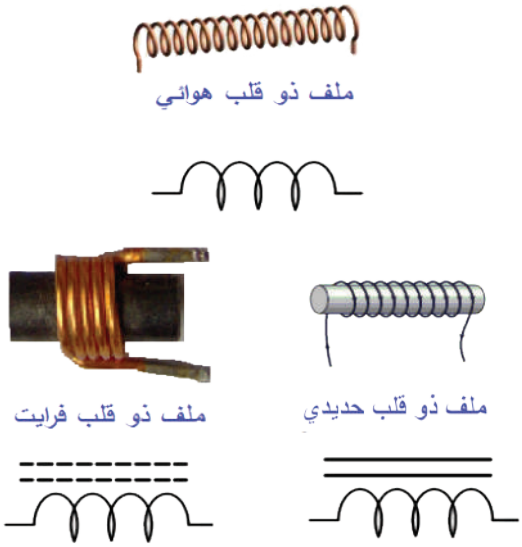
إذا وُضِع ملفان متقاربان ومعزولان كهربائيًّا بعضهما عن بعض، بحيث يعمل التدفُّق المغناطيسي الذي يُحدِثه أحدهما على قطع الآخر، فإن التدفُّق المشترك يدعى التدفُّق المتبادل، والحث بينهما يسمى الحث المتبادل (Mutual Inductance)، وتكون الدارتان مترابطتين مغناطيسيًّا كما في الشكل (1-70)، ويعتمد عمل المحول الكهربائي على مبدأ الحث المتبادل.



الشكل (1-70): ظاهرة الحث المتبادل.

## 2- أنواع الملفات:

تُصنَّف الملفات بحسب نوع القلب إلى ثلاثة أنواع، هي: الملف ذو القلب الهوائي، والملف ذو القلب الحديدي، والملف ذو قلب الفرايت، انظر الشكل (1-71)، وتُصنَّف أيضًا بحسب تردد الإشارة إلى ثلاثة أنواع، هي: ملفات الترددات المنخفضة (LF)، وملفات الترددات المتوسطة (MF)، وملفات الترددات العالية (HF).




الشكل (1-71): أنواع الملفات، ورموزها.

## 3- الاستخدامات العملية للملفات:

تُستخدَم الملفات في العديد من التطبيقات الكهربائية، وفي مجال الاتصالات والإلكترونيات، مثل: المحولات الكهربائية، والمرحلات، والمولدات والمحركات الكهربائية، ودارات الترشيح في أجهزة التغذية الكهربائية، والمذبذبات، والمرشحات، وهوائيات أجهزة الاستقبال الإذاعية، ودارات الرنين.

**ابحث**

ابحث في شبكة الإنترنت عن ملفات (RFC)، وأشكالها، ومواصفاتها الفنية، واستخداماتها العملية، وعن استخدام ملفات الإخماد، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم اقرأه أمام الزملاء في الصف.

## 4- أعطال الملفات:

أ- دارة مفتوحة: حدوث قطع في أسلاك الملف.

ب- دارة قصر: انهيار مادة العازل المغلفة لأسلاك الملف بسبب زيادة الحرارة.

جـ- تماس موضعي بين أجزاء الموصل: تآكل مادة العازل بين بعض اللفات.

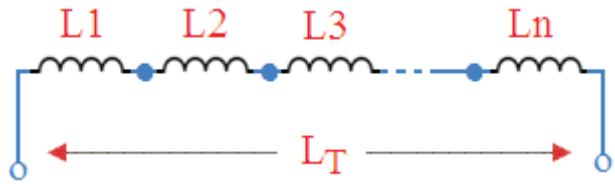
## 5- توصيل الملفات:

يمكن توصيل الملفات على التوالي، أو على التوازي، أو المركب؛ لتوليد حثية جديدة غير متوافرة، وتُماثِل توصيل المقاومات على التوالي، وعلى التوازي.

### أ ـ توصيل الملفات على التوالي:

يبين الشكل (1-72) توصيل الملفات على التوالي. وفي هذه الحالة، فإن الحث الكلي يساوي مجموع الحث لكلٍّ من هذه الملفات؛ أي إن:

$$L_T = L_1 + L_2 + L_{3\ldots\ldots} + L_n$$

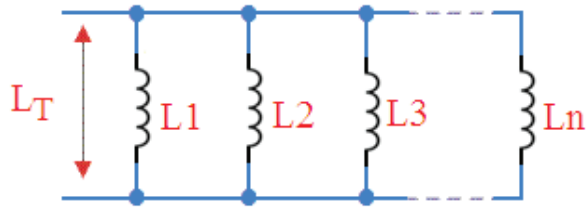



الشكل (1-72): توصيل الملفات على التوالي.

### ب- توصيل الملفات على التوازي:

يبين الشكل (1-73) توصيل الملفات على التوازي. وفي هذه الحالة، فإن مقلوب الحث الكلي يساوي مجموع مقلوب الحث لكلٍّ من هذه الملفات؛ أي إن:

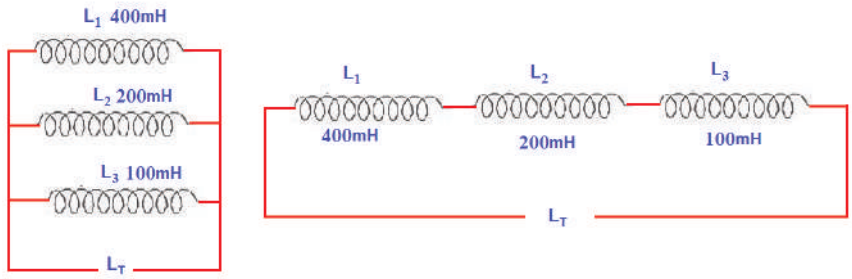
$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}$$




الشكل (1-73): توصيل الملفات على التوازي.

**المثال (1-7)**

في الشكل (1-74)، جد الحث الكلي للملفات.




الشكل (1-74).

**الحل:**

في حالة التوصيل على التوالي:

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3$$
$$= 100 + 200 + 400$$
$$L_T = 700mH$$

في حالة التوصيل على التوازي:

$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}$$
$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{200} + \frac{1}{400} + \frac{1}{100} = \frac{7}{400}$$
$$L_T = 57.14\ mH$$

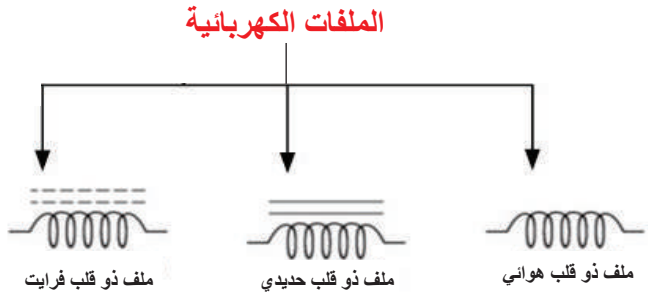
**جـ التوصيل المركب:**

1- ابحث أنت وزملاؤك في شبكة الإنترنت عن بعض الأجهزة التي توجد فيها ملفات، ثم اكتب تقريرًا مفصلًا عن ذلك، ثم اعرضه على المعلم.

2- ابحث أنت وزملاؤك في شبكة الإنترنت عن جهاز منظم ضربات القلب الذي يعد من التطبيقات العملية على ظاهرة الحث المتبادل.

3- ابحث أنت وزملاؤك في شبكة الإنترنت عن بعض التطبيقات التي تعد أكثر اختصاصًا في مجال الاتصالات التي تُستخدَم فيها الملفات.

**الخريطة المفاهيمية**



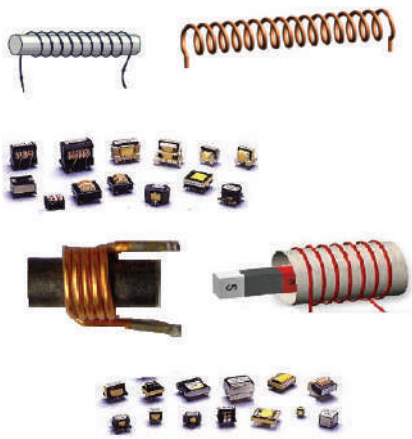
## التمرين الأول: تمييز الملفات

### نتاجات التمرين

يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

1- يميز أنواع الملفات بعضها من بعض.

2- يحدد قيمة الملفات من الرموز المكتوبة عليها.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- ملفات ذوات قلب هوائي.<br>2- ملفات ذوات قلب حديدي.<br>3- ملفات ذوات قلب فرايت.<br>4- ملفات متغيرة متنوعة. | |
| **خطوات العمل** | **الرسوم التوضيحية** |
| 1- تفحص الملفات التي بحوزتك، وتلك المبينة في الشكل (1).<br>2- ميِّز بين أنواع الملفات التي تفحصتها.<br>3- املأ الفراغ في الجدول (ا).<br>4- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها. |  |

الشكل (1).

| نوع الملف | حث الملف (من الرموز المكتوبة عليه) | ملاحظات |
|---|---|---|
| | | |
| | | |
| | | |

الجدول (1).

## التمرين الثاني: فحص الملفات

### نتاجات التمرين

يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

1- يفحص الملفات باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).

2- يستخدم جهاز قياس حث الملفات.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- ملفات ذوات قلب هوائي.<br>2- ملفات ذوات قلب حديدي.<br>3- ملفات ذوات قلب فرايت.<br>4- ملفات متغيرة متنوعة. | 1- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).<br>2- جهاز قياس حث الملف. |
| **خطوات العمل** | **الرسوم التوضيحية** |
| **أولًا: فحص الملفات باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي.**<br>1- تفحص الملفات التي أمامك.<br>2- اضبط جهاز متعدد القياس الرقمي على وضع قياس المقاومة، واختر تدريج القياس المناسب.<br>3- صل الملف بين طرفي جهاز قياس (LCR) كما في الشكل (1).<br>4- دَوِّن قيمة مقاومة الملف.<br>5- قِسْ حث الملفات باستخدام جهاز قياس حث الملف كما في الشكل (3)، ثم دَوِّن ما تتوصَّل إليه في الجدول (1). | <br>الشكل (1). |

| نوع الملف | حث الملف (من الرموز المكتوبة عليه) | الحث المقيس | مقاومة الملف | حال الملف: جيد | حال الملف: تالف | نوع العطل |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

الجدول (1).

## التمرين الثالث: توصيل الملفات

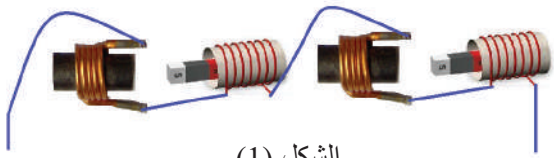
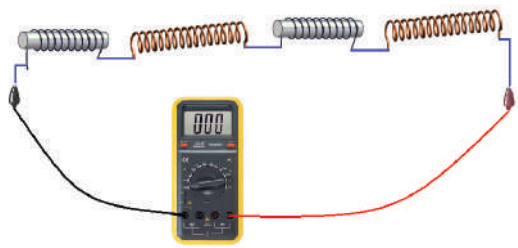
### نتاجات التمرين

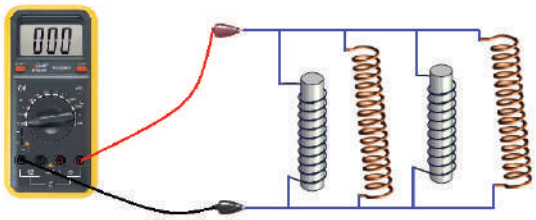
يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

1- يوصل الملفات على التوالي، وعلى التوازي.

2- يحسب الحث الكلي للتوصيلات المختلفة.

3- يستخدم جهاز قياس حث الملف.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1-(10) ملفات مختلفة.<br>2- أسلاك توصيل.<br>3- لوحة توصيل.<br>4- لحام قصدير. | 1- جهاز قياس حث الملف.<br>2- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).<br>3- كاوي لحام . |
| **خطوات العمل** | **الرسوم التوضيحية** |
| **أولًا: توصيل الملفات على التوالي.**<br>1- تفحص الملفات التي أمامك.<br>2- صِل الملفات على التوالي كما في الشكل (1).<br>3- احسب الحث الكلي للملفات.<br>4- قِس الحث الكلي باستخدام جهاز قياس حث الملف كما في الشكل (2)، ثم املأ الفراغ في الجدول (1). |  <br>الشكل (1).<br>  <br>الشكل (2). |

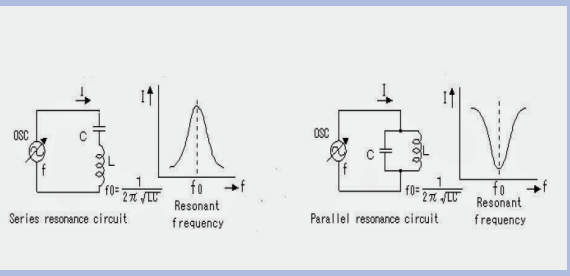
| خطوات العمل | الرسوم التوضيحية |
| --- | --- |
| **ثانيًا: توصيل الملفات على التوازي.**<br>1- صِل الملفات على التوازي.<br>2- احسب الحث الكلي للملفات.<br>3- قِس الحث الكلي باستخدام جهاز قياس حث الملف كما في الشكل (3)، ثم املأ الفراغ في الجدول (2). |  <br>الشكل (3). |

# عاشرًا: المقاومة والملف والمواسع في دارات التيار المتناوب
# (Resistance, Coil, and Capacitor in Alternating Current Circuits)

## النتاجات الخاصة بالدرس

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذا الدرس أن:

- يوضح عمل الملفات في دارات التيار المتناوب.
- يبين عمل المواسعات في دارات التيار المتناوب.
- يرسم توصيل دارة بسيطة تتكوَّن من مقاومة، ومواسع، وملف على التوالي.
- يبين أهمية دارات الرنين في التصميم.




انظر وتساءل
استكشف
اقرأ وتعلَّم
الإثراء والتوسُّع
القياس والتقويم
الخريطة المفاهيمية

انظر وتساءل

انظر الشكل (1-75)، هل فكرت يومًا كيف تُستقبَل الإشارات المُرسَلة من أجهزة الإرسال؟ ما الدارات التي تُستخدَم لذلك؟

الشكل (1-75): جهاز إرسال واستقبال.

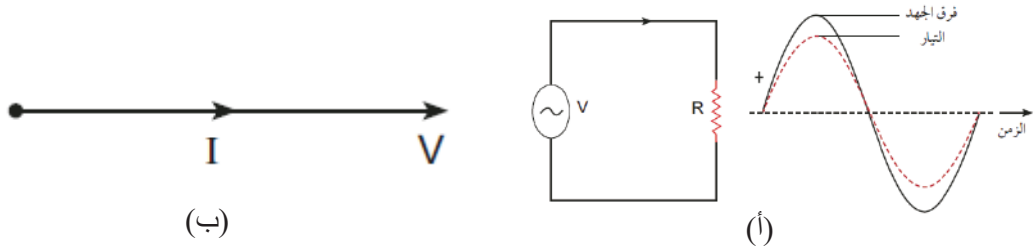
## استكشف

- ما دارات الرنين؟ فيمَ تُستخدَم؟ ما تطبيقاتها العملية؟

## اقرأ وتعلَّم

### 1- المقاومات في دارات التيار المتناوب:

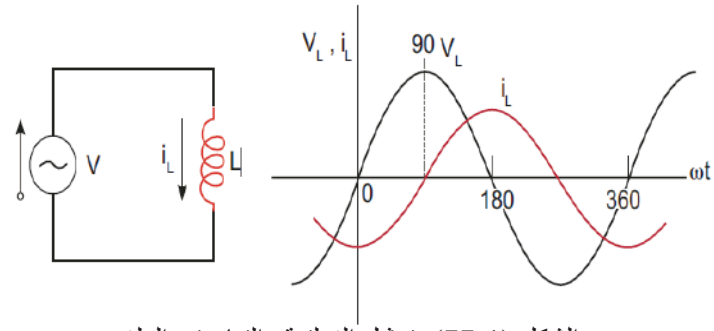
يتغير التيار في الدارة الكهربائية التي فيها مقاومات فقط لحظة تغيُّر الفولتية؛ إذ يصل التيار إلى قيمته العظمى في اللحظة التي تصل فيها الفولتية إلى قيمتها العظمى، انظر الشكل (1-76/ أ)، ويمكن تمثيل الفولتية والتيار بالمتجهات، انظر الشكل (1-76/ ب).




الشكل (1-76): تمثيل الفولتية والتيار في المقاومة.

## 2- الملفات في دارات التيار المتناوب:

في الدارة الحثية، لا يتغير التيار في الوقت نفسه الذي تتغير فيه الفولتية؛ فهو يتأخر في ذلك اعتمادًا على قيمة المحاثة، انظر الشكل (1-77). ولمّا كانت جميع الملفات تحتوي على مقاومات، فإن التيار يتأخر عن الفولتية بزاوية إزاحة تتراوح بين صفر و 90°، ويمكن تمثيل العلاقة بين الفولتية وتيار الملف بالمتجهات، انظر الشكل (1-78).

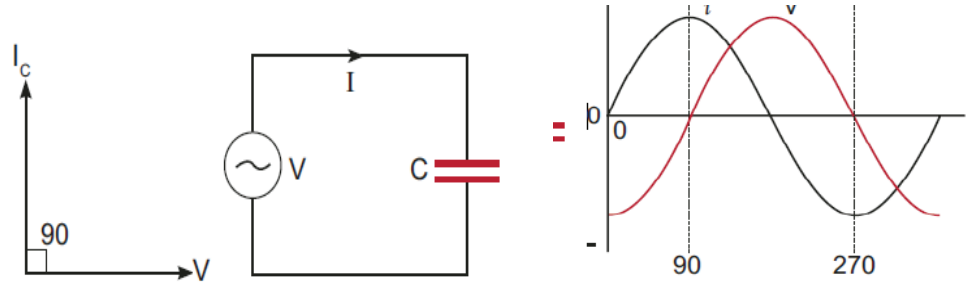



الشكل (1-77): تمثيل الفولتية والتيار في الملف.

الشكل (1-78): العلاقة بين الفولتية وتيار الملف بالمتجهات.

## 3- المواسعات في دارات التيار المتناوب:

تمتاز فولتية المصدر المتردد بأنها دائمة التغيُّر في المقدار والاتجاه. ولمّا كانت الشحنة تتناسب طرديًّا مع الفولتية فإن تيار شحن يمر بالدارة للمواسع في أثناء تزايد فولتية المصدر. ويمر تيار تفريغ بالدارة في أثناء تناقص فولتية المصدر. في الدارة السعوية، يسبق التيار الفولتية بزاوية إزاحة تتراوح بين صفر و 90°، انظر الشكل (1-79).




الشكل (1-79): الفولتية والتيار في المواسع.

## 4- الممانعة الحثية، والممانعة السعوية:

**أ. الممانعة الحثية ($X_L$):** ممانعة الملف للتيار المتناوب، وتقاس بوحدة الأوم، وتعطى بالعلاقة الآتية:

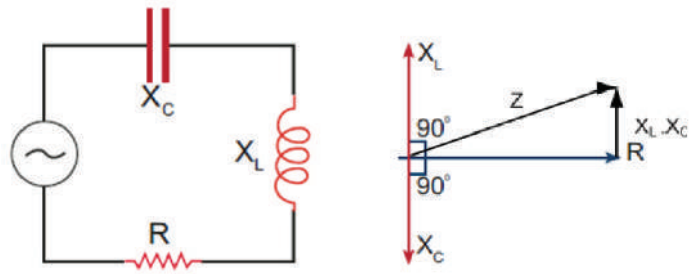
$$X_L = 2\pi fL$$

**ب. الممانعة السعوية (Xc):** ممانعة المواسع للتيار المتناوب، وتقاس بوحدة الأوم، وتعطى بالعلاقة الآتية:

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

## 5- توصيل دارة بسيطة تتكوَّن من مقاومة، ومواسع، وملف على التوالي:

الزاوية بين الممانعة الحثية الممانعة السعوية هي 180°، وهذا يعني أن أيًّا من المفاعلتين تلغي الأخرى، أو تلغي جزءًا منها، انظر الشكل (1-80).




الشكل (1-80): دارة مقاومة، ومواسع، وملف على التوالي.

تُحسَب ممانعة الدارة الكهربائية الكلية باستعمال العلاقة الآتية:

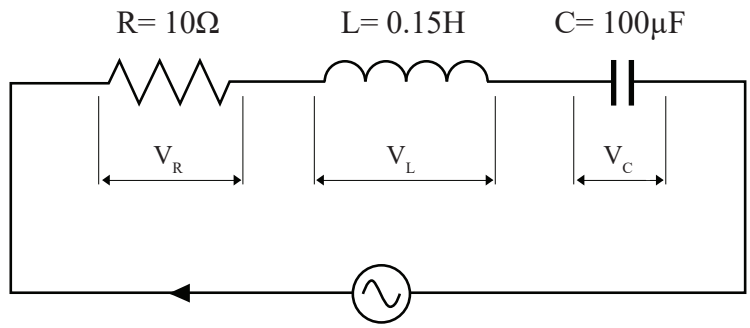
$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

تعطى قيمة التيار بحسب قانون أوم:

$$i = \frac{V}{Z}$$

**المثال (1-8)**

احسب الممانعة الكلية والتيار المار بالدارة الموضحة بالشكل (1-81):




$V_S$= 100V, 50Hz

الشكل (1-81): دارة مقاومة، ومواسع، وملف على التوالي.

**الحل:**

$$X_L = 2\pi fL = 2\pi \times 50 \times 0.15 = 47.13\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fc} = \frac{1}{2\pi x50x100x10^{-6}} = 31.83\ \Omega$$

$$Z=\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2} = \sqrt{10^2+(47.13-31.83)^2}$$

$$Z=19.4\ \Omega$$

$$I=\frac{V_S}{Z}=\frac{100}{19.4}=5.15A$$

## 6- دارات الرنين:

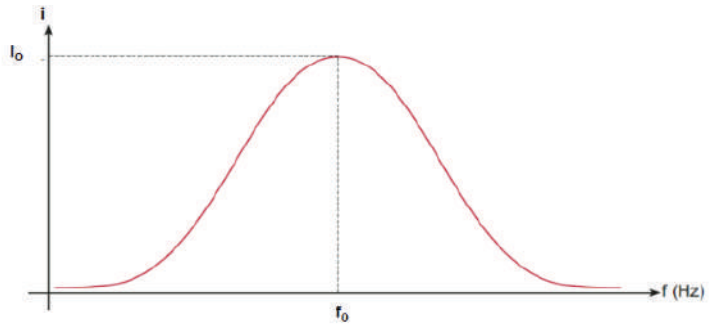
في حالة توصيل مقاومة ومواسع وملف على التوالي كما في الشكل (1-80)، فإن المفاعلة الحثية ($X_L$) تتسبَّب في تأخير التيار عن الفولتية، في حين تتسبَّب المفاعلة السعوية ($X_C$) في تقديم التيار على الفولتية. ومن ثَمَّ، فإن وجود المفاعلتين في الدارة يجعل تأثير إحداهما معاكسة للأخرى، وعند تساويهما تصبح الدارة أومية؛ أي كأنها تحتوي على مقاومة فقط، ويصبح التأثير الوحيد في الدارة هو للمقاومة، عندئذٍ تحدث ظاهرة الرنين.

يُعرَف التردد الذي يُحدِث هذا الوضع بتردد الرنين، وهو يعطى بالعلاقة الآتية:

$$f_\circ = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}(Hz)$$

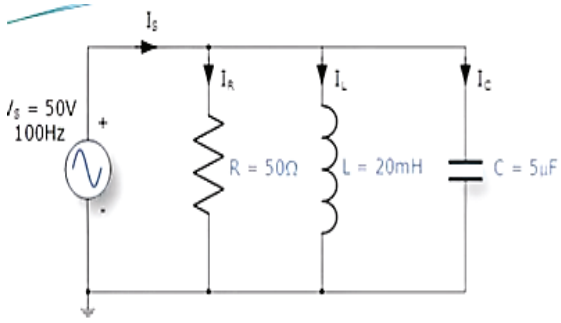
$$Z=R$$

عند تردد الرنين في دارة التوصيل على التوالي، فإن الممانعة تساوي المقاومة فقط؛ لأن ($X_C=X_L$)، فيكون التيار أعلى ما يمكن، انظر الشكل (1-82).




الشكل (1-82): التيار في دارة رنين على التوالي.

وفي دارات الرنين على التوازي، تحدث ظاهرة الرنين عندما يتساوى تيار الملف وتيار المواسع. ونظرًا إلى اتجاه أحدهما المعاكس للآخر؛ فإن الدارة تكون مكافئة فقط للمقاومة فيها، ويحسب تردد الرنين من العلاقة السابقة نفسها. وعند تردد الرنين على التوازي يكون التيار أقل ما يمكن، انظر الشكل (1-83).




الشكل (1-83): دارة رنين على التوازي.

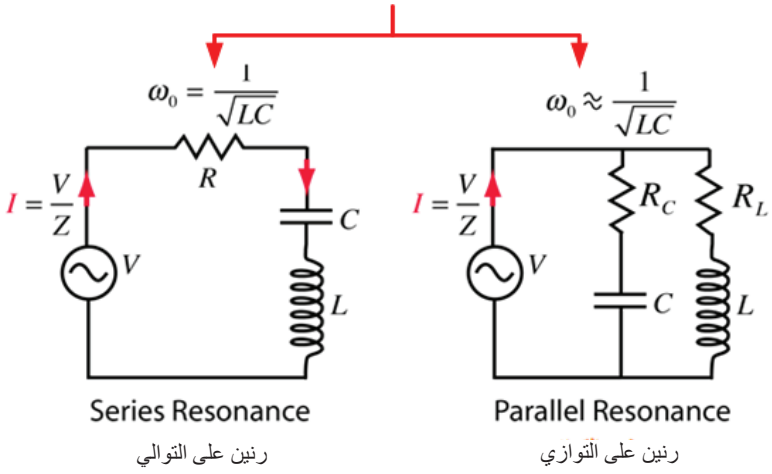
**فكّر**

- ما الميزة التي جعلت دارات الرنين أكثر الدارات استعمالًا وتطبيقًا في دارات أجهزة الاستقبال؟

- ابحث في شبكة الإنترنت عن أنواع أخرى من دارات الرنين، وعن استخداماتها، ثم اكتب تقريرًا مفصلًا عن ذلك، ثم اعرضه على المعلم.

**الخريطة المفاهيمية**

**دارة رنين على التوالي، ودارة رنين على التوازي**



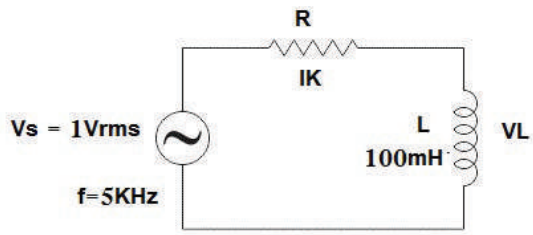
## التمرين الأول: حساب الممانعة الحثية للملف

### نتاجات التمرين

يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

1- يبني دارة مقاومة وملفًا لحساب الممانعة الحثية للملف.

2- يتعرف تأثير التردد في المفاعلة الحثية.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- لوح توصيل.<br>2- أسلاك توصيل.<br>3- ملف (100mH).<br>4- مقاومة كربونية (1K). | 1- مولد إشارة كهربائية متعدد الإشارات.<br>2- جهاز راسم إشارة، قناتان، (20) ميغاهيرتز.<br>3- جهازا متعدد القياس الرقمي (DMM). |
| **خطوات العمل** | **الرسوم التوضيحية** |
| 1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).<br>2- اضبط جهاز مولد الإشارة للحصول على موجة جيبية ترددها (5KHz)، ثم صله بالدارة.<br>3- صِلْ طرفي جهاز الأفوميتر بمخرج مولد الإشارة، ثم اضبطه للحصول على (1) فولت ($V_S = 1V_{rms}$).<br>4- صِلْ طرفي جهاز الأفوميتر بطرفي المقاومة (R)، ثم دَوِّن قيمة الفولتية في الجدول (1).<br>5- احسب قيمة التيار من العلاقة: ($I=\frac{V_R}{R}$)، ثم دَوِّنها في الجدول. |  <br>الشكل (1). |

**خطوات العمل**

6- صِلْ طرفي جهاز الأفوميتر بطرفي الملف (L)، ثم قِسْ فولتية الملف ($V_L$)، ثم دَوِّنها في الجدول (1).

7- احسب قيمة الممانعة الحثية ($X_L$) من العلاقة: $X_L = \frac{V_L}{I_L}$ .

8- احسب حثية الملف (L) من العلاقة: $L = \frac{X_L}{2\pi f}$ ، ثم دَوِّن القراءة في الجدول.

9- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها.

| $V_R$ | I | $V_L$ | $X_L$ | L |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| | | | | |

الجدول (1).

**فكِّر**

1- ماذا يحصل لقيمة المفاعلة في الدارة إذا زاد التردد إلى (10KHz)؟ فسِّر ذلك.

2- إذا غُذِّيت الدارة بمصدر فولتية مباشرة، فما التغيرات التي تحدث للمفاعلة الحثية؟

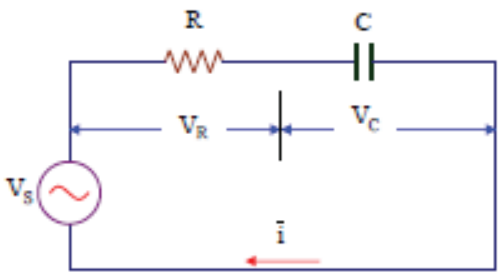
## التمرين الثاني: حساب الممانعة السعوية للمواسع

### نتاجات التمرين

يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

1- يبني دارة مقاومة ومواسعًا لحساب الممانعة السعوية للمواسع ($X_C$).

2- يتحقق عمليًّا من أن الممانعة السعوية للمواسع تعطى بالعلاقة: $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$ .

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- لوح توصيل.<br>2- أسلاك توصيل.<br>3- مواسع كيميائي 50V. (0.1µF,0.47µF).<br>4- مقاومة كربونية ثابتة (1K). | 1- جهاز مولد إشارة كهربائية متعدد الإشارات.<br>2- جهاز راسم إشارة، قناتان، (20) ميغاهيرتز.<br>3- جهازا متعدد القياس الرقمي (DMM). |
| **خطوات العمل** | **الرسوم التوضيحية** |
| 1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).<br>2- اضبط جهاز مولد الإشارة للحصول على موجة جيبية ترددها (1KHz)، ثم صِلْه بالدارة.<br>3- صِلْ طرفي جهاز الأفوميتر بمخرج مولد الإشارة، ثم اضبطه للحصول على (1) فولت ($V_S = 1V_{rms}$).<br>4- صِلْ طرفي جهاز الأفوميتر بطرفي المقاومة (R)، ثم دَوِّن قيمة الفولتية في الجدول (1). |  <br>الشكل (1). |

| خطوات العمل | الرسوم التوضيحية |
|---|---|
| 5- احسب قيمة التيار من العلاقة: ($I = V_R/R$)، ثم دَوِّنها في الجدول.<br>6- احسب قيمة الممانعة السعوية ($X_C$) من العلاقة الآتية: $X_C = \frac{V_C}{I}$<br>7- احسب (C) من العلاقة: ( $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$ )، ثم دَوِّنها في الجدول.<br>8- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها. | |

| | $V_R$ | I | $V_C$ | $X_C$ | C (المحسوبة) |
|---|---|---|---|---|---|
| $C_1=0.1\mu F$ | | | | | |
| $C_2=0.47\mu F$ | | | | | |

الجدول (1).

**فكِّر**

1- ماذا يحدث لقيمة الممانعة السعوية إذا غُيِّر المواسع بآخر ذي سعة صغيرة جدًّا؟ فسِّر ذلك.

2- إذا زيد التردد إلى (10KHz)، فماذا يحدث لممانعة الدارة؟ فسِّر ذلك.

3- ما العلاقة بين $X_C$ و C؟

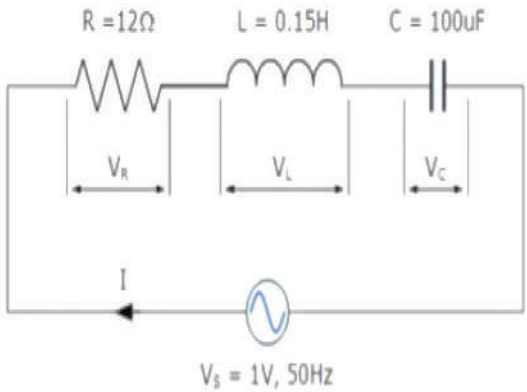
## التمرين الثالث: دارة مقاومة وملف ومواسع على التوالي

### نتاجات التمرين

يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

1- يحسب الممانعة الكلية للدارة.

2- يحسب التيار في الدارة.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- لوحة توصيل.<br>2- أسلاك توصيل.<br>3- ملف (150mH).<br>4- مواسع (100µF).<br>5- مقاومة كربونية (12 Ω). | 1- مولد إشارة كهربائية متعدد الإشارات.<br>2- جهاز راسم إشارة، قناتان، (20) ميغاهيرتز.<br>3- جهازا متعدد القياس الرقمي (DMM). |
| **خطوات العمل** | **الرسوم التوضيحية** |
| 1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).<br>2- اضبط جهاز مولد الإشارة للحصول على موجة جيبية ترددها (50Hz)، ثم صِلْه بالدارة.<br>3- صِلْ طرفي جهاز الأفوميتر بمخرج مولد الإشارة، ثم اضبطه للحصول على (1) فولت (Vs =1Vrms).<br>4- احسب قيمة الممانعة الحثية ($X_L$) للملف. |  <br>الشكل (1). |

**خطوات العمل**

5- احسب قيمة الممانعة السعوية (Xc) للمواسع.

6- احسب قيمة الممانعة الكلية بالدارة $Z_T = \sqrt{R^2+(X_L-X_c)^2}$.

7- احسب قيمة التيار في الدارة من العلاقة: $(I = V_S/Z_T)$، ثم دَوِّن القيمة في الجدول (1).

8- احسب قيمة فولتية المقاومة من العلاقة: $(V_R=IxR)$، ثم دَوِّن القيمة في الجدول (1).

9- احسب قيمة فولتية الملف من العلاقة: $(V_L=IxX_L)$، ثم دَوِّن القيمة في الجدول (1).

01- احسب قيمة فولتية المواسع من العلاقة: $(V_c=IxX_c)$، ثم دَوِّن القيمة في الجدول (1).

11- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها.

| $Z_T$ | $X_C$ | $V_C$ | $X_L$ | I | $V_L$ | $V_R$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | | | |

الجدول (1).

**فكّر**

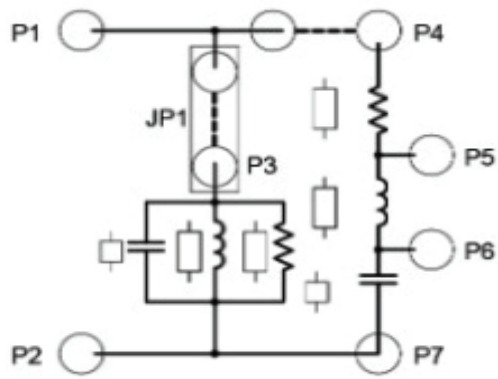
1- كيف تحسب مجموع الفولتية على المقاومة والملف والمواسع لتعطي فولتية المصدر؟

2- إذا تساوى كلٌّ من $(X_L)$ و $(X_C)$، فماذا يحدث؟ ماذا تستنتج؟

**نشاط عملي**

نفِّذ التمرين العملي الآتي فرديًّا، أو ضمن مجموعات صغيرة في المشغل، أو بحسب توجيهات المعلم:

ملحوظة: هذا التمرين موجود في المشغل (Model AH-91).




SERIES/PARALLEL RLC

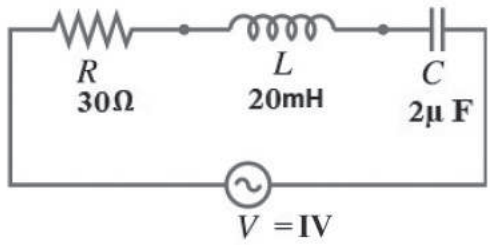
## التمرين الرابع: دارة رنين على التوالي

### نتاجات التمرين

يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

1- يبني دارة رنين على التوالي.

2- يحسب تردد الرنين، ويقارنه بالقيمة المقيسة.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- لوح توصيل.<br>2- أسلاك توصيل.<br>3- ملف (20mH).<br>4- مواسع (2μF).<br>5- مقاومة كربونية (30 Ω). | 1- مولد إشارة كهربائية متعدد الإشارات.<br>2- راسم إشارة، قناتان، (20) ميغاهيرتز.<br>3- (3) أجهزة متعددة القياس الرقمي (DMM). |
| **خطوات العمل** | **الرسوم التوضيحية** |
| 1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).<br>2- احسب تردد الرنين من العلاقة: $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$، ثم دَوِّن النتيجة في الجدول (1).<br>3- احسب قيمة التيار عند تردد الرنين من العلاقة (I=V/R)، ثم دَوِّن النتيجة في الجدول (1).<br>4- صِلْ جهاز الأميتر بالدارة، ثم قِسْ التيار الكلي في الدارة عند تردد الرنين، ثم دَوِّن النتيجة في الجدول (1).<br>5- قارن بين قيمة التيار المحسوبة وقيمة التيار المقيسة في الدارة. |  <br>الشكل (1). |

**خطوات العمل**

6- صِلْ طرفي جهاز الفولتميتر الأول بطرفي المقاومة، ثم قِسِ الفولتية على المقاومة، ثم قارنها بفولتية المصدر. ماذا تستنتج؟

7- صِلْ طرفي جهاز الفولتميتر الثاني بطرفي الملف، وطرفي جهاز الفولتميتر الثالث بطرفي المواسع، ثم قِسِ الفولتية على كلٍّ منها، ثم دَوِّن النتيجة في الجدول. ماذا تستنتج؟

8- صِلْ طرفي القناة الأولى لجهاز راسم الإشارة بطرفي الملف، وطرفي القناة الثانية لجهاز راسم الإشارة بطرفي المواسع، وشاهد شكل الفولتية على راسم الإشارة للملف وللمواسع، ماذا تستنتج؟

9- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها.

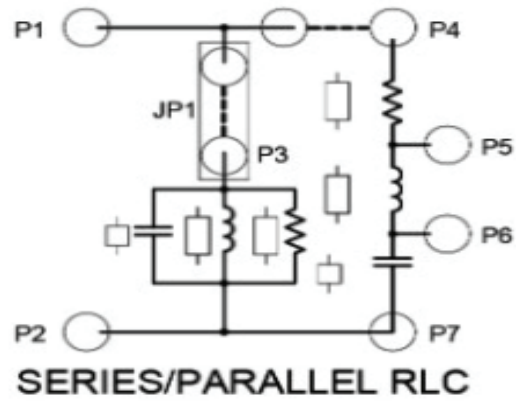
| $V_C$ | $V_R$ | $V_L$ | I | F |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| | | | | |

الجدول (1).

**نشاط عملي**

نفِّذ التمرين العملي الآتي فرديًا، أو ضمن مجموعات صغيرة في المشغل، أو بحسب توجيهات المعلم:

ملحوظة: هذا التمرين موجود في المشغل (Model AH-91).



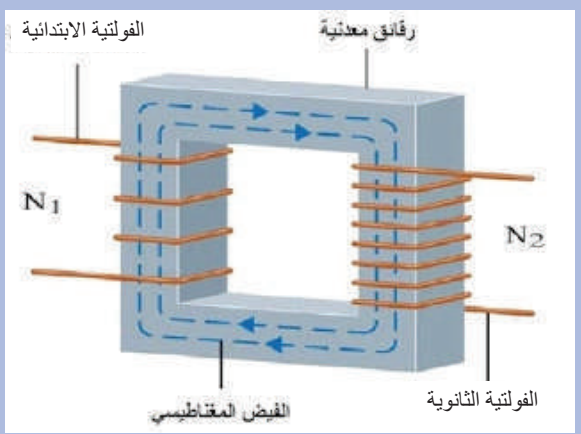
# حادي عشر: المحولات الكهربائية
# (Transformers)

انظر وتساءل
استكشف
اقرأ وتعلَّم
الإثراء والتوسع
القياس والتقويم
الخريطة المفاهيمية

## النتاجات الخاصة بالدرس

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذا الدرس أن:

- يتعرف تركيب المحول الكهربائي.
- يوضح مبدأ عمل المحول الكهربائي.
- يعدد أنواع المحولات الكهربائية.



**انظر وتساءل**

ربمَّا شاهدت في أحد البرامج التلفازية محطات توليد الطاقة الكهربائية وتوزيعها كتلك المبينة في الشكل (1-84). ما المكون الرئيس الذي جذب انتباهك؟

تحتوي هذه المحطات على مجموعة من الأجهزة والمعدات، أهمها المحول الكهربائي، وهو جهاز يعمل على تحويل الفولتية من قيمة إلى أخرى (بالتردد نفسه).

الشكل (1-84): محطة تحويل.

**استكشف**

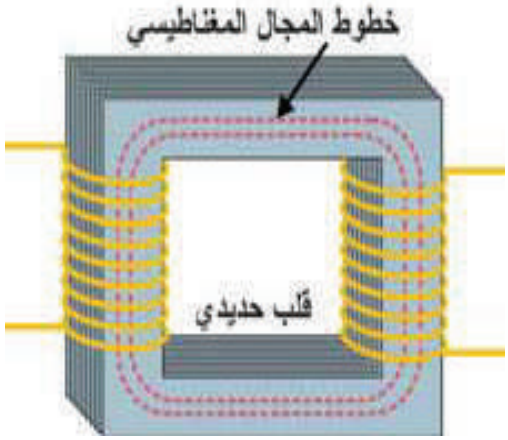
- ما الجهاز الكهربائي الذي يعتمد مبدأ عمله على ظاهرة الحث المتبادل؟

**اقرأ وتعلَّم**

يعتمد مبدأ عمل المحول الكهربائي على ظاهرة الحث المتبادل بين دارتين مرتبطتين بالتدفُّق المغناطيسي، مع إمكانية رفع (أو خفض) الفولتية أو التيار في الدارة الأخرى. ولكن، مِمَّ يتركب المحول؟ ما أنواعه؟

## 1- تركيب المحول:

يتركب المحول من ملف ابتدائي، عدد لفاته ($N_1$)، ويوصل بمصدر التيار المتناوب، وملف ثانوي، عدد لفاته ($N_2$)، ويوصل بالحمل الكهربائي، وقلب حديدي مصنوع من رقائق مادة مغناطيسية معزول بعضها عن بعض بمادة عازلة مثل الورنيش، ومجموعة معًا على نحوٍ محكم للحد من الفجوات الهوائية بينها، وللتقليل من تولُّد طاقة حرارية؛ لكيلا يسخن المحول، ويلف الملفان على القلب الحديدي، انظر الشكل (1-85).

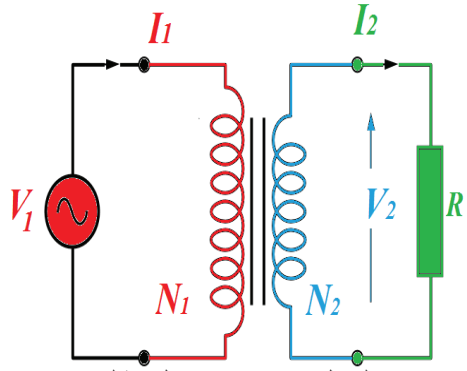



الشكل (1-85): تركيب المحول الكهربائي.

## 2- مبدأ عمل المحول:

يقوم مبدأ عمل المحول على ظاهرة الحث المتبادل بين الملفين؛ إذ يتغير التدفُّق المغناطيسي الناجم عن تغيُّر تيار الملف الابتدائي، فيتولد عبر طرفيه قوة دافعة كهربائية حثية ذاتية أولى، ونتيجة لذلك تنتشر خطوط المجال المغناطيسي عبر القلب الحديدي للمحول، ويحدث تغيُّر في التدفُّق المغناطيسي الذي يخترق لفات الملف الثانوي ينجم عنه تولُّد قوة دافعة كهربائية حثية أخرى.

إذا أُهمِلت مقاومة الملفين، وأُهمِلت الخسائر الكهربائية في المحول، فإن القدرة الكهربائية الداخلة في المحول من الملف الابتدائي $(I_1V_1)$ تساوي القدرة الناتجة من الملف الثانوي $(I_2V_2)$، حيث: $(V_1)$ فولتية الملف الابتدائي، و$(I_1)$ تيار الملف الابتدائي، و$(N_1)$ عدد لفات الابتدائي، و$(V_2)$ الفولتية الناتجة بين طرفي الملف الثانوي و$(I_2)$ التيار الناتج في الملف الثانوي، و$(N_2)$ عدد لفات الثانوي، انظر الشكل (1-86). وفي هذه الحالة، يسمى المحول محولًا مثاليًّا، ونسبة التحويل فيه تساوي:



الشكل (1-86): محول مثالي.

$$K = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

القدرة في الملف الابتدائي تساوي القدرة في الملف الثانوي.

$$I_1V_1 = I_2V_2$$

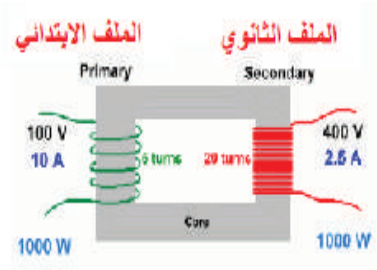
**تذكَّر**

في الواقع العملي لا يظهر تساوي القدرة الخارجة من المحول مع القدرة الداخلة فيه؛ بسبب ضياع جزء من التدفُّق في الهواء، وضياع جزء من الطاقة يُفقَد على شكل طاقة حرارية في القلب الحديدي وفي أسلاك الملفات النحاسية، وهذا يؤكد أهمية كفاءة المحول.

## 3 ـ أنواع المحولات:

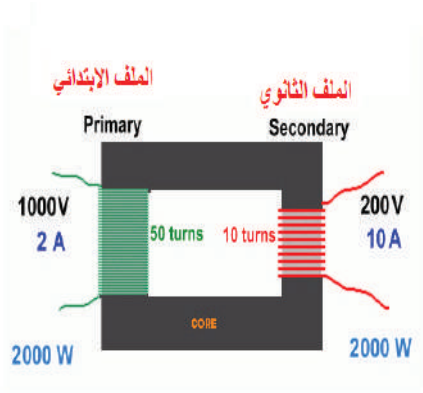
يمكن تصنيف المحولات المستخدمة في مجال الاتصالات والإلكترونيات إلى أنواع عِدَّة.

**أ ـ تُصنَّف المحولات بحسب نسب التحويل إلى ما يأتي:**




الشكل (1-87): المحول الرافع للفولتية.

1. **المحول الرافع للفولتية:** محول تكون قيمة الفولتية على طرفه الثانوي أعلى منها على طرفه الابتدائي، انظر الشكل (1-87).




الشكل (1-88): المحول الخافض للفولتية.

2. **المحول الخافض للفولتية:** محول تكون قيمة الفولتية على طرفه الثانوي أقل منها على طرفه الابتدائي، ويمكن وضع أكثر من ملف ثانوي للحصول على فولتيات مختلفة في الطرف الثانوي (مثل المحولات التي تعطي في المخرج من (3) فولت إلى (12) فولت، انظر الشكل (1-88).

**ب ـ تُصنَّف المحولات بحسب النوع إلى ما يأتي:**

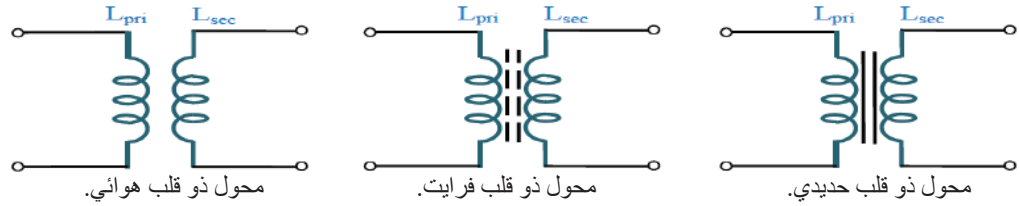
محولات قدرة، ومحولات ذاتية (Auto-Transformer).

**جـ ـ تُصنَّف المحولات بحسب التردد إلى ما يأتي:**

محولات تردد منخفض، ومحولات تردد متوسط، ومحولات تردد عالٍ.

**د ـ تُصنَّف المحولات بحسب القلب إلى ما يأتي:**

محولات ذوات قلوب حديدية، ومحولات ذوات قلوب هوائية، ومحولات ذوات قلوب من مادة الفرايت. والشكل (1-89) يوضح الرموز المختلفة للمحولات.




الشكل (1-89): رموز المحولات.

## 4- المواصفات الفنية للمحولات:

من أهم هذه المواصفات: فولتية الملف الابتدائي، وفولتية الملف الثانوي، والتيار الثانوي الأقصى، وقدرة المحول، وكفاءة المحول؛ وهي نسبة القدرة الكهربائية في الملف الثانوي (القدرة الناتجة) إلى القدرة الكهربائية في الملف الابتدائي (القدرة الداخلة).

## 5- أعطال المحولات:

تُصنَّف هذه الأعطال إلى ما يأتي:

أ - **الأعطال الكلية:** من أهمها: حرق الملف الابتدائي، وحرق الملف الثانوي.

**ب- الأعطال الجزئية:** من أهمها: حدوث قصر (Short) جزئي في أحد ملفي المحول أو في كليهما، وحدوث قصر كلي في أحد ملفي المحول أو في كليهما.

**فكّر**

لماذا لا يعمل المحول بمصدر تيار مباشر؟

**المثال (1-9)**

محول كهربائي عدد لفات ملفه الابتدائي (500) لفة، وعدد لفات ملفه الثانوي (100) لفة. إذا كانت فولتية ملفه الابتدائي (200) فولت، ومقدار التيار المار به (0.1) أمبير، فأجب عمّا يأتي:

1- ما نوع هذا المحول؟

2- احسب الفولتية على ملفه الثانوي.

3- احسب التيار المتولد على ملفه الثانوي.

**الحل:**

.1

عدد لفات الملف الثانوي أقل من عدد لفات الملف الابتدائي، وهذا يعني أن الفولتية على الملف الثانوي أقل منهما على الملف الابتدائي؛ أي إن المحول خافض للفولتية.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

.2

$$\frac{500}{100} = \frac{200}{V_2}$$

$$V_2 = 40V$$

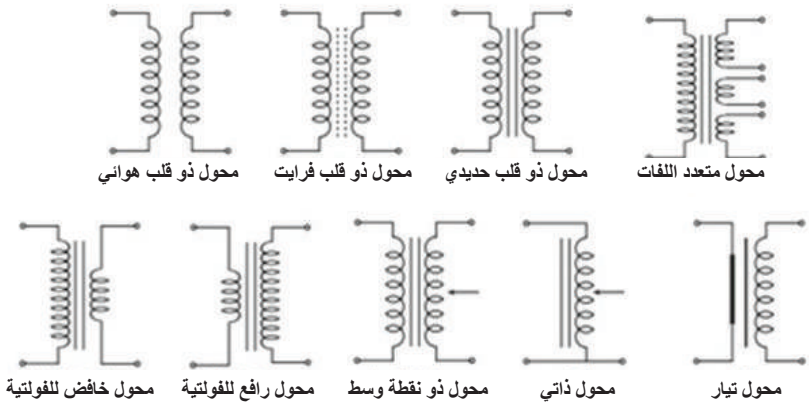
.3

$$I_1V_1 = I_2V_2$$

$$I_2 = 0.5\ A$$

- ابحث أنت وزملاؤك في شبكة الإنترنت عن كيفية استخدام الحث المتبادل والمحول في توليد فولتية تتراوح بين (10000) فولت و(40000) فولت، ما يكفي لتوليد الشرارة اللازمة لشمعة الاحتراق (البوجية) التي تُشغِّل (تدير) محرك السيارة من فولتية البطارية (12) فولت، ثم اعرض ما تتوصَّل إليه على المعلم.

**أنواع المحولات الكهربائية**



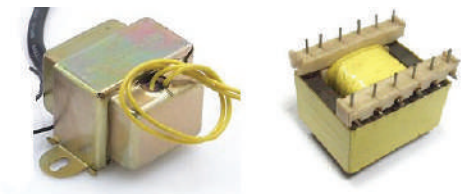
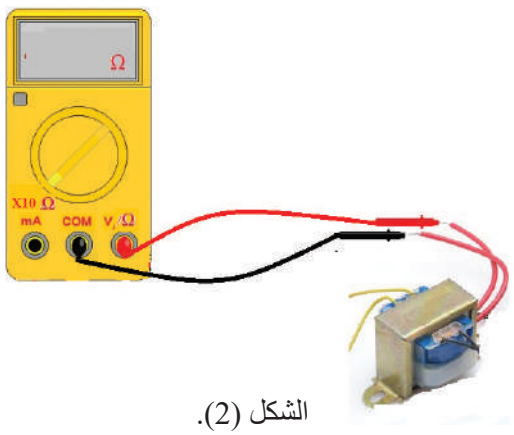
## التمرين الأول: فحص المحولات

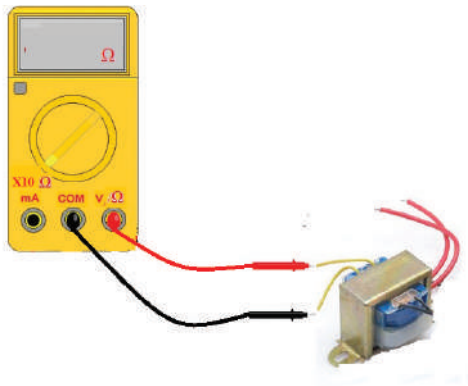
### نتاجات التمرين

يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

1- يفحص المحولات باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي.

2- يحدد صلاحية المحول.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- محولات قدرة.<br>2- محولات ذاتية. | - جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM). |
| **خطوات العمل** | **الرسوم التوضيحية** |
| **أولًا: فحص مقاومة الملف الابتدائي باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي.**<br>1- تفحص المحولات التي أمامك كما في الشكل (1).<br>2- اضبط جهاز متعدد القياس الرقمي على وضعية قياس المقاومة.<br>3- اختر تدريج القياس المناسب.<br>4- صِلْ طرفي الملف الابتدائي بين طرفي الجهاز كما في الشكل (2).<br>5- دَوِّن قيمة مقاومة الملف الابتدائي. |  <br>الشكل (1).<br>  <br>الشكل (2). |

| خطوات العمل | الرسوم التوضيحية |
|---|---|
| **ثانيًا: فحص مقاومة الملف الثانوي باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي.**<br>6- اضبط الجهاز على وضعية قياس المقاومة.<br>7- اختر التدريج المناسب للقياس.<br>8- صِلْ طرفي الملف الثانوي بين طرفي الجهاز كما في الشكل (3).<br>9- دَوِّن قيمة مقاومة الملف الثانوي.<br>10- كرِّر الخطوات السابقة لفحص جميع أنواع المحولات التي بحوزتك، ثم املأ الفراغ في الجدول (1). |  <br>الشكل (3). |

| نوع الملف | حث الملف (من الرموز المكتوبة عليه) | ملاحظات |
|---|---|---|
| | | |
| | | |
| | | |

الجدول (1).

**فكِّر**

1- في المحول الخافض للفولتية، أي الملفين تكون مقاومته أكبر؟ لماذا؟

2- بماذا يُستدَل على صلاحية المحول؟

3- كيف يمكن فحص المحول الذاتي؟

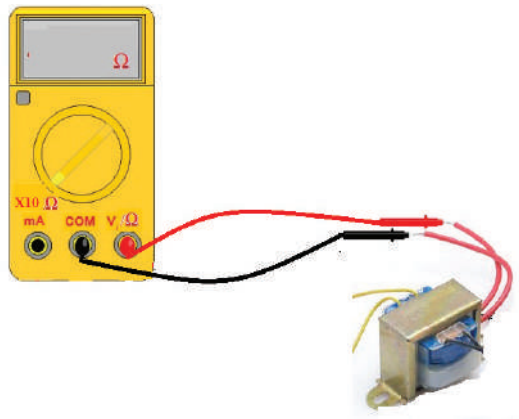
## التمرين الثاني: إجراء القياسات على المحولات الكهربائية

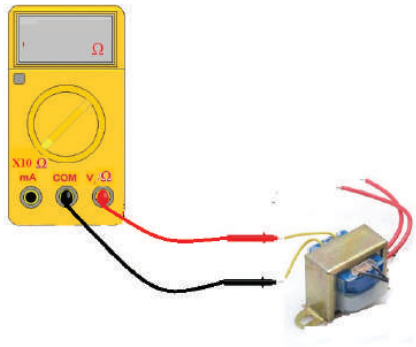
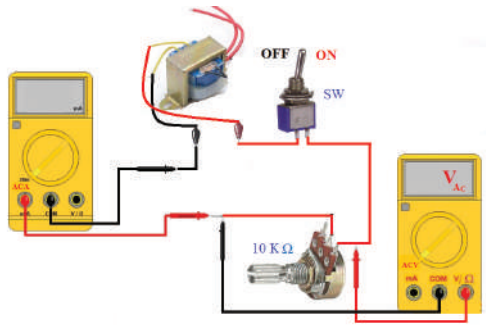
### نتاجات التمرين

يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

1- يبني دارة كهربائية يُستخدَم فيها محول كهربائي.

2- يجري القياسات المختلفة على المحول الكهربائي.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- مقاومة متغيرة (10KΩ) /2 واط.<br>2- مفتاح توصيل.<br>3- أسلاك توصيل.<br>4- لوحة توصيل.<br>5- لحام قصدير. | 1- محول كهربائي خافض للفولتية (230/6) فولت.<br>2- جهازا متعدد القياس الرقمي (DMM).<br>3- كاوي لحام (30-40) واط. |
| **خطوات العمل** | **الرسوم التوضيحية** |
| 1- قِسْ مقاومة الملف الابتدائي كما في الشكل (1)، ثم دَوِّن النتيجة في دفترك.<br>2- قِسْ مقاومة الملف الثانوي كما في الشكل (2)، ثم دَوِّن النتيجة في دفترك.<br>3- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (3).<br>4- صِلِ الدارة بالمصدر الكهربائي، ثم اضبط المفتاح (SW) على الوضع (ON).<br>5- دَوِّن قراءة أجهزة القياس، ثم املأ الفراغ في الجدول (1). |  <br>الشكل (1). |

| خطوات العمل | الرسوم التوضيحية |
|---|---|
| 6- جد ما يأتي:<br>• نسبة تحويل المحول (K).<br>• قدرة الخرج.<br>• تيار الملف الابتدائي.<br>7- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها. |  <br>الشكل (2)<br>  <br>الشكل (3) |

| قراءة جهاز الأميتر (mA) (تيار الملف الثانوي) | قراءة جهاز الأفوميتر (V) (فولتية الملف الثانوي) | مقاومة الملف الثانوي | مقاومة الملف الابتدائي |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

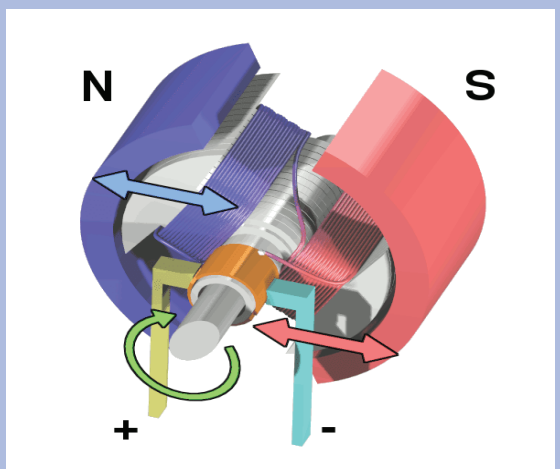
الجدول (1).

# ثاني عشر: المحرك الكهربائي
# (Electric Motor)

**النتاجات الخاصة بالدرس**

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذا الدرس أن:

- يتعرف المحركات الكهربائية.
- يذكر تركيب المحركات الكهربائية، ومبدأ عملها.
- يميز أنواع المحركات الكهربائية.




انظر وتساءل
استكشف
اقرأ وتعلّم
الإثراء والتوسّع
القياس والتقويم
الخريطة المفاهيمية

**انظر وتساءل**

انظر الشكل (1-90)، ما الذي يحرك المصعد الكهربائي إلى الأعلى وإلى الأسفل؟ عند ذهابك إلى أحد المجمعات الكبيرة للتسوق، قد تستخدم المصعد الكهربائي أو الدرج الكهربائي، هل فكرت كيف يعمل كلٌّ منهما؟ ما الأداة الفعالة في تركيبهما؟

الشكل (1-90): الدرج الكهربائي، والمصعد الكهربائي.

**استكشف**

- ما الجهاز الذي يُحوِّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية؟

**اقرأ وتعلَّم**

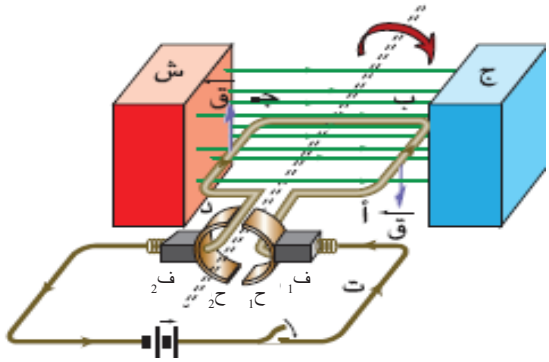
## 1- أنواع المحركات الكهربائية:

يمكن تصنيف المحركات الكهربائية بحسب تيار تغذية ملفات المحركات إلى ثلاثة أنواع، هي:

### أ - محركات التيار المباشر (DC Motor):

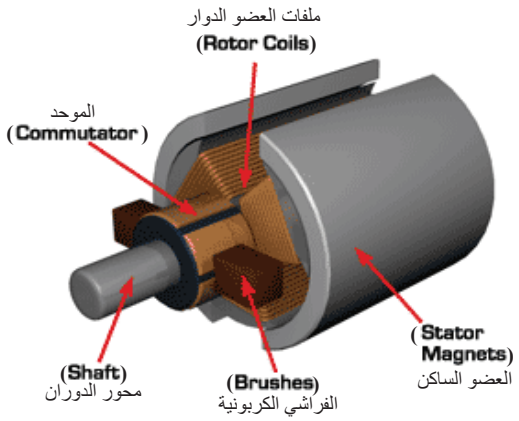
تُستخدَم هذه المحركات على نطاق واسع في التطبيقات الكهربائية المختلفة.

1. **تركيب محرك التيار المباشر:** يتركب المحرك الكهربائي البسيط الذي يعمل بالتيار المباشر في أبسط أشكاله من ملف مستطيل مُكوَّن من سلك نحاسي ملفوف حول قلب من الحديد المطاوع، وموضوع في مجال مغناطيسي منتظم، كما في الشكل (1-91)، وهو قابل للدوران حول محور معين، ويوصل طرفاه بنصفي حلقة




الشكل (1-91): تركيب محرك التيار المباشر.

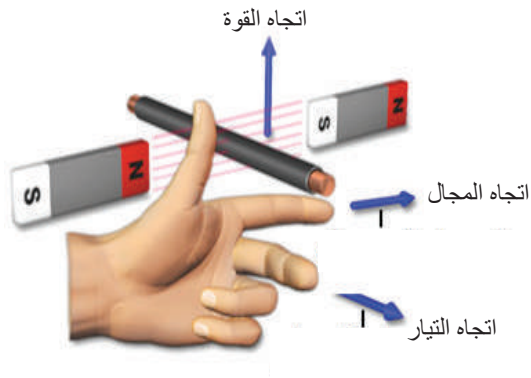
فلزيــة معزوليــن عــن بعضهما، ويــدوران مع الملف، ويســميان المبدل (العاكس)، ويلامسان فرشتين ثابتتين تشــكلان مدخلًا ومخرجًا لتيار دارة الملــف الكهربائيــة. أمّا الشــكل (1-92) فيبين مكونات محرك التيار المباشر.




الشكل (1-92): محرك التيار المباشر.

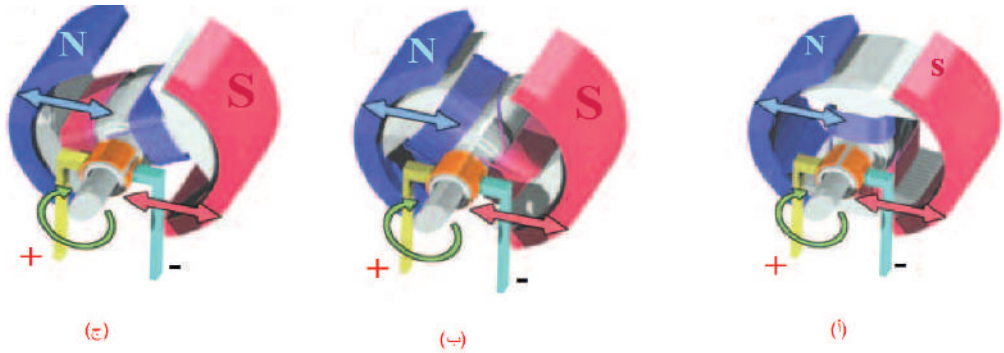
## 2. مبدأ عمل محرك التيار المباشر:

عند مرور التيار الكهربائي المباشر بالموصل أو السلك النحاسي، يتولد مجال مغناطيسي بين قطبيه انظر الشكل (1-93)، وذلك بحسب قاعدة اليد اليسرى لفلمنج (Fleming). وفي هذه الحالة، فإن القطب الجنوبي الثابت يجذب القطب الشمالي للموصل؛ ما يؤدي إلى دوران الموصل حول محوره بعكس اتجاه دوران عقارب الساعة.




الشكل (1-93): قاعدة اليد اليسرى لفلمنج.

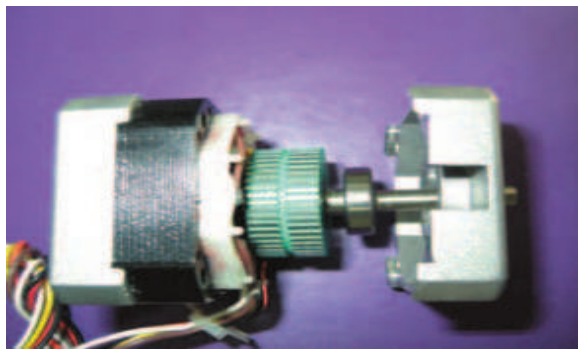
يستمر دوران الموصل حتى تصبح الأقطاب المختلفة (الثابتة، والمتحركة) على وشك الاستقامة، وفي الوقت نفسه يعمل الموحد على عكس اتجاه التيار المار بالموصل، فتنعكس قطبية الموصل، انظر الشكل (1-94)، فيصبح القطب الشمالي الثابت (للعضو الساكن) مقابلًا للقطب الشمالي للموصل، والقطب الجنوبي الثابت (العضو الساكن) مقابلًا للقطب الجنوبي للموصل (العضو المتحرك)، فتتنافر الأقطاب الثابتة والمتحركة، ويواصل الموصل دورانه بعكس اتجاه دوران عقارب الساعة، فيدور ($180^{o}$)، ويستمر الموصل في دورانه – كما في الخطوات السابقة – حول محوره عكس اتجاه دوران عقارب الساعة.




الشكل (1-94): مبدأ عمل محرك التيار المباشر.

**ب- محرك النبضات الكهربائية (محرك الخطوة) (Stepper Motor):**

يعد هذا النوع من المحركات أحد أهم المحركات المستخدمة في الأجهزة الدقيقة وأجهزة التحكم والاتصالات، وبخاصة في الأجهزة والمعدات التي تدار حركتها عن طريق وحدة تحكم مبرمجة؛ إذ يعمل محرك الخطوة على تحويل النبضات الكهربائية القادمة من وحدة التحكم إلى حركة ميكانيكية دائرية، انظر الشكل (1-95).



الشكل (1-95): محرك الخطوة.

**جـ - محركات التيار المتناوب (AC Motor).**

تُستخدَم هذه المحركات على نطاق واسع في التطبيقات الصناعية، وتقسم إلى نوعين، هما: المحركات أحادية الطور (230V)، والمحركات ثلاثية الطور (400V).

- ابحث في شبكة الإنترنت عن أنواع محركات التيار المتناوب AC، ثم اكتب تقريرًا مفصلًا عن ذلك، ثم اعرضه على المعلم.

## الخريطة المفاهيمية

# تمييز أنواع المحركات

## نتاجات التمرين

يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

يميز بين أنواع المحركات المختلفة.

### متطلبات تنفيذ التمرين

**الأدوات والتجهيزات**

محركات ذات أنواع مختلفة.

الشكل (1).

**خطوات العمل**

1- تفحَّص المحركات التي بحوزتك كما في الشكل (1).

2- ميِّز بين أنواع المحركات التي تفحصتها.

3- املأ الفراغ في الجدول (1).

4- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها.

| نوع المحرك | المعلومات المدونة على المحرك | | | الاستخدام | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|
| | فولتية التشغيل | السرعة | التيار | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

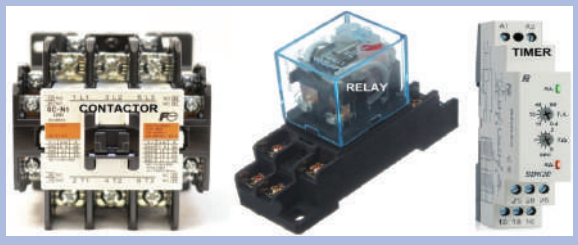
الجدول (1).

# ثالث عشر: أجهزة التحكم والحماية
# (Control And Protection Devices)

**النتاجات الخاصة بالدرس**

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذا الدرس أن:

- يتعرف عناصر التحكم والحماية الأساسية.
- يميز بين عناصر التحكم والحماية الأساسية.
- يوضح أهمية عناصر التحكم والحماية الأساسية.




انظر وتساءل

استكشف

اقرأ وتعلَّم

الإثراء والتوسُّع

القياس والتقويم

الخريطة المفاهيمية

**انظر وتساءل**

يوجد في معظم المنازل لوحة للقواطع الكهربائية، كالمبينة في الشكل (1-96)، ما وظيفة هذه اللوحة؟ ما أهم مكوناتها؟

الشكل (1-96): لوحة القواطع الكهربائية.

**استكشف**

- ما أهم عناصر التحكم والحماية التي تُستخدَم لحماية الأجهزة الإلكترونية والكهربائية؟

**اقرأ وتعلَّم**

تعد عناصر الحماية من الوحدات الأساسية في الدارة الكهربائية، وتتمثَّل أهميتها في القدرة على حماية الآلات الكهربائية من التلف. يمكن القول إنه لا تخلو آلة كهربائية من دارات الحماية والتحكم، وهي تعمل آليًّا من دون تدخل الإنسان، وتتنوع هذه الأجهزة بتنوع الوظيفة التي تؤديها. ولكن، مِمَّ تتركب هذه الأجهزة؟ ما استخداماتها؟

## 1- أنواع عناصر الحماية الكهربائية:

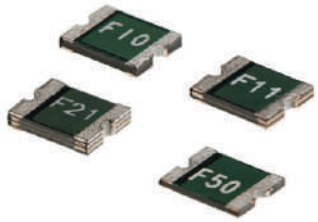
تُصنَّف عناصر الحماية الكهربائية إلى ثلاثة أنواع، هي:

### أ - المصهرات (Fuses):

المصهر هو أداة حماية للدارات الكهربائية من فرط التيار الناتج من حدوث حالة قصر (Short Circuit) أو حمل زائد (Over Load)، وهو سلك (أو صفيحة) مصنوع من معدن أو سبائك معدنية خاصة، ويوضع داخل أنبوب من الزجاج أو الخزف؛ لعزله عن الجو المحيط به. يعمل المصهر على قطع الدارة الكهربائية بشكل ذاتي، وإيقاف الأجهزة الموجودة في هذه الدارة عن العمل. للمصهر درجة انصهار محددة تعتمد على نوع المادة (نحاس، قصدير، رصاص ) المصنوع منها المصهر، ومساحة مقطعه، وتعتمد درجة انصهار المصهر على عاملين، هما: قيمة التيار المار بالمصهر، ودرجة حرارة الجو المحيطة بالمصهر.

توجد أنواع كثيرة من المصهرات، منها: المصهرات ذات الأنابيب الزجاجية، وهي نوعان: مصهرات تنتهي بأسلاك معدنية، ومصهرات ذوات أطواق معدنية. ويبين الشكل (1-97) مصهرًا زجاجيًّا، في حين يبين الشكل (1-98) مصهرًا لجهاز هاتف محمول.

الشكل (1-97): مصهر زجاجي.




الشكل (1-98): مصهر هاتف محمول.

**تعلَّم**

يُفحَص المصهر ليتحمل 110% من التيار المقرر (القيمة الاسمية)، وضمان عدم فصل الحمل لحظة وصول التيار إلى القيمة المقررة المسموح بها.

**فكِّر**

ما شروط استبدال المصهرات والقواطع الكهربائية؟

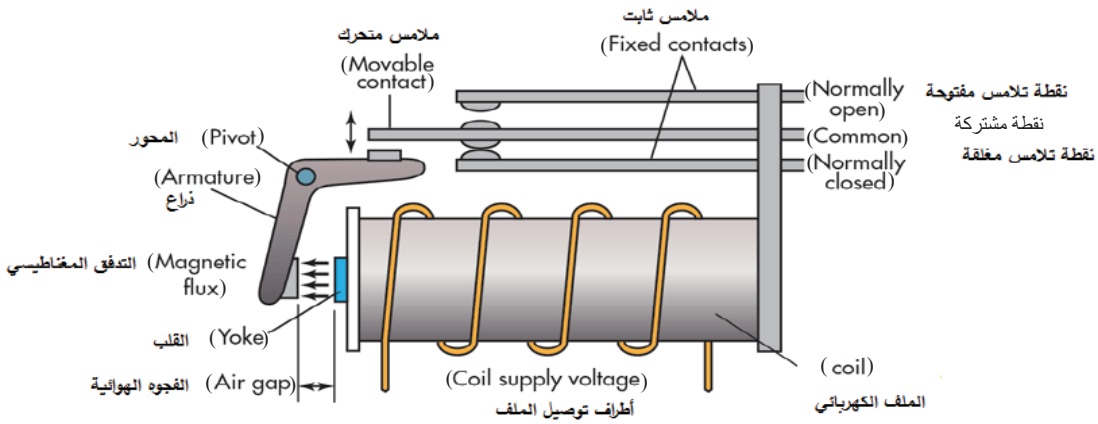
### ب - القواطع الكهربائية (Relay):

### جـ - المرحلات (Relay):

المرحل مفتاح كهرميكانيكي يمكن التحكم فيه كهربائيًّا. ولهذه الميزة، تُستخدَم المرحلات في عدد لا حصر لها من التطبيقات؛ لا سيما في عمليات التحكم والحماية. تعد المرحلات الفاصلة أو العازلة من أكثر أنواع المرحلات انتشارًا في أجهزة التحكم والأجهزة الدقيقة؛ لقدرتها على التحكم في عمل جهاز بفولتية وتيار مرتفعين (AC) عن طريق فولتية وتيار منخفضين (DC)؛ أي تحقيق العزل الكهربائي، وأيضًا التحكم في تشغيل عِدَّة دارات وإغلاقها عن طريق إشارة تحكم واحدة.

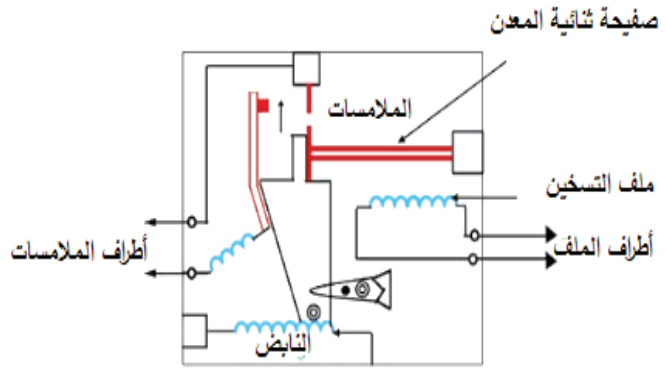
تُصنَّف المرحلات إلى أنواع متعددة، منها:

**1. المرحلات الكهرمغناطيسية (Electromagnetic relay):** يبين الشكل (1-99) أجزاء المرحل الكهرمغناطيسي.



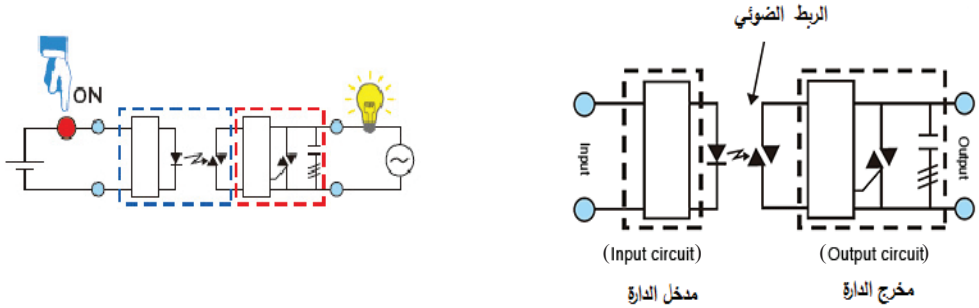

الشكل (1-99): اجزاء المرحل الكهرمغناطيسي.

**2. المرحلات الحرارية (Thermal Relay):** يعتمد مبدأ عمل هذه المرحلات على تمدُّد المعادن عند تعرضها للحرارة. ولهذا، فإن ذراع المرحل تتكوَّن من معدنين مختلفين ملتصقين، لكلٍّ منهما معامل تمدُّد مختلف عن الآخر. ويبين الشكل (1-100) أجزاء المرحل الحراري.




الشكل (1-100): أجزاء المرحل الحراري.

**3. المرحلات الإلكترونية (Solid State Relay):** من مزايا هذا المرحل عدم وجود ملامسات؛ ما يطيل عمره التشغيلي، فهو أطول عمرًا من المرحلات العادية، وأكثر أمنًا بسبب عدم صدور شرر في أثناء عمليتي التشغيل والإغلاق. ويبين الشكل (1-101) مرحلًا إلكترونيًّا، وكيفية توصيله.




الشكل (1-101): مرحل إلكتروني، وكيفية توصيله.

**نشاط (1-6)**

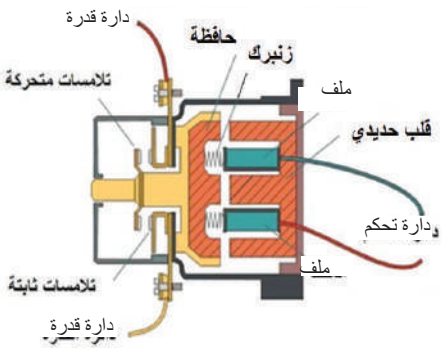
أحضِر من المشغل مرحلًا ذا غطاء شفاف، ثم تعرَّف أجزاءه بمساعدة المعلم.

## 2- أنواع عناصر التحكم الكهربائية:

تُصنَّف عناصر التحكم الكهربائية إلى نوعين:

### أ - المفاتيح الكهربائية اليدوية (Electrical Switches):

تُستخدَم المفاتيح الكهربائية لوصل الدارات الكهربائية وفصلها عن طريق تلامسات خاصة، وفصل الحمل عن مصدر الكهرباء بسهولة.




الشكل (1-102): تركيب المفتاح التلامسي.

تُصنَّف المفاتيح الكهربائية إلى الأنواع الآتية:

**1. المفاتيح التلامسية:** مفاتيح تحتوي على ملامسات رئيسة، مفتوحة في وضعها الطبيعي، وهي تُستخدَم بوصفها مفاتيح رئيسة في معظم الأجهزة الكهربائية، وتتكوَّن من شفرة نحاسية أو أكثر، انظر الشكل (1-102).

توجد أنواع عِدَّة من هذه المفاتيح تبعًا لعدد الأقطاب (Pole)، وعدد الرميات (Throw) للمفتاح، ويعني القطب عدد الملامسات للدارة الكهربائية المتصلة بالمفتاح، والرمية هي واحدة من وضعين أو أكثر يمكن للمفتاح أن يوصلها أو يفصلها، ومنها: المفتاح أحادي القطب وأحادي الرمية، والمفتاح أحادي القطب وثنائي الرمية، والمفتاح ثنائي القطب وأحادي الرمية، والمفتاح ثنائي القطب وثنائي الرمية.

### 2. المفاتيح الدوّارة:

تدار هذه المفاتيح عن طريق ذراع خارجية بحركة دائرية، وتتضمن عددًا كبيرًا من الأوضاع والأطراف، انظر الشكل (1-103).

الشكل (1-103): مفتاح دوّار.

**فكّر**

كيف يُفحَص المفتاح المفرد، ويُتأكَّد من صلاحيته باستخدام المفك الفاحص بوجود كهرباء، أو باستخدام جهاز الأفوميتر من دون وجود كهرباء؟

### 3. مفاتيح الزر الانضغاطي (Push Button Switch):

تُستخدَم هذه المفاتيح لتشغيل الدارات الكهربائية أو إغلاقها بالضغط على زر التشغيل أو زر الإغلاق، وتكون هذه المفاتيح في تلامس دائم، أو تلامس لحظي، انظر الشكل (1-104).

الشكل (1-104): أشكال مفاتيح الزر الانضغاطي.

### 4. المفاتيح المايكروية الآلية (Micro Switch):

مفاتيح صغيرة تُستخدَم بوصفها مفاتيح كهربائية لإيصال التيار الكهربائي إلى الأجزاء الميكانيكية، وهي تُستخدَم كثيرًا في الأجهزة المكتبية، وتمتاز بصغرحجمها نسبيًّا، انظر الشكل (105-1).

الشكل (105-1): أنواع المفاتيح المايكروية.

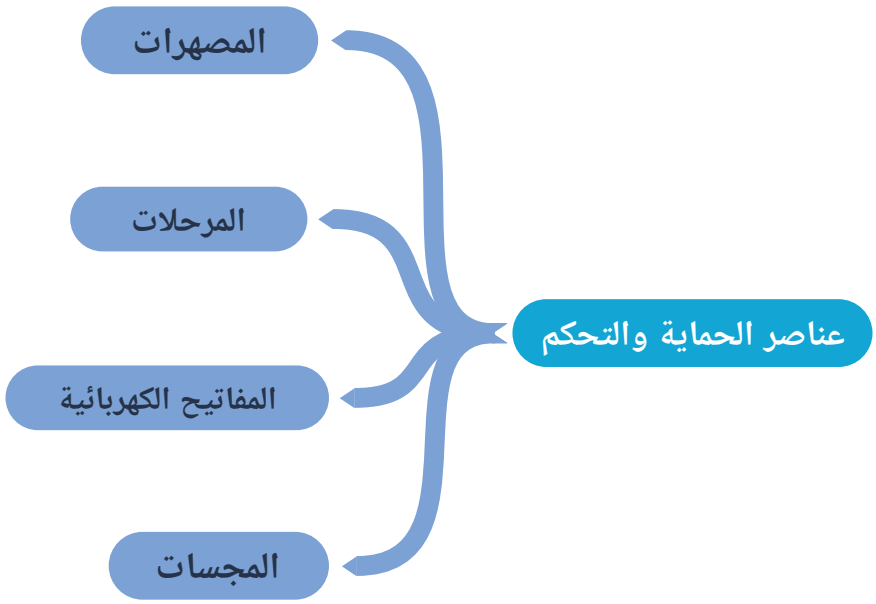
### ب- المجسات (الحساسات) (Sensors):

المجس هو عنصر فعال داخل الأجهزة، ووظيفته استشعار الكميات الفيزيائية وتحويلها إلى كميات كهربائية، مثل: الحرارة، والضغط، والسرعة، والحركة، والضوء، والصوت. تستخدم المجسات في معظم الأجهزة الإلكترونية، ويبين الشكل (106-1) بعض أشكالها.

الشكل (106-1): بعض أنواع المجسات.

من أنواع المجسات: المجس الحراري، ومجس الثيرمستور، ومجس المقاومة الكاشفة للحرارة، والمجس الحثي، والمجس الضوئي.

- ابحث أنت وزملاؤك في شبكة الإنترنت عن خصائص المصهرات، ثم اعرض ما تتوصَّل إليه على المعلم.

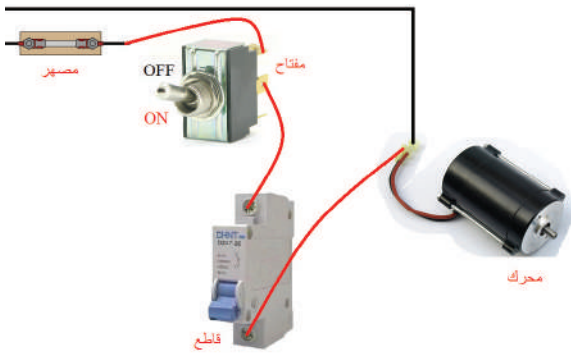

عناصر الحماية والتحكم
المصهرات
المرحلات
المفاتيح الكهربائية
المجسات

## التمرين الأول: عناصر الحماية

### نتاجات التمرين

يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

يبني دارة كهربائية تحتوي على مفتاح، ومصهر، وقاطع.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- مصهر (10A/(240V.<br>2- قاطع (10A/(240V.<br>3- مفتاح توصيل.<br>4- أسلاك توصيل.<br>5- لحام قصدير. | 1- كاوي لحام.<br>2- محرك تيار متناوب. |
| **خطوات العمل** | **الرسوم التوضيحية** |
| 1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).<br>2- صِلِ الدارة بمصدر الفولتية المتناوبة، ثم اضبط المفتاح على الوضع (ON).<br>3- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها. |  <br>الشكل (1). |

**فكِّر**

1- ما الفرق بين عمل المصهر وعمل القاطع؟

2- أيهما أسرع في فصل الدارة الكهربائية (في حالة حدوث عطل): المصهر أم القاطع؟

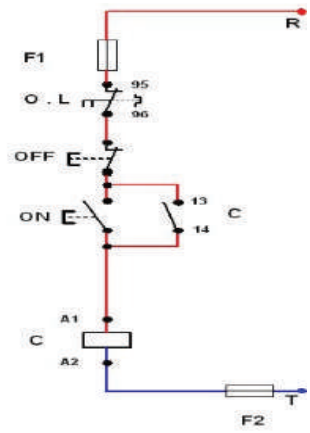
## التمرين الثاني: تشغيل محرك باستخدام مفتاح مغناطيسي

### نتاجات التمرين

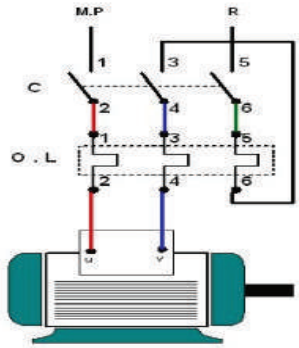
يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:
يوصل دارة التحكم والتشغيل للمحرك.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- مصهر (10A/(240V.<br>2- مفتاح مغناطيسي.<br>3- أسلاك توصيل.<br>4- لحام قصدير.<br>5- ضواغط تشغيل وإيقاف. | 1- كاوي لحام (30-40) واط.<br>2- محرك تيار متناوب. |
| **الرسوم التوضيحية** | |

دارة التحكم




دارة القوى




الشكل (1).

| خطوات العمل |
| --- |
| 1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).<br>2- صِلِ الدارة بمصدر الفولتية المتناوبة.<br>3- اضغط على مفتاح التشغيل، ولاحِظ دوران المحرك.<br>4- اضغط على مفتاح الإيقاف، ولاحِظ توقف المحرك.<br>5- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها. |

**فكِّر**

1- لماذا لا تتساوى السرعة الحقيقية لعضو الدوران مع سرعة القوى المغناطيسية؟

2- إذا انصهر المصهر في دارة الحماية للمحرك، فما شروط تبديل المصهر؟

**التقويم الذاتي**

**يمكنني بعد دراسة هذه الوحدة أن:**

| الرقم | مؤشر الأداء | التقدير | | |
|---|---|---|---|---|
| | | ممتاز | جيد | بحاجة إلى تحسين |
| 1 | أستخدم العُدَد اليدوية. | | | |
| 2 | أُعرّي الأسلاك الكهربائية، وألحمها. | | | |
| 3 | أستخدم جهاز الأفوميتر لقياس الكميات الكهربائية. | | | |
| 4 | أتعرف قيمة المقاومة بدلالة الألوان. | | | |
| 5 | أُميِّز المقاومات الكهربائية. | | | |
| 6 | أقيس الفولتية المستمرة والتيار المستمر. | | | |
| 7 | أتحقق من قانون أوم عمليًّا. | | | |
| 8 | أحسب القدرة والطاقة الكهربائية. | | | |
| 9 | أتحقق من قانون القدرة والطاقة. | | | |
| 10 | أتحقق من قانوني كيرشوف عمليًّا. | | | |
| 11 | أوصل البطاريات. | | | |
| 12 | أوصل المقاومات. | | | |
| 13 | أفحص المقاومات الكهربائية. | | | |
| 14 | أُميِّز المواسعات بعضها من بعض. | | | |
| 15 | أوصل المواسعات. | | | |

| الرقم | مؤشر الأداء | التقدير | | |
|---|---|---|---|---|
| | | ممتاز | جيد | بحاجة إلى تحسين |
| 16 | أفحص المواسعات. | | | |
| 17 | أشحن المواسعات، وأُفرِّغها. | | | |
| 18 | أستخدم جهاز راسم الإشارة الكهربائية. | | | |
| 19 | أستخدم جهاز مولد الإشارة. | | | |
| 20 | أقيس الفولتية المتناوبة، والتيار المتناوب. | | | |
| 21 | أقيس القيمة العظمى للفولتية، والقيمة الفعالة، والتردد. | | | |
| 22 | أتعرف أشكال الموجات. | | | |
| 23 | أُميِّز الملفات بعضها من بعض. | | | |
| 24 | أوصل الملفات. | | | |
| 25 | أفحص الملفات. | | | |
| 26 | أُميِّز أنواع المحولات بعضها من بعض. | | | |
| 27 | أفحص المحولات. | | | |
| 28 | أُجري القياسات على المحول الكهربائي. | | | |
| 29 | أُميِّز أنواع المحركات بعضها من بعض. | | | |
| 30 | أتعرف عناصر الحماية. | | | |
| 31 | أبني دارة تحكم في سرعة محرك. | | | |

# أسئلة الوحدة

1 - اختر رمز الإجابة الصحيحة لكلٍّ مما يأتي:

(1) شحنة البروتونات:

أ- موجبة. ب- سالبة. جـ - متعادلة. د- تعتمد على نوع المادة.

(2) من المواد العازلة:

أ- النحاس. ب- الجرمانيوم. جـ - الفضة. د- البكاليت.

(3) وحدة قياس التيار الكهربائي:

أ- الأمبير. ب- الفولت. جـ - الأوم. د- الفاراد.

(4) تقاس المقاومة النوعية بوحدة:

أ- أوم.م $^{2}$. ب- أوم. م. جـ - أوم /م$^{2}$. د- أوم.

(5) الميكروفاراد يساوي:

أ- ($10^{-3}$) فاراد. ب- ($10^{-9}$) فاراد. جـ- ($10^{6}$) فاراد. د- ($10^{-6}$) فاراد.

(6) تبلغ المفاعلة السعوية قيمة ما لا نهاية ($\infty$) في حالة التيار:

أ - ذي التردد المتوسط. ب - ذي التردد العالي جدًّا.

جـ - ذي التردد العالي. د - المباشر (المستمر).

(7) تتناسب قيمة الممانعة السعوية ($X_C$) مع التردد (f) تناسبًا:

أ- عكسيًّا. ب- طرديًّا. جـ - لا علاقة بينهما. د- لا تتأثر الممانعة السعوية بالتردد.

(8) الملي هنري يساوي:

أ- ($10^{3}$) هنري. ب- ($10^{-3}$) هنري. جـ - ($10^{6}$) هنري. د- ($10^{-6}$) هنري.

(9) الزمن الدوري (بالثانية) لإشارة كهربائية ترددها ($10^{3}$) هيرتز هو:

أ- 0.001 ب- 0.01 جـ - 0.1 د- 1

(10) إذا كانت القيمة العظمى لفولتية مصدر كهربائي (10) فولت، فإن القيمة الفعالة لها (بالفولت) هي:

أ- 1.414 ب - (5) جـ -(6.37) د- (7.07)

(11) تتناسب قيمة الممانعة الحثية ($X_L$) مع التردد (f) تناسبًا:

أ- عكسيًّا. ب- طرديًّا. جـ - لا علاقة بينهما. د- لا تتأثر الممانعة الحثية بالتردد.



منهاجي
منصة التعليم الهادف

(12) يحدث الرنين في دارة الرنين عندما تكون:

أ - $(X_L) < (X_C)$.  ب - $(X_L) > (X_C)$.

جـ - $(X_L) = (X_C)$.  د - $(X_L) + (X_C) = (R)$.

(13) محول خافض للفولتية (110/220)، إذا كان عدد لفات ملفه الابتدائي (600)، فإن عدد لفات ملفه الثانوي (لفة):

أ- (600).  ب - (1200).  جـ - (300).  د - (110).

(14) يمكن حماية ملفات المحرك من الحرارة الزائدة باستخدام:

أ - أداة لمراقبة الحرارة.  ب - مرحل زمني.

جـ - مرحل حراري.  د - مصهر حماية.

(15) تستخدم المفاتيح التلامسية لـ:

أ - حماية الدارة الكهربائية من تيار الحمل المفرط.

ب- حماية الدارة الكهربائية من تيار القصر الكهربائي.

جـ- حماية الدارة الكهربائية من هبوط فولتية التغذية.

د- وصل الدارة الكهربائية وفصلها.

2 - بناءً على دراستك موضوع التركيب الذَّرِّي، أجب عمّا يأتي:

أ - اذكر المكونات الرئيسة للذَّرَّة، وحدِّد شحنة كلٍّ منها.

ب - تقسم المواد في الطبيعة من حيث موصليتها للكهرباء إلى ثلاثة أقسام، اذكرها.

جـ - تُصنَّف المقاومات بحسب قيمتها إلى نوعين، اذكرهما.

3 - بناءً على دراستك موضوع المقاومة الكهربائية، أجب عمّا يأتي:

أ - ما أهم العوامل التي تعتمد عليها مقاومة الموصل؟

ب - بيِّن مدى تأثير درجة الحرارة في قيمة المقاومة الكهربائية.



منهاجي
متعة التعليم الهادف

4 - بناءً على دراستك موضوع المواسعات الكهربائية، أجب عمّا يأتي:

أ - اذكر أهم استخدامات المواسعات الكهربائية.

ب- ما العوامل التي تعتمد عليها سعة مواسع كهربائي؟

جـ- وضِّح الخطر الناتج من المواسع المشحون.

5 - ضع إشارة (√) بجانب العبارة الصحيحة، وإشارة (X) بجانب العبارة غير الصحيحة في ما يأتي:

أ - زيادة عدد لفات الملف مع ثبات طول الملف يدل على ارتفاع حثيته. ( )

ب- عند توصيل الملفات على التوازي تزيد الحثية. ( )

جـ - أجهزة قياس الفولتية التماثلية تقيس القيمة العظمى للفولتية. ( )

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

هـ -عند توصيل ملفات مختلفة القيم على التوازي، فإن الفولتية تكون متساوية على جميع الملفات. ( )

و - وحدة قياس الحث هي التسلا. ( )

6 - عرِّف كلًّا ممّا يأتي:

أ - التيار الكهربائي.

ب - المقاومة الكهربائية.

جـ- الفولتية الكهربائية.

د - القدرة.

7 - علِّل ما يأتي:

أ - لحظة فتح الدارة الكهربائية في دارة مقاومة وملف، فإن التيار لا يصل لحظيًّا إلى الصفر.

ب- تُستخدَم أسلاك نحاسية سميكة (إن كان ذلك ممكنًا) في صناعة ملفات المحول.

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

د - في دارة الرنين على التوالي، وعند تردد الرنين، يكون التيار أعلى ما يمكن.

8 - ما وظيفة كلٍّ من العناصر الآتية في الدارة الكهربائية:

أ - المصهر (Fuses).

ب - المرحلات (Relay).

جـ- المفاتيح الميكروية (Micro Switch).

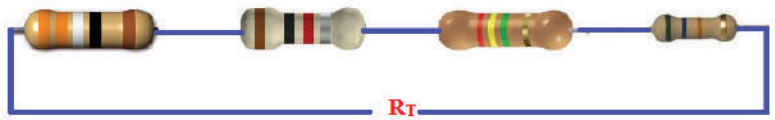
د - المجسات (Sensors).

9 - بيِّن بالرسم مكونات الدارة الكهربائية.

10 - احسب قيم المقاومات المبينة في الشكل (1-107) بدلالة الألوان.

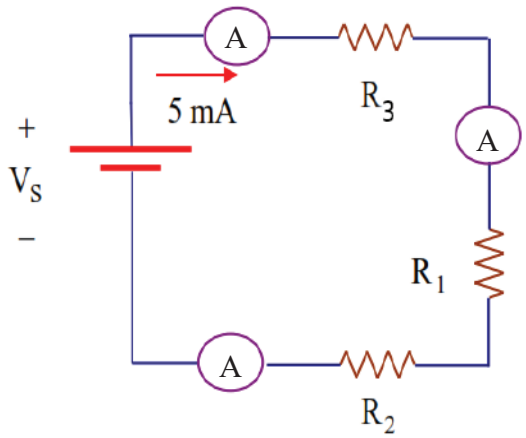
الشكل (1-107).

11 - احسب المقاومة الكلية في الشكل (1-108).



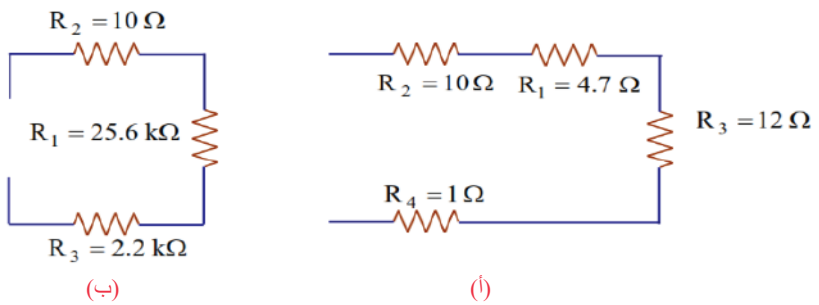

الشكل (1-108).

12 - في الشكل (1-109)، إذا كانت قيمة التيار الناتج من مصدر الفولتية (5 m A)، فما مقدار التيار الذي تشير إليه كلٌّ من أجهزة الأميتر في الدارة؟




الشكل (1-109).

13 - احسب المقاومة الكلية لكلٍّ من الدارات في الشكل (1-110).

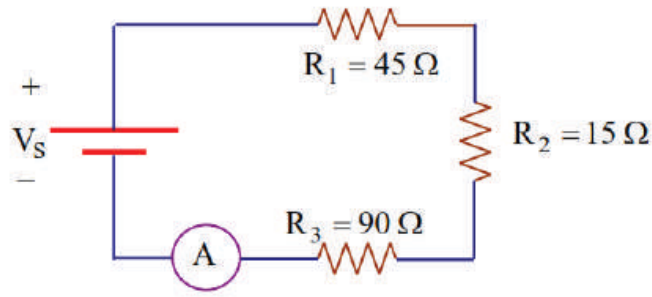



الشكل (1-110).



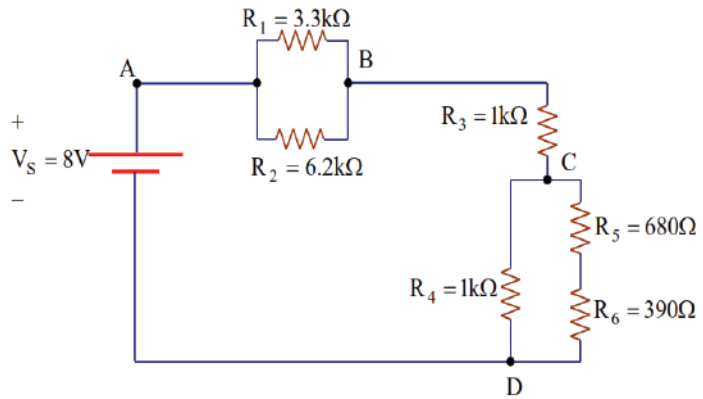
منهاجي
متعة التعليم الهادف

14 - في الشكل، (1-111) إذا كانت قراءة الأميتر mA (100)، فما قيمة هبوط الفولتية على كل مقاومة في الدارة؟




الشكل (1-111).

15 - في الشكل (1-112)، ما قيمة التيار المار بكل مقاومة، وقيمة الفولتية بين أطرافها؟



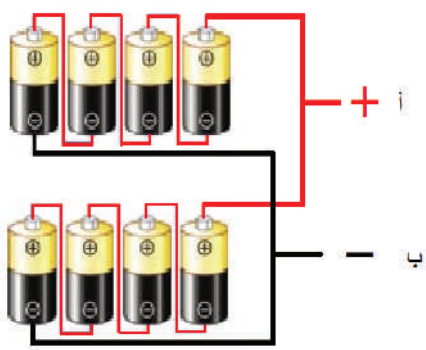

الشكل (1-112).

16 -

أ - اذكر أنواع المواسعات بحسب التركيب.

ب- لماذا يوصل مواسع سيراميك على التوازي في اللوحة الداخلية لجهاز الهاتف بين طرفي مدخل الخط الهاتفي؟

17 - في الشكل (1-113)، ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية بين النقطتين (أ) و (ب)؟ ما مقدار التيار الذي يمكن سحبه إذا كانت القوة الدافعة الكهربائية لكل بطارية V (1.5)، وتيار كل بطارية mA (200)؟




الشكل (1-113).

18 - بناءً على دراستك موضوع التيار المتناوب، وضِّح المقصود بكلٍّ ممّا يأتي:

أ - التردد (f).

ب - القيمة العظمى للموجة ($V_{max}$).

جـ - القيمة المتوسطة ($V_{avg}$).

19 - عند قياس الفولتية في المشغل، أشار جهاز الفولتميتر إلى V (230)، أي قيم الفولتية تُمثِّل هذه القيمة؟ احسب منها القيم الأخرى للفولتية.

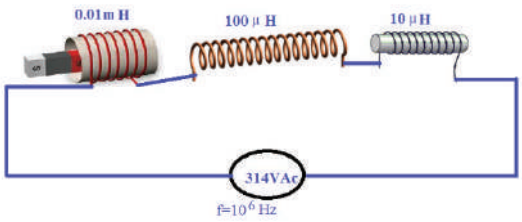
20 - اشرح تركيب المحرك الكهربائي، ومبدأ عمله.

21 - في الشكل (1-114)، احسب كلًّا ممّا يأتي:

أ - الحث الكلي للدارة.

ب - المفاعلة الحثية لكلٍّ من الملفات، والمفاعلة الحثية

جـ - القيمة العظمى لتيار الدارة.




الشكل (1-114).

22 - محول كهربائي موصول بدارة كهربائية. إذا كان عدد لفات الملف الثانوي للمحول (100) لفة، وعدد لفات ملفه الابتدائي (1000) لفة، وفولتية ملفه الابتدائي (220) فولت، وتياره الابتدائي (0.1) أمبير، فجد ما يأتي:

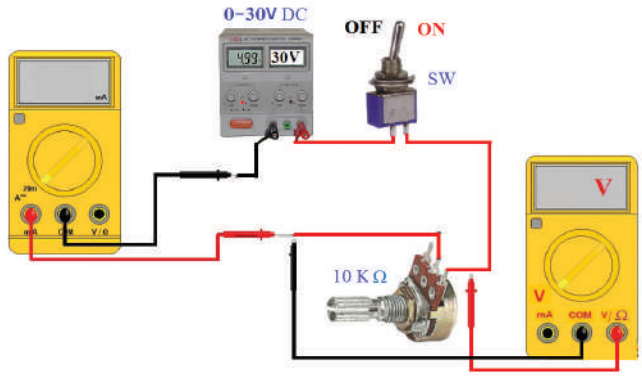
أ - فولتية ملفه الثانوي.

ب- تيار ملفه الثانوي.

جـ - قدرة المحول.

23 - اذكر أنواع المحركات الكهربائية.

24 - في الشكل (1-115)، ما قراءة كلٍّ من الفولتميتر والأميتر إذا كان مصدر الفولتية (30VDC)، والمقاومة المتغيرة مضبوطة على (5KΩ)؟




الشكل (1-115).

25 - املأ الفراغ بما هو مناسب في الجمل الآتية:

أ - يتكوَّن المواسع في أبسط أشكاله من ..... .

ب - وحدة قياس السعة هي ..... .

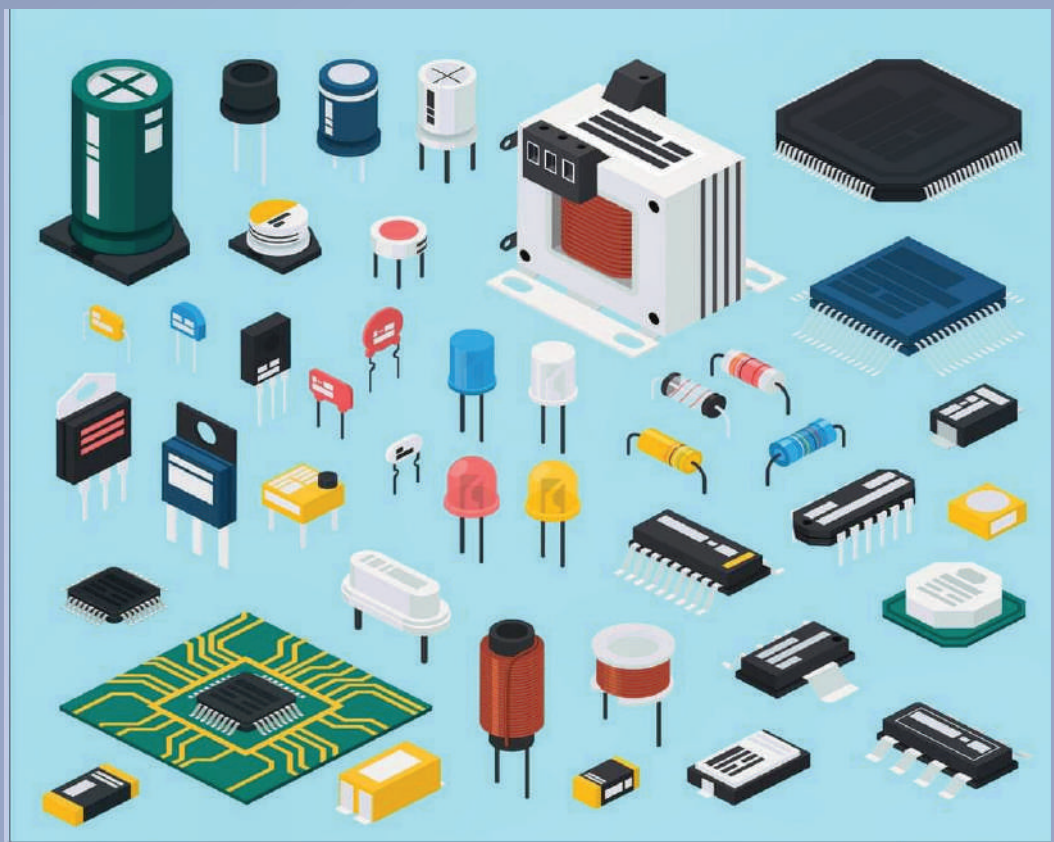
جـ - الثابت الزمني لتفريغ المواسع هو ..... .

د - من استخدامات المواسعات التنعيم، وهذا يعني ..... .

26 - احسب السعة الكلية الناتجة من وصل مواسعين، سعتهما (12) ميكروفاراد، و(4) ميكروفاراد، إذا وُصِلا على التوالي، وعلى التوازي.

# الوحدة الثانية

# أساسيات الإلكترونيات



- ما المقصود بالإلكترونيات؟
- كيف تطور علم الإلكترونيات؟

من الأهداف الرئيسة للتقدم التقني والعلمي، إنتاج الأجهزة الإلكترونية التي تعتمد في تصنيعها على الثنائيات والترانزستورات، وتُصنَع من أشباه الموصلات؛ إذ أسهمت بفاعلية في تقليص حجم الأجهزة الحديثة، وزيادة كفاءتها، وتقليل استهلاكها للطاقة.

بتطور الأجهزة الإلكترونية، أصبح استخدام الأجهزة الحديثة والمعدات الكهربائية أسهل وأكثر دقة؛ إذ يدخل في صناعتها الدارات المتكاملة التي لا يتعدّى حجمها عِدَّة مليمترات، وتُصنَع من الثنائيات والترانزستورات.

فما الثنائيات والترانزستورات؟ ما تركيبها؟ ما استخداماتها وتطبيقاتها؟ هذه الأسئلة وغيرها ستتمكَّن من الإجابة عنها بعد دراسة هذه الوحدة.

**يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:**

1- يتعرف تركيب الثنائي، وخصائصه.

2- يتعرف أنواع الثنائيات، واستخداماتها.

3- يتعرف دارات التقويم أحادية الطور ودارات التنعيم، ودارات تنظيم الفولتية.

4- يتعرف دارات مضاعف الفولتية.

5- يتعرف تركيب الترانزستورات، وأنواعها، واستخدام كلٍّ منها.

6- يتعرف طرائق توصيل الترانزستورات.

7- يتعرف طرائق انحياز الترانزستورات.

8- يتعرف أنواع الدارات المتكاملة التماثلية، واستخداماتها.

9- يحدد أطراف الثنائيات، ويفحص صلاحيتها باستخدام جهاز الأوميتر.

10- يبني دارات تقويم أحادية الطور (نصف موجة، وموجة كاملة) مع دارات الترشيح وتنظيم الفولتية.

11- يبني دارة منظم للفولتية تتضمن مقوم موجة كاملة، ومرشحًا من نوع (π).

12- يحدد أطراف الترانزستورات باستخدام كتيب البدائل.

13- يفحص صلاحية الترانزستورات باستخدام جهاز الأوميتر، وجهاز فحص الترانزستورات.

14- يبني دارة مضخم الباعث المشترك باستخدام الترانزستور ثنائي الوصلة.

15- يبني دارة مضخم القاعدة المشتركة باستخدام الترانزستور ثنائي الوصلة.

16- يبني دارة مضخم المجمع المشترك باستخدام الترانزستور ثنائي الوصلة.

17- يبني دارة مضخم مصدر مشترك باستخدام ترانزستور تأثير المجال.

18- يميز أطراف الدارات المتكاملة التماثلية، ويبين وظائفها باستخدام كتيب المكافئات.

19- يفحص الدارات المتكاملة التماثلية باستخدام أجهزة الفحص الخاصة.

20- يبني دارة فلاش ضوئي باستخدام الدارات المتكاملة.

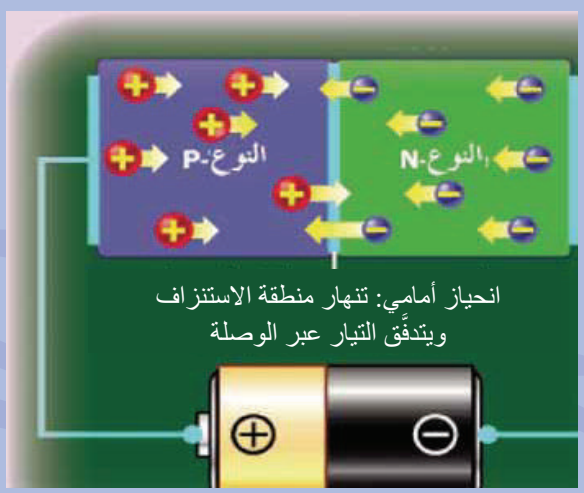
# أولًا: المواد شبه الموصلة

# (Semiconductor Materials)

## النتاجات الخاصة بالدرس

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذا الدرس أن:

- يتعرف التركيب الذري والتركيب البلوري للمواد شبه الموصلة.
- يتعرف تأثير التركيب الذري والتركيب البلوري في توصيل التيار الكهربائي.
- يتعرف طرائق زيادة الإلكترونات الحرة، أو الفجوات الموجبة، بإضافة الشوائب إلى المادة شبه الموصلة (التطعيم).
- يميز بين المواد شبه الموصلة الموجبة (p-type) والمواد شبه الموصلة السالبة (n-type) من حيث الخصائص.




انحياز أمامي: تنهار منطقة الاستنزاف ويتدفَّق التيار عبر الوصلة

انظر وتساءل

ماذا تلاحظ من الشكل؟ في خمسينيات القرن الماضي، كان جهاز الهاتف كبير الحجم، كالمبين في الشكل (2-1)، وكانت الأجهزة تعتمد في بناء دارتها على العناصر الكهربائية، وبعض العناصر الميكانيكية، وكانت تحتاج إلى توصيلات سلكية. وفي ظل التقدم الكبير في مجال صناعة العناصر الإلكترونية المُصنَّعة من المواد شبه الموصلة، صُنِعت أجهزة هواتف ذكية محمولة صغيرة الحجم.

الشكل (2-1): هاتف قرصي.

## استكشف

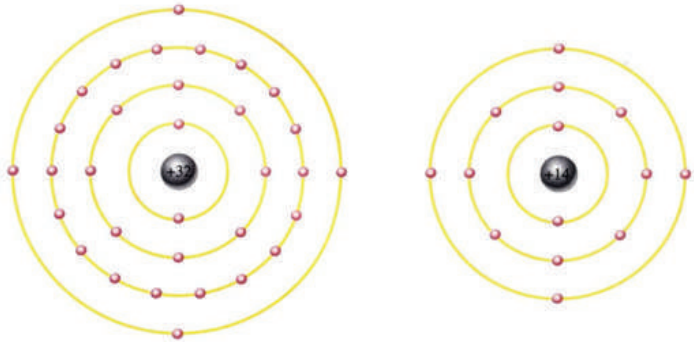
- كيف أسهمت المواد شبه الموصلة في التقدم التقني والعلمي في مجال تصنيع الأجهزة الإلكترونية؟
- تَستخدم الأجهزة الإلكترونية الحديثة عناصر إلكترونية مُصنَّعة من مواد شبه موصلة، فما أهم المواد التي أسهمت في صناعة العناصر الإلكترونية؟

## اقرأ وتعلَّم

**1- التركيب الذري لأشباه الموصلات:** درست سابقًا أن المواد تقسم إلى: موصلة، وشبه موصلة، وعازلة، وأن العناصر الإلكترونية الفعالة تُصنَع من مواد شبه موصلة، مثل: السيليكون (Si)، والجرمانيوم (Ge)، وهما أكثر العناصر استخدامًا في صناعة العناصر الإلكترونية (الثنائيات، والترانزستورات، والثايرستورات).

تتكوَّن ذرة السيليكون من نواة تحوي (14) بروتونًا، ويدور حولها (14) إلكترونًا، اثنان منها في المدار الأول، وثمانية منها في المدار الثاني، وأربعة في المدار الثالث، ويُطلَق على إلكترونات المدار الأخير الأربعة اسم إلكترونات التكافؤ (Valence Electrons)، انظر الشكل (2-2/أ). أمّا ذرة الجرمانيوم فتتكوَّن من نواة تحوي (32) بروتونًا، ويدور حولها (32) إلكترونًا، اثنان في المدار

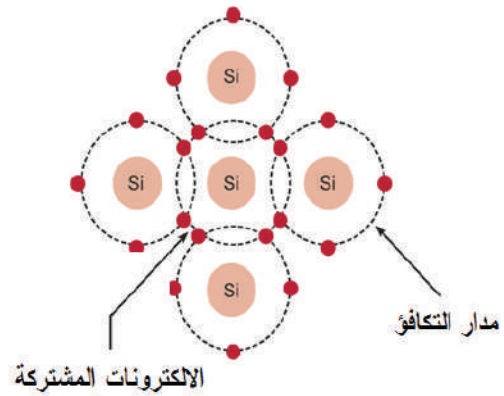
الأول، وثمانية في المدار الثاني، وثمانية عشر في المدار الثالث. أمّا المدار الرابع فيحوي أربعة إلكترونات فقط، انظر الشكل (2-2/ب) .



(أ) ذرة السيليكون. (ب) ذرة الجرمانيوم.

(2-2): تركيب ذرتي السيليكون والجرمانيوم.

إن وجود أربعة إلكترونات في المدار الأخير لكلٍّ من الجرمانيوم والسيليكون يجعل من الصعب على هاتين الذرتين منح (أو تقبُّل) إلكترونات لإكمال المستوى الأخير؛ لذا ترتبط ذرات العنصر معًا في ترتيب معين يسمى التركيب البلوري (Crystalline Structure)؛ لتكملة مدارها الأخير إلى (8) إلكترونات، انظر الشكل (2-3) الذي يبين التركيب البلوري لمادة السيليكون عند درجة الصفر المطلق (°273- س)،وتنشأ نتيجة لذلك روابط تشاركية (Covalent Bonds) بين الذرات، بحيث تتشارك كل ذرة مع أربع ذرات مجاورة؛ لكي تكمل عدد إلكترونات مدارها الأخير إلى ثمانية إلكترونات.

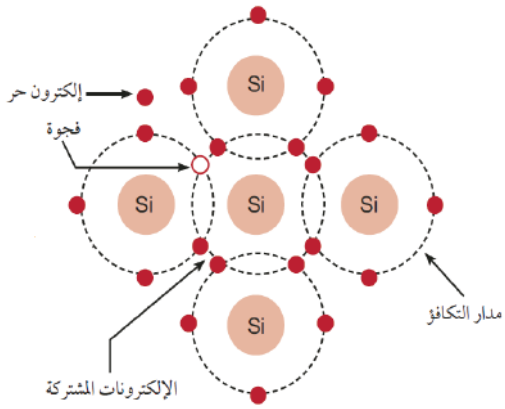



(2-3): التركيب البلوري لمادة السيليكون.

تظل الروابط التشاركية قائمة في بلورة المادة شبه الموصلة، ما لم تعطَ كمية كافية من الطاقة لإلكترونات التكافؤ، تُمكِّنها من التحرُّر من هذه الروابط، وتحطيم بعض الروابط بصورة طبيعية نتيجة درجة حرارة الجو العادي؛ ما يؤدي إلى تحرُّر عدد من الإلكترونات التي تسمى الإلكترونات الحرة (Free Electrons). وعندما يتحرَّر الإلكترون، فإنه يسبح في البلورة عشوائيًّا تاركًا مكانه فارغًا في

الرابطة. ولمّا كان الإلكترون سالب الشحنة كهربائيًّا، فإن غيابه يعني وجود شحنة موجبة مكافئة لشحنته، تسمى الفجوة (hole)، انظر الشكل (2-4).

تعد كلٌّ من الإلكترونات الحرة والفجوات حاملة للشحنات (Charge Carriers)؛ إذ ينتقل الإلكترون، وقد يسقط الإلكترون الحر على فجوة، مُسبِّبًا تعادلها، ومُخلِّفًا فجوة جديدة في مكان آخر. ويمكن القول إن الفجوة تنتقل هي الأخرى، فتعد بذلك حاملة للشحنة.




(2-4): تشكُّل الإلكترونات الحرة والفجوات في بلورة السيليكون.

عندما تكون مادتا الجرمانيوم والسيليكون نقيتين تمامًا، فإنهما تكونان عازلتين جيدتين للتيار الكهربائي في درجات الحرارة المنخفضة (الصفر المطلق)، وتزداد درجة توصليهما للتيار عند ارتفاع درجة الحرارة، أو عند إضافة الشوائب إليهما بسبب تكوُّن مزيد من حاملات الشحنة.

2- **إضافة الشوائب إلى المادة شبه الموصلة (التطعيم):** تمتاز المادة شبه الموصلة التي تكون في حالة النقاء الكامل بأنها عازلة للكهرباء عند درجة حرارة الصفر المطلق، ولكن في درجة حرارة الجو العادية، يمكن لبعض الإلكترونات كسر الترابط البلوري، والتحرك من ذرة إلى أخرى، ثم نقل التيار الكهربائي، ويكون عدد الإلكترونات التي تستطيع التحرُّر من ذراتها في الجرمانيوم قليلًا في درجة الحرارة العادية؛ لذا يجب تنشيط المادة شبة الموصلة، وزيادة عدد الإلكترونات الحرة فيها؛ لزيادة ناقليتها.

إن الطريقة المستعملة لتنشيط المادة شبة الموصلة هي إضافة شوائب معينة بنسب ضئيلة جدًّا؛ إذ ترتبط ذرات هذه الشوائب بذرات المادة شبه الموصلة، مُكوِّنة تشابكًا بلوريًّا جديدًا، وتُعرَف هذه الطريقة بالتطعيم (Doping).

## 3- كيفية إضافة الشوائب

### أ - الشوائب المانحة (Donors):

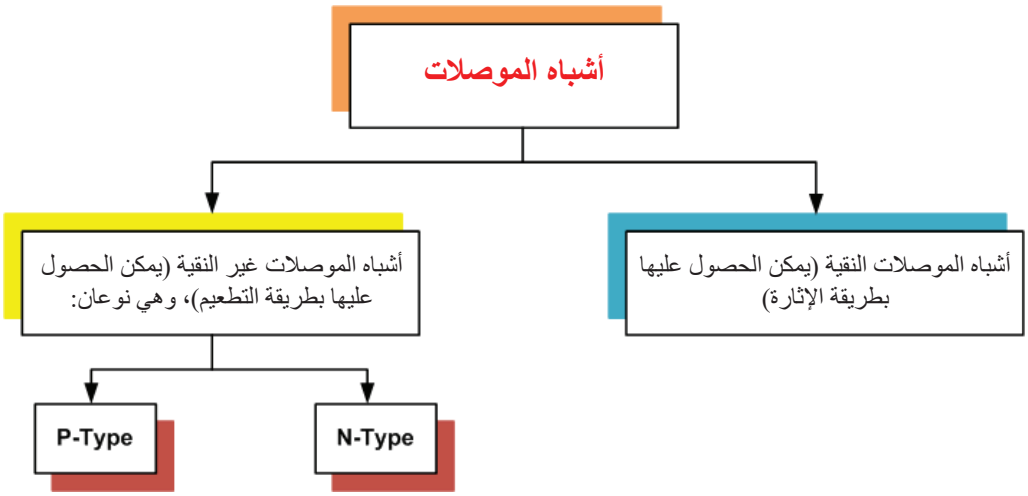
عند إضافة ذرة من أحد العناصر التي تحوي خمسة إلكترونات في مدارها الأخير (مثل: الفسفور، والزرنيخ) إلى مادة شبه موصلة، مثل إضافة ذرة من عنصر الزرنيخ إلى المادة شبه الموصلة (السيليكون)؛ فإن ذرة الزرنيخ تُكوِّن أربع روابط تشاركية مع أربع ذرات سيليكون مجاورة في البلورة، مُستخدِمة أربعة من إلكتروناتها الخمسة، في حين يبقى الإلكترون الخامس حرًّا؛ إذ يضاف هذا الإلكترون إلى مجموع الإلكترونات الناتجة من درجة الحرارة، فتكون المحصلة زيادة في

عدد الإلكترونات في البلورة. وفي المقابل، يظل عدد الفجوات ثابت القيمة، وغير مُتأثِّر بعملية إضافة الذرة الشائبة. ولأن عملية إضافة ذرة شائبة من أحد عناصر المجموعة الخامسة يؤدي إلى زيادة عدد الإلكترونات؛ فإن هذه العناصر تُعرَف بالمانحة، ويُطلَق على بلورة السيليكون اسم المطعمة من النوع السالب (n-type)، ولهذه البلورة المطعمة نوعان من حاملات الشحنة، هما: الإلكترونات، وهي أكثر عددًا، وتسمى حاملات الشحنة الأكثرية (Majority Charge Carriers)، والفجوات، وتسمى حاملات الشحنة الأقلية (Minority Charge Carriers).

**ب- الشوائب المتقبلة (Acceptors):**

عند إضافة ذرة من أحد العناصر التي تحوي ثلاثة إلكترونات في مدارها الأخير (مثل: الألومنيوم، والأنديوم) إلى المادة شبه الموصلة، مثل إضافة ذرة من عنصر الأنديوم إلى المادة شبة الموصلة (السيليكون)؛ فإن الذرة ثلاثية التكافؤ تُكوِّن ثلاث روابط تشاركية مكتملة مع ثلاث ذرات سيليكون مجاورة في البلورة، مستخدمة إلكتروناتها الثلاثة، في حين تبقى رابطة تشاركية غير مكتملة (فجوة)؛ إذ تضاف هذه الفجوة إلى مجموع الفجوات الناتجة من درجة الحرارة، فتكون المحصلة زيادة في عدد الفجوات في البلورة، ويظل عدد الإلكترونات ثابت القيمة، وغير مُتأثِّر بعملية إضافة الذرة الشائبة. ولأن عملية إضافة ذرة شائبة من أحد عناصر المجموعة الثالثة يؤدي إلى زيادة عدد الفجوات؛ فإن هذه العناصر تسمى الشوائب المتقبلة، ويُطلَق على بلورة السيليكون اسم المطعمة من نوع الموجب (p-type). وفي هذه الحالة، فإن حاملات أكثر الشحنات عددًا هي الفجوات، وتسمى حاملات الشحنة الأكثرية، أمّا الإلكترونات فتسمى حاملات الشحنة الأقلية.

- اكتب تقريرًا عن آلية التطعيم وإضافة الشوائب المتقبلة والمانحة، مُوضِّحًا ذلك بالصور.


أشباه الموصلات
أشباه الموصلات النقية (يمكن الحصول عليها بطريقة الإثارة)
أشباه الموصلات غير النقية (يمكن الحصول عليها بطريقة التطعيم)، وهي نوعان:
P-Type
N-Type

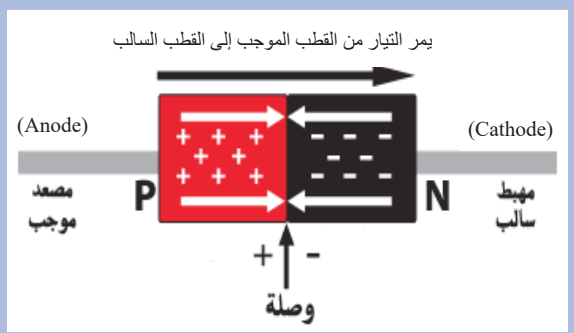
# ثانيًا: الوصلة الثنائية (P-N)

انظر وتساءل
استكشف
اقرأ وتعلَّم
الإثراء والتوسع
القياس والتقويم
الخريطة المفاهيمية

## النتاجات الخاصة بالدرس

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذا الدرس أن:

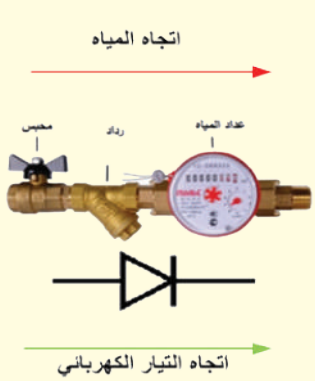
- يتعرف الوصلة الثنائية (p-n).
- يتعرف الثنائي شبه الموصل (Diode).
- يتعرف الانحياز الأمامي، والانحياز العكسي.
- يتعرف منحنى خصائص الثنائي.



**انظر وتساءل**

• ما الذي يُحدِّد مرور المياه في اتجاه واحد في الشكل (2-5)؟

تأمَّل الشكل المجاور، ماذا تلاحظ؟ تُستخدَم أداة تسمى الرداد، وتعمل على تحديد مرور المياه في اتجاه واحد، ولا تسمح بمروره في الاتجاه المعاكس، فما العنصر الذي يُمرِّر التيار قي اتجاه واحد؟




الشكل (2-5): اتجاه مرور المياه.

**استكشف**

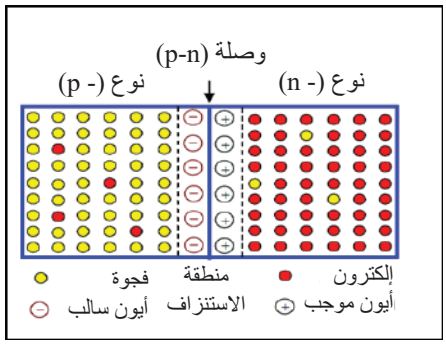
• لماذا يَلزم إمرار التيار الكهربائي في اتجاه واحد في الدارات الكهربائية؟

**اقرأ وتعلَّم**

في الدارات الكهربائية، يُستخدَم الثنائي المصنوع من المواد شبه الموصلة؛ لتحديد اتجاه سريان التيار في الدارات الكهربائية والإلكترونية في اتجاه واحد. يتكوَّن الثنائي شبه الموصل من وصلة ثنائية مكونة من شريحتين؛ إحداهما من النوع الموجب (p)، وغنية بالفجوات، ويوجد فيها عدد قليل من الإلكترونات، والأخرى من النوع السالب (n) وغنية بالإلكترونات، ويوجد فيها عدد قليل من الفجوات.

يُوضِّح الشكل (2-6) توزيع الشحنات في الوصلة الثنائية، وفيها تكون غالبية الشحنات (حاملات التيار) في الجزء الأيمن الذي يحتوي على مادة من نوع (n) هي الإلكترونات، وتُمثِّل الفجوات أقلية في هذا الجزء، في حين تكون غالبية الشحنات في الجزء الأيسر الذي يحوي مادة من نوع (p) هي الفجوات (Holes)، وتُمثِّل الإلكترونات أقلية في هذا الجزء. عند الاتصال بين الشريحتين أول مرة، تتكوَّن منطقة بين الشريحتين، تدعى منطقة الاستنزاف، أو منطقة التماس، أو منطقة الانتقال (Depletion Region)، انظر الشكل (2-6)؛ نتيجة لانتقال الشحنات، ويكون سُمْك هذه المنطقة قليلًا جدًّا، ويعتمد على نسبة تركيز الشوائب على جانبيها، وتخلو هذه المنطقة من حاملات الشحنة الحرة، وتعد منطقة عازلة. ونتيجة لعبور الشحنات على جانبي منطقة الاستنزاف؛ تتركز الأيونات على جهتي سطح التلامس، فيتكوَّن مجال

كهربائي تزداد قيمته حتى تصل إلى حد يمنع عبور الشحنات من أي اتجاه إلى آخر، وتتكوَّن نتيجة لذلك فولتية تسمى فولتية الحاجز (Barrier Potential)، وتبلغ قيمة الفولتية نحو (0.3) فولت لوصلة الجرمانيوم، و(0.7) فولت لوصلة السيليكون عند درجة حرارة (20°) س.




(6-2): تركيب الوصلة الثنائية.

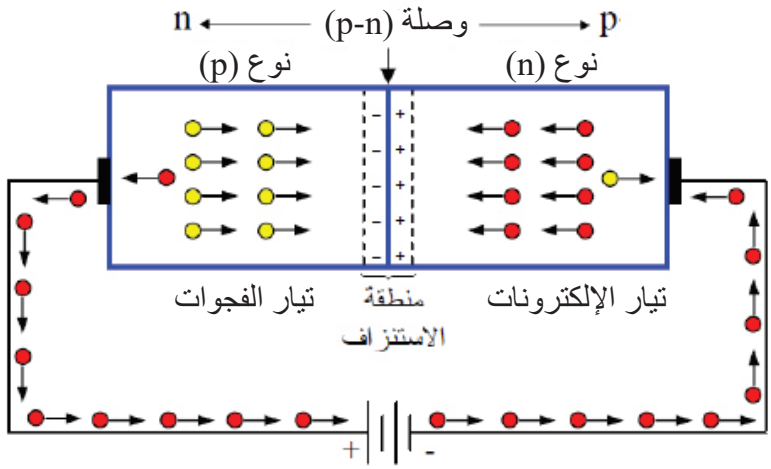
## 1- الثنائي شبه الموصل (Diode):

تسمى الوصلة الثنائية المذكورة سابقًا الثنائي (Diode)، ويُلاحَظ أن للثنائي طرفين: الأول متصل بالمادة من نوع (p)، ويُطلَق عليه اسم المصعد (Anode)، ويرمز إليه بالحرف (A)، والثاني متصل بالمادة من نوع (n)، ويُطلَق عليه اسم المهبط (Cathode)، ويرمز إليه بالرمز (K)، انظر الشكل (7-2). ويعد الثنائي الموصل من أبرز العناصر الفعالة في الدارات الإلكترونية؛ إذ يستخدم في كثير من التطبيقات المهمة، مثل دارات التقويم (Rectification)، وغيرها من الدارات الإلكترونية.

(7-2): تركيب الثنائي شبه الموصل، وشكله العملي، ورمزه.

**2- انحياز الثنائي:** يوجد نوعان من الانحياز للثنائي، هما: الانحياز الأمامي (Forward Bias)، وفيه تكون فولتية المنطقة (p) موجبة بالنسبة إلى المنطقة (n)، والانحياز العكسي (Reverse Bias)، وفيه تكون فولتية المنطقة (p) سالبة بالنسبة إلى المنطقة (n).

أ - **الانحياز الأمامي لوصلة الثنائي (Forward Bias):** عند توصيل الثنائي بمصدر للفولتية (البطارية)، يوصل القطب الموجب للبطارية بالمصعد (Anode)، ويوصل قطبها السالب بالمهبط (Cathode)، انظر الشكل (8-2).

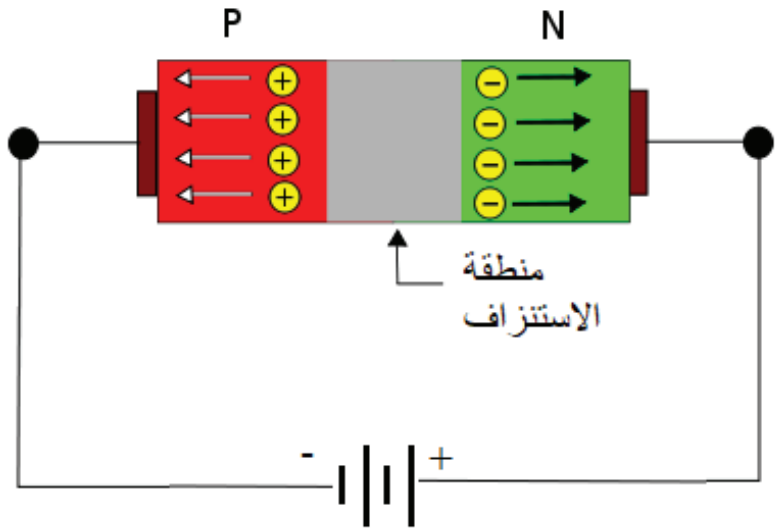



(2-8): تقلص حجم منطقة الاستنزاف في الثنائي.

يعمل القطب السالب للبطارية – بفعل تنافر الشحنات المتشابهة – على دفع الإلكترونات الموجودة في الشريحة السالبة إلى منطقة الاستنـزاف، وهي حاملة الشحنة الغالبية. أمّا قطبها الموجب فيعمل على دفع الفجوات، وهي حاملة الشحنة الغالبية في الشريحة الموجبة إلى منطقة الاستنزاف. يتغلَّب المجال الكهربائي الناتج من مصدر فولتية البطارية (V) على المجال الكهربائي الداخلي (e)؛ ما يؤدي إلى تضييق منطقة الاستنزاف، فتقل مقاومتها الأمامية (Forward Resistance) نتيجة زيادة الفولتية بين مصعد الثنائي ومهبطه. ونتيجة لمرور تيار كهربائي في هذه المقاومة؛ تهبط الفولتية، ويساوي هذا الهبوط فولتية الحاجز (Barrier Potential) للثنائي (0.3 فولت للجرمانيوم، و0.7 فولت للسيليكون) ويمر تيار عالٍ بالوصلة يسمى تيار الانحياز الأمامي (Forward Current)، وقد يُسبِّب هذا التيار تلف الثنائي؛ لذا توصل مقاومة على التوالي بالثنائي عند وصله في الاتجاه الأمامي؛ لتحديد قيمة التيار الذي سيمر بالثنائي، ولحمايته من زيادة التيار.

**ب- الانحياز العكسي لوصلة الثنائي (Reverse Bias):**

في هذه الحالة، يوصل القطب الموجب لمصدر الفولتية (البطارية) بالمهبط (K)، ويوصل القطب السالب بالمصعد (A)، انظر الشكل (2-9)، ويعمل القطب السالب للبطارية – بفعل تجاذب الشحنات المختلفة – على جذب الفجوات الموجودة في الشريحة الموجبة باتجاهه. أمّا قطبها الموجب فيعمل على جذب الإلكترونات في الشريحة السالبة باتجاهه؛ ونتيجة لذلك تبتعد الإلكترونات والفجوات عن منطقة الاستنزاف، فيزيد حجم هذه المنطقة بصورة كبيرة؛ ما يؤدي إلى زيادة مقاومة الثنائي، والسماح لتيار صغير جدًّا بالمرور خلال منطقة الاستنزاف، يسمى تيار التشبُّع العكسي، وذلك بفعل حاملات الشحنة الأقلية؛ فبالرغم من أن البلورة السالبة غنية بالإلكترونات، فإنها لا تخلو




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

من بعض الفجوات الأقلية؛ وكذلك البلورة الموجبة؛ فهي غنية بالفجوات، لكنها لا تخلو من بعض الإلكترونات الحرة القليلة. والانحياز العكسي الذي طُبِّق على الثنائي يعد انحيازًا أماميًّا بالنسبة إلى هذا العدد الضئيل جدًّا من الإلكترونات والفجوات الأقلية. وتُمرِّر هذه الإلكترونات والفجوات تيارًا كهربائيًّا ضعيفًا جدًّا يسمى تيار التشبُّع العكسي ($I_R$)، وهو لا يُعوِّق عمل الثنائي، بل يمكن عَدُّ الثنائي غير موصل في هذه الحالة.

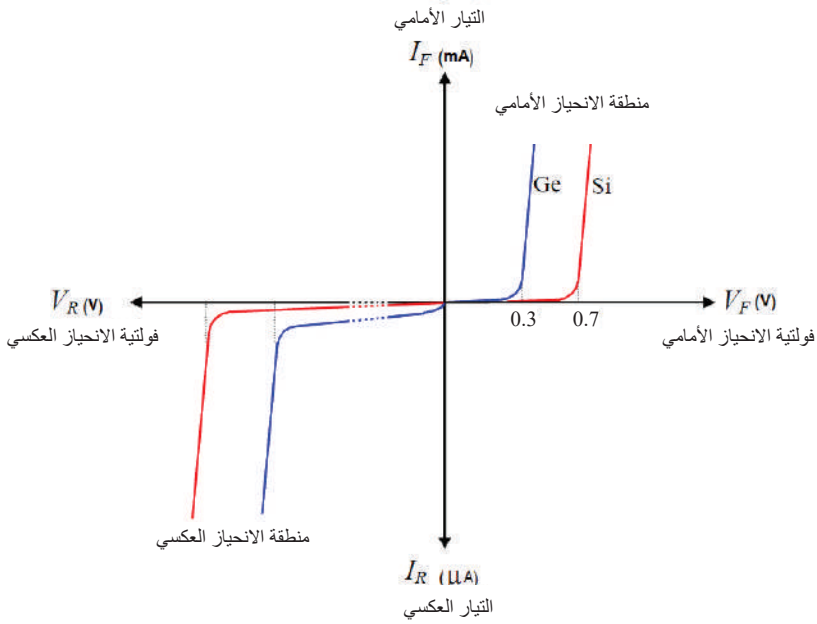
**فائدة**

يبلغ عدد الإلكترونات التي تستطيع التحرُّر من ذراتها في الجرمانيوم مثلًا نحو ($10^{+13}$) إلكترون في كل سم$^3$ من هذه المادة في درجة الحرارة العادية.

**فكِّر**

ما سبب مرور تيار التشبُّع العكسي في الثنائي؟

**3- منحنى خصائص الثنائي:** ما المقصود بمنحنى خصائص الثنائي؟ يُمثِّل منحنى خصائص الثنائي (Characteristic Curve) العلاقة بين التيار المار خلال الثنائي والفولتية المُطبَّقة عليه؛ سواء في حالة الانحياز الأمامي، أو في حالة الانحياز العكسي. ويبين الشكل (2-10) منحنى الخصائص لثنائي من السيليكون (Si)، وآخر من الجرمانيوم (Ge).




الشكل (2-10): منحنى خصائص الثنائي.

في ما يأتي بيان لما يحدث في كلتا المنطقتين:

- **منطقة الانحياز الأمامي:** في حالة التوصيل الأمامي، وبعد أن تتجاوز الفولتية المُطبَّقة على الثنائي فولتية القطع، ويمر خلال الثنائي تيار يسمى تيار الانحياز الأمامي ($I_F$).

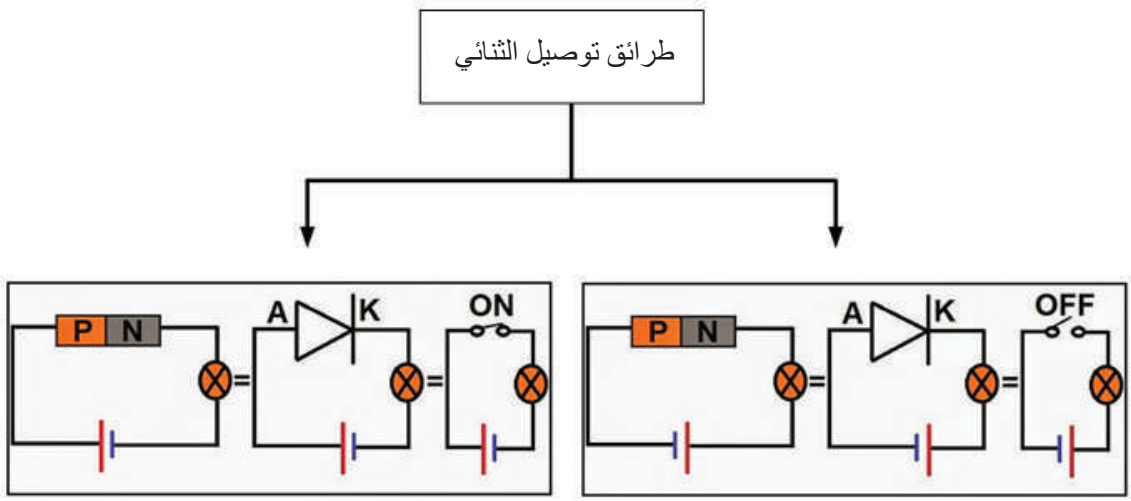
- **منطقة الانحياز العكسي:** يقتصر التيار المار خلال الثنائي على تيار صغير جدًّا يسمى تيار التشبُّع العكسي ($I_R$)، ولا يزداد هذا التيار كثيرًا عند زيادة الفولتية المُطبَّقة إلى أن تصل الفولتية إلى قيمة معينة، فيبدأ التيار بالتزايد سريعًا عندئذٍ حتى يصل إلى قيمة عالية من دون تغيُّر في الفولتية، وتسمى هذه الفولتية فولتية الانهيار (Breakdown Voltage: $V_{BR}$)؛ إذ يتلف الثنائي عند تعرُّضه لهذه الفولتية.

**تذكَّر**

فولتية الانهيار هي أقصى فولتية يمكن أن يتحملها الثنائي في حالة الانحياز العكسي قبل أن ينهار، ويبدأ بإمرار التيار الذي يؤدي إلى تلفه.

- ابحث في شبكة الإنترنت عن الوسائل المستخدمة في تنقية المواد شبه الموصلة، ثم ناقش زملاءك في ما تتوصَّل إليه من نتائج بإشراف المعلم.

## الخريطة المفاهيمية




انحياز أمامي.

انحياز عكسي.

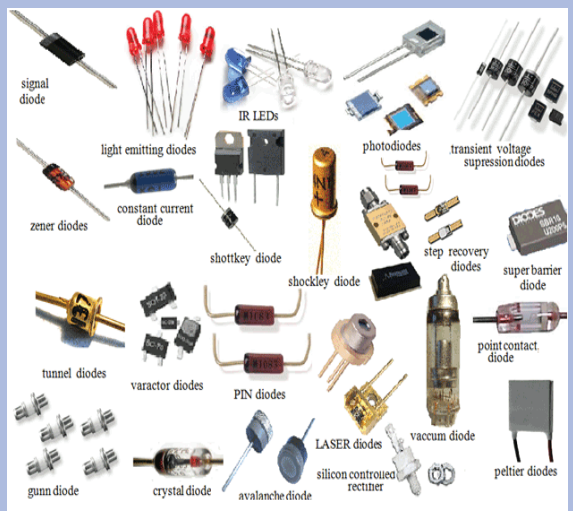
# ثالثًا: أنواع الثنائيات

## (Types of Diodes)

**النتاجات الخاصة بالدرس**

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذا الدرس أن:

- يتعرف أهم أنواع الثنائيات.
- يتعرف منحنى خصائص الثنائي زينر.
- يتعرف أهم المواصفات الفنية للثنائيات.
- يتعرف أهم تطبيقات الثنائيات.




انظر وتساءل

استكشف

اقرأ وتعلَّم

الإثراء والتوسع

القياس والتقويم

الخريطة المفاهيمية

**انظر وتساءل**

ما المواصفات التي يتعيَّن مراعاتها عند شراء أي مُنتَج؟ عندما تريد شراء هاتف محمول كالمبين في الشكل (2-11)، تراعى مجموعة من المُحدِّدات، أبرزها: النوع، والذاكرة، والحجم، والسعر.

الشكل (2-11): هواتف محمولة.

## استكشف

- ما المُحدِّدات التي يتعيَّن مراعاتها عند اختيار الثنائيات شبه الموصلة؟

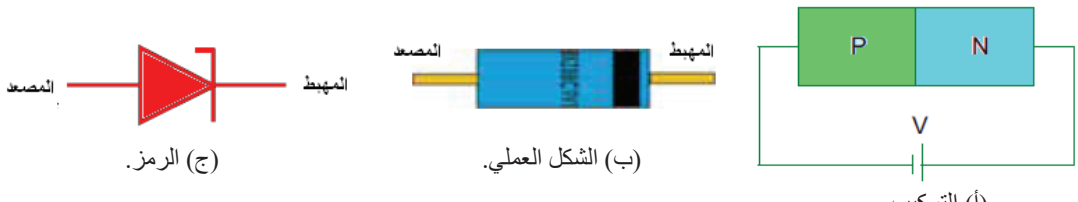
## اقرأ وتعلَّم

**1- أنواع الثنائيات:** قبل اختيار الثنائي شبه الموصل، يجب مراعاة المُحدِّدات الآتية: النوع، ومجال الاستخدام، والتيار، والفولتية. تُصنَع الثنائيات بأشكال مختلفة تبعًا لطرائق استخدامها، ويوجد لها تطبيقات عملية متنوعة، فما أهم هذه الأنواع؟ وما استخداماتها؟ وما أهم مواصفاتها الفنية؟

من أهم أنواع الثنائيات التي تُستخدَم في نظم الاتصالات:

أ - **الثنائيات العادية:** تُستخدَم هذه الثنائيات في معظم تطبيقات الدارات الإلكترونية والكهربائية، ومنها ثنائي الجرمانيوم الذي يستخدم في دارات مُحدِّدات الإشارة، وثنائي السيليكون الذي يستخدم في دارات التقويم (Rectification Circuits)، ويتوافر بقدرات منخفضة وعالية، ويتحمل فولتية عكسية عالية وقيمًا كبيرة من التيار الأمامي.

ب- **الثنائي زينر (Zener Diode):** يتكوَّن الثنائي زينر من وصلة (p-n) من مادة السيليكون التي يوجد فيها تركيز عالٍ من الشوائب، وهو يوصَل بالدارة في حالة الانحياز العكسي، انظر الشكل (12-2).

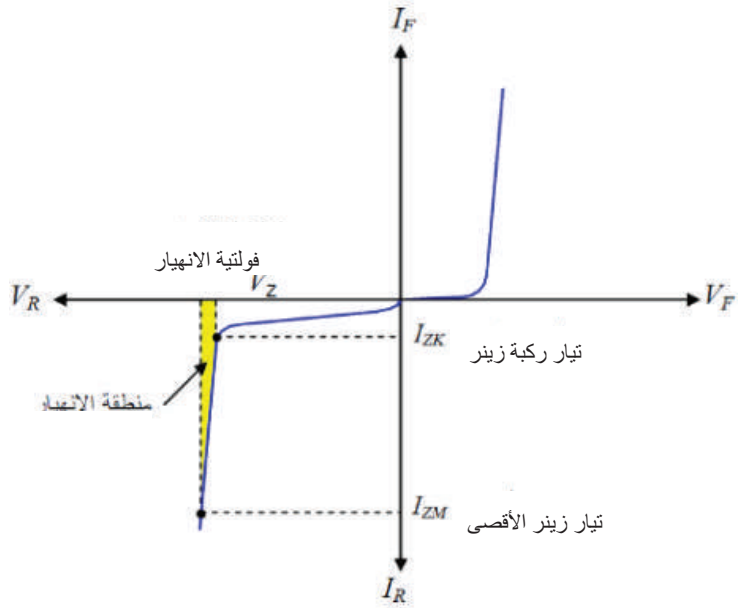



(أ) التركيب. (ب) الشكل العملي. (ج) الرمز.

(12-2): تركيب الثنائي زينر، ورمزه.

في حالة التوصيل الأمامي للثنائي، يعمل الثنائي زينر كالثنائي العادي، وتشبه خصائصه خصائص الثنائي العادي تمامًا. أمّا في حالة التوصيل العكسي للثنائي فإنه يعمل بداية كالثنائي العادي حتى يصل إلى فولتية الانهيار ($V_Z$)، ويحدث الانهيار بتأثير المجال، انظر الشكل (2-13) الذي يبين منحنى خصائص الثنائي زينر.

يحدث الانهيار عند زيادة الفولتية العكسية المُطبَّقة على الثنائي زينر، فتزداد شدة المجال الكهربائي الناتج في منطقة التماس؛ ما يؤدي إلى حدوث ظاهرة تمزُّق في الذرات، فتتحرَّر إلكترونات الارتباط، ويزداد التيار العكسي بنسبة كبيرة، فيتلف الثنائي إذا تجاوزت الفولتية الحد المسموح به. وبعد زوال الفولتية العكسية المُطبَّقة عليه، يعود الثنائي إلى حالته العادية.




الشكل (2-13): منحنى خصائص الثنائي زينر.

يستخدم الثنائي زينر في الدارات الإلكترونية لتنظيم الفولتية (Zener Voltage Regulator)؛ إذ تُستخدَم فولتية الانهيار العكسي لثنائي زينر بوصفها فولتية مرجعية في دارات تثبيت الفولتية.

**جـ - الثنائيات الضوئية (Photo Diode، Laser Diode، LED):**

هي نوع خاص من الثنائيات التي تُحوِّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية، وتُستعمَل في تطبيقات عِدَّة، أهمها: شاشات (LED)، ومصابيح (LED)، أو تُحوِّل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية، مثل الثنائي الضوئي.

**د- الثنائي السعوي (Varactor Diode):**

ثنائي له خصيصة المواسع، وعليه تتغير السعة بتغيُّر الفولتية، وهو يُستعمَل في أجهزة الاستقبال؛ إذ يساعد على ضبط الموجات.

**فائدة**

بالرغم من التغيُّرات في قيمة التيار العكسي، فإن فولتية الثنائي زينر تظل ثابتة.

## 2- أهم المواصفات الفنية للثنائيات:

**أ - أهم المواصفات الفنية للثنائي العادي التي يجب مراعاتها عند استبداله، أو اختياره في دارة إلكترونية:**

- التيار الأمامي ($I_F$): أقصى تيار يمكن أن يُمرِّره الثنائي في حالة الانحياز الأمامي من دون أن يتلف.
- الفولتية العكسية القصوى ($V_{RM}$): أقصى فولتية يمكن أن يتحمَّلها الثنائي في حالة الانحياز العكسي قبل أن ينهار الثنائي، ويبدأ بإمرار التيار الذي يؤدي إلى تلفه.

**ب- أهم المواصفات الفنية للثنائي زينر التي يجب مراعاتها عند استبداله، أو اختياره في دارة إلكترونية:**

- فولتية زينر ($V_Z$): قيمة الفولتية العكسية التي ينهار عندها الثنائي زينر، ويبدأ بإمرار التيار العكسي، وتظل هذه الفولتية ثابتة بالرغم من التغيُّرات في قيمة التيار العكسي.
- القدرة القصوى ($P_{ZM}$): أقصى قدرة يمكن أن يُبدِّدها الثنائي زينر في حالة الانحياز العكسي من دون أن يتلف.

## 3- أهم تطبيقات الثنائيات:

تُستخدَم الثنائيات في كثير من التطبيقات العملية في الدارات الإلكترونية. ومن أهم الدارات التي تُستخدَم فيها الثنائيات: دارات التقويم (Rectification Circuits)، ودارات تنظيم الفولتية (Voltage Regulators)، ودارات مضاعفات الفولتية (Voltage Multipliers)، ودارة التحديد (Clipper Circuit)، ودارة التثبيت (Clamper Circuit).

## 4- فحص الثنائيات:

يعتمد فحص الثنائي (العادي، وزينر) على مبدأ وصلة (p-n)، ومبدأي الانحياز الأمامي والانحياز العكسي للثنائي؛ إذ يمر التيار بالثنائي عند الانحياز الأمامي بسبب المقاومة الأمامية المنخفضة (فسِّر ذلك)، ولا يمر عند الانحياز العكسي حيث تكون المقاومة عالية جدًّا (فسِّر ذلك). يستفاد من وجود

بطارية داخل جهاز الأوميتر في فحص الثنائي في حالتي الانحياز الأمامي والانحياز العكسي، مع ملاحظة الفارق بين الجهازين في القطبية الداخلية للبطارية.

**تذكَّر**

قطبية أطراف جهاز القياس التماثلي (Analogue) هي عكس قطبية أطراف الجهاز الرقمي (DMM) عند قياس المقاومات، بحيث يُمثِّل الطرف الأسود في الجهاز التماثلي الموجب البطارية (+)، ويُمثِّل الطرف الأحمر السالب البطارية (-).

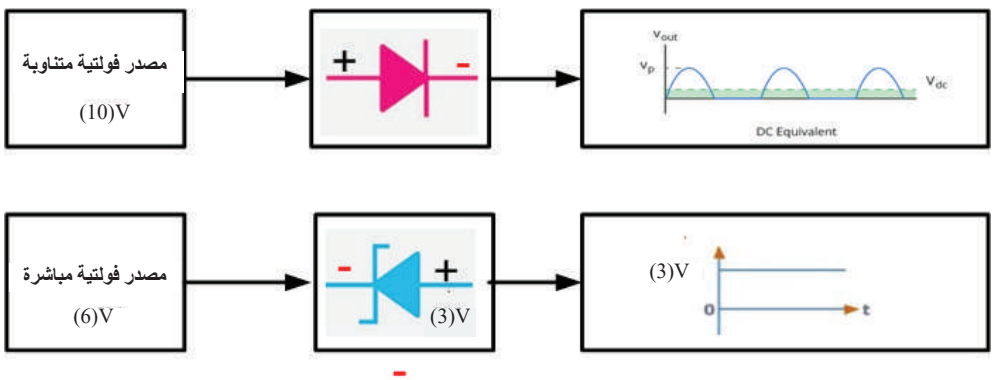
- ابحث في شبكة الإنترنت عن التركيب والوظيفة والرمز لكلٍّ من الثنائيات الآتية:

Snap Diode, Impatt Diode, Tunnel Diode, Gunn Diode, Constant Current Diode, ,Varactor Diode, Shockley Diode, Pin Diode,

ثم ناقش زملاءك في ما تتوصَّل إليه من نتائج بإشراف المعلم.

**الخريطة المفاهيمية**

**توصيل أهم أنواع الثنائيات**



## التمرين الأول: التمييز بين الأنواع المختلفة من الثنائيات

### نتاجات التمرين

يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

1- يتعرف الأشكال العملية للثنائيات.

2- يميز الثنائيات شبه الموصلة بعضها من بعض.

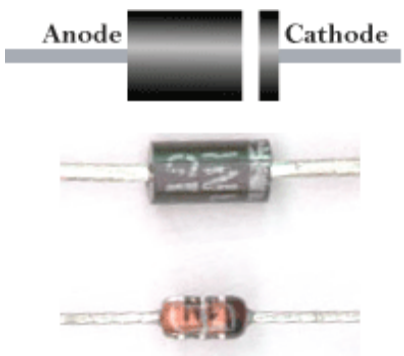
3- يحدد أطراف الثنائيات.

4- يستخدم كتيب مكافئات الثنائيات.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- ثنائيات عادية متنوعة الشكل والحجم.<br>2- ثنائيات زينر متنوعة الشكل والحجم.<br>3- ثنائيات ضوئية متنوعة الشكل والحجم.<br>4- ثنائيات باعثة للضوء متنوعة الحجم واللون.<br>5- ثنائيات سعوية متنوعة الشكل والحجم.<br>6- كتيب مكافئات الثنائيات حديث الإصدار. | |

**الرسوم التوضيحية**

الشكل (1).




الشكل (2).

**خطوات العمل**

1- افحص جسم الثنائي، وابحث عن الحلقة الفضية الموجودة عليه، فيكون الطرف المجاور لها هو المهبط، والطرف الآخر هو المصعد.

2- افحص مجموعة الثنائيات التي أمامك، وميِّز بينها من حيث النوع، والشكل، والحجم، والرموز الموجودة عليها كما في الشكل (1).

3- ميِّز المهبط من المصعد عن طريق العلامات والرموز المُثبَّتة عليها كما في الشكل (2).

4- بناءً على الثنائيات الموجودة بحوزتك، وباستخدام كتيب البدائل، دَوِّن النتائج التي تتوصَّل إليها في الجدول رقم (1) .

5- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها.

| رقم الثنائي | الرمز | النوع | المادة المصنوع منها | المواصفات | | | | الاستخدام | شكل الثنائي وتحديد الأطراف | البدائل |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | الفولتية | التيار | القدرة | التردد | | | |
| 1N4401 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

الجدول (1).

**فكِّر**

1- كيف يمكن تمييز الثنائي من المقاومة؟

2- ما العلاقة التي تربط حجم الثنائي بقدرته؟

3- فيمَ يستخدم الثنائي النفقي؟

**نتاجات التمرين**

يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

1- يحدد أطراف الثنائيات باستخدام جهاز متعدد القياس التماثلي، وجهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).

2- يفحص صلاحية الثنائيات باستخدام جهاز متعدد القياس التماثلي، وجهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- ثنائيات عادية متنوعة.<br>2- ثنائيات زينر متنوعة.<br>3- ثنائيات ضوئية متنوعة.<br>4- ثنائيات باعث للضوء متنوعة في اللون.<br>5- كتيب مكافئات الثنائيات حديث الإصدار. | 1- جهاز أفوميتر تماثلي (Analogue) متعدد التدرجات.<br>2- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM). |

**خطوات العمل**

**أولًا: فحص الثنائي باستخدام جهاز متعدد القياس التماثلي.**

1- افصل -على الأقل- أحد أطراف الثنائي المراد قياسه من الدارة (إن كان ضمن دارة إلكترونية).

2- اضبط جهاز القياس قبل إجراء عملية القياس (فسِّر كيف يكون ذلك).

3- اضبط جهاز متعدد القياس التماثلي على تدريج المقاومة (X10) كما في الشكل (1).

4- صِلِ الطرف الأسود الذي يُمثِّل القطب الموجب بالمصعد، ثم صِلِ الطرف الأحمر الذي يُمثِّل القطب السالب بالمهبط كما في الشكل (2)، ثم دَوِّن قيمة المقاومة الأمامية للثنائي في دفترك.

5- صِلِ الطرف الأسود الذي يُمثِّل القطب الموجب بالمهبط، ثم صِلِ الطرف الأحمر الذي يُمثِّل القطب السالب بالمصعد، كما في الشكل (3)، ثم دَوِّن قيمة المقاومة العكسية للثنائي في دفترك.

**خطوات العمل**

6- ميِّز المهبط من المصعد عن طريق القياس.

7- حدِّد الثنائيات الجيدة و الثنائيات المعطلة عن طريق القياس.

**ثانيًا: فحص الثنائي باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).**

1- اضبط الجهاز على وضع قياس المقاومة (Ω) كما في الشكل (4).

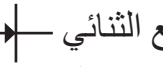
2- صِلِ الطرف الأسود الذي يُمثِّل القطب السالب بالمصعد، ثم صِلِ الطرف الأحمر الذي يُمثِّل القطب الموجب بالمهبط، كما في الشكل (5)، ثم دَوِّن قيمة المقاومة الأمامية للثنائي في دفترك.

3- صِلِ الطرف الأسود الذي يُمثِّل القطب السالب بالمهبط، ثم صِلِ الطرف الأحمر الذي يُمثِّل القطب الموجب بالمصعد، كما في الشكل (6)، ثم دَوِّن قيمة المقاومة العكسية للثنائي في دفترك.

4- حدِّد الثنائيات الجيدة والثنائيات المعطلة عن طريق القياس.

5- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها.

**ثالثًا: فحص الثنائي باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).**

1- اضبط الجهاز على وضع الثنائي  كما في الشكل (7).

2- صِلِ الطرف الأسود، الذي يُمثِّل القطب السالب بالمهبط، ثم صِلِ الطرف الأحمر الذي يُمثِّل القطب الموجب بالمصعد، كما في الشكل (8)، ثم دَوِّن قيمة المقاومة الأمامية للثنائي في دفترك.

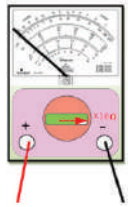
3- صِلِ الطرف الأسود الذي يُمثِّل القطب السالب بالمصعد، ثم صِلِ الطرف الأحمر الذي يُمثِّل القطب الموجب بالمهبط، كما في الشكل (9)، ثم دَوِّن قيمة المقاومة العكسية للثنائي في دفترك.

4- حدِّد نوع الثنائي عن طريق القياس.

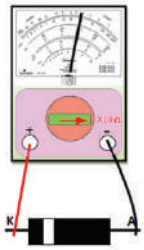
5- حدِّد الثنائيات الجيدة والثنائيات المعطلة عن طريق القياس.

6- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها.

## الرسوم التوضيحية

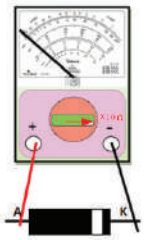


الشكل (1).



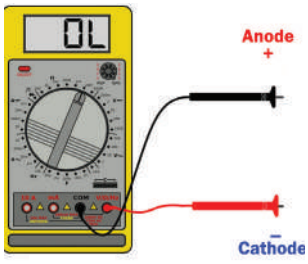
توصيل أمامي.

الشكل (2).

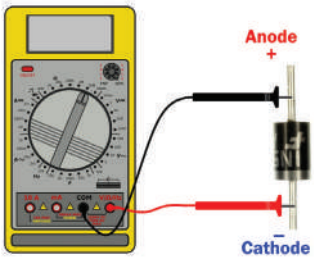



توصيل عكسي.

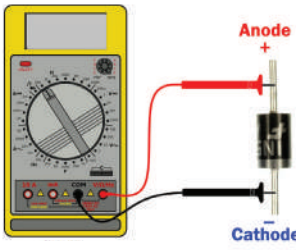
الشكل (3).



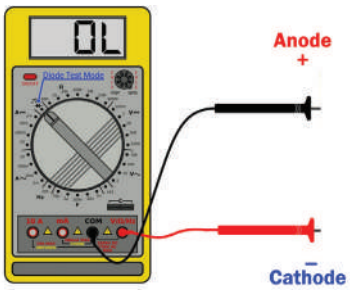

الشكل (4).



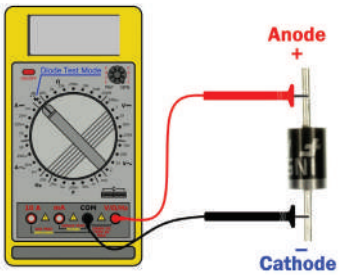

الشكل (5).



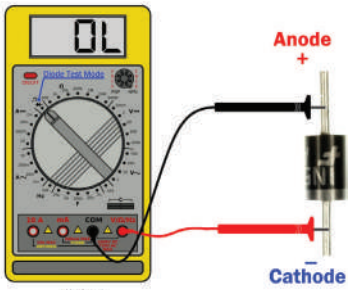

الشكل (6).




الشكل (7).




الشكل (8).




الشكل (9).

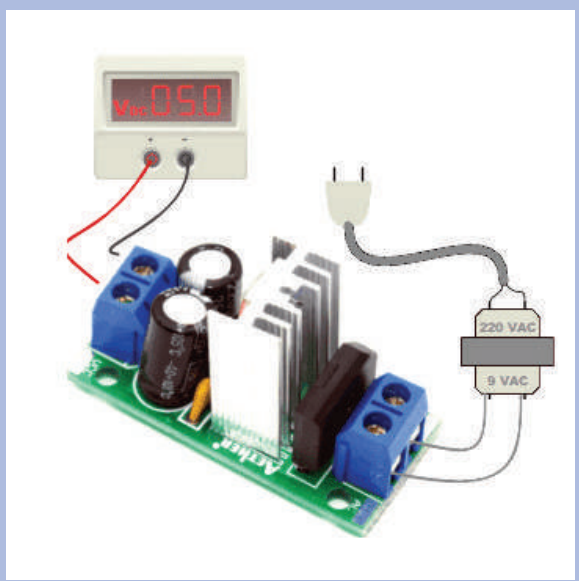
# رابعًا: دارات تقويم الفولتية، وتنعيمها (ترشيحها)، وتنظيمها

## (Voltage Rectifier& Regulator& Smoothing Circuit)

### النتاجات الخاصة بالدرس

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذا الدرس أن:

- يتعرف دارات تقويم الفولتية.
- يتعرف دارات تنعيم الفولتية.
- يتعرف مضاعفة الفولتية.



**انظر وتساءل**

كيف تعمل الأجهزة الكهربائية الصغيرة باستعمال التيار المتناوب؟

هل فكَّرت كيف تعمل آلة الحلاقة الشخصية المبينة في الشكل (2-14) باستعمال التيار المتناوب، علمًا بأن العناصر الإلكترونية داخلها لا تعمل مباشرة باستعمال التيار المتناوب، وإنما تعمل بالبطاريات؟

الشكل (2-14): آلة حلاقة شخصية.

**استكشف**

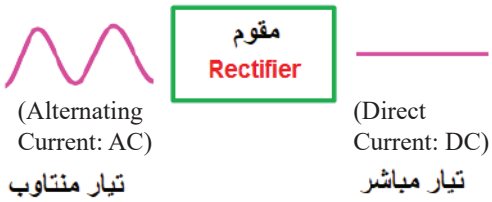
- ما الدارات الكهربائية التي تُستخدَم في توفير التغذية الكهربائية المناسبة لتشغيل الأجهزة الإلكترونية؟

**اقرأ وتعلَّم**

تعرَّفت في الدرس السابق الثنائي شبه الموصل من حيث التركيب ومبدأ العمل، وفي هذا الدرس ستتعرَّف أحد تطبيقات الثنائيات شبه الموصلة، وهي دارات تقويم الفولتية (Voltage Rectifier Circuit).

## 1- دارات تقويم الفولتية (Voltage Rectifier Circuit):

تُستخدَم دارات التقويم لتحويل التيار المتناوب (AC) إلى تيار مباشر (DC) يمكن استخدامه لشحن البطاريات، أو تغذية الأجهزة الإلكترونية المختلفة؛ إذ لا يخلو أي جهاز إلكتروني تقريبًا من وحدة تغذية تحوي إحدى دارات التقويم. تُستخدَم المقومات الخصيصة الرئيسة للثنائي، وهي سماح الثنائي بمرور التيار الكهربائي خلاله في اتجاه معين، ومنعه من المرور في الاتجاه الآخر. ومن المعلوم أن الأجهزة الإلكترونية (مثل: التلفاز، والمذياع، والهاتف المحمول) تعمل باستعمال التيار المباشر. فالراديو مثلًا يعمل باستعمال البطاريات، ويعمل أيضًا عند توصيله بالتيار المنزلي المتناوب؛ إذ تحتوي هذه الأجهزة داخلها على دارة تقويم لتغذيتها بالتيار المباشر المستمد من التيار المتناوب، وذلك باستخدام واحد أو أكثر من الثنائيات شبه الموصلة، انظر الشكل (2-15).



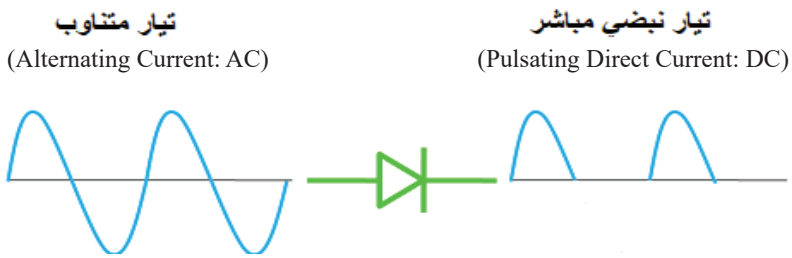

(2-15): دارة تقويم.

تعد هذه الطريقة أفضل من استخدام البطاريات التي يجب استبدالها باستمرار، يضاف إلى ذلك أن تشغيل بعض الأجهزة يتطلَّب توافر قدرة عالية لا تُوفِّرها البطاريات الصغيرة.

تُصنَّف دارات التقويم بحسب عدد الثنائيات، أو ترتيب الثنائيات المستخدمة في الدارة، إلى الأنواع الآتية:

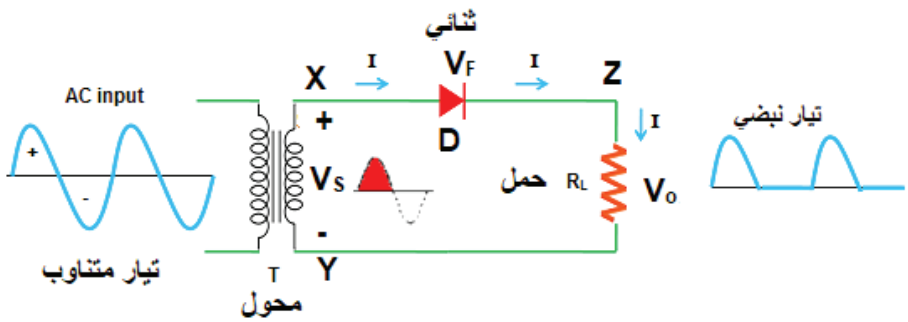
### أ - دارة تقويم نصف الموجة (Half-Wave Rectifier)

هي دارة تسمح فقط بمرور نصف الموجة الموجبة، أو نصف الموجة السالبة لإشارة التيار المتردد، ولا تسمح لنصف الموجة الأخرى بالمرور، انظر الشكل (2-16).




الشكل (2-16): تقويم نصف الموجة.

تعد دارة تقويم نصف الموجة أبسط شكل من أشكال دارات تقويم الفولتية؛ إذ تتكوَّن من مصدر تيار متناوب، ومحول ثنائي، ومقاومة تُمثِّل الحمل الكهربائي. يبين الشكل (2-17) دارة تقويم نصف موجة مُكوَّنة من محول خافض للفولتية، وثنائي شبه موصل، ومقاومة حمل ($R_L$).




الشكل (2-17): دارة تقويم نصف الموجة.

يتمثَّل مبدأ عمل هذه الدارة في ما يأتي:

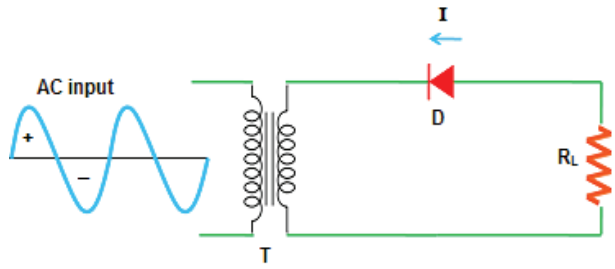
عند وصل الدارة بمصدر للفولتية المتناوبة، يعمل المحول على خفض القيمة العالية للفولتية إلى قيمة منخفضة تعتمد على نسبة تحويل المحول، وتظهر الفولتية بين طرفي ملفات المحول الثانوي ($V_S$) بين النقطة (X) والنقطة (Y). وفي النصف الموجب من موجة الفولتية المتناوبة تكون النقطة (X) موجبة، والنقطة (Y) سالبة. وفي هذه الحالة، يكون الثنائي (D) منحازًا انحيازًا أماميًّا؛ أي إن الفولتية المُطبَّقة على المصعد موجبة، وتلك المُطبَّقة على المهبط سالبة، فيسري تيار عبر مقاومة الحمل ($R_L$). أمّا في النصف السالب من موجة الفولتية المتناوبة فتكون النقطة (Y) موجبة، والنقطة (X) سالبة. عندئذٍ يكون الثنائي (D) منحازًا انحيازًا عكسيًّا؛ أي إن الفولتية المُطبَّقة على المصعد سالبة، وتلك المُطبَّقة على المهبط موجبة، ويكون الثنائي في حالة انحياز عكسي، وبذلك لا يسري تيار عبر مقاومة الحمل ($R_L$)، وتساوي الفولتية على هذه المقاومة صفرًا.

**تذكَّر**

إن فولتية الخرج ($V_O$) على مقاومة الحمل ($R_L$) هي سلسلة من النبضات الموجبة، ويساوي ترددها (50) هيرتز؛ أي يساوي تردد المصدر نفسه.

**النشاط (2-1)**

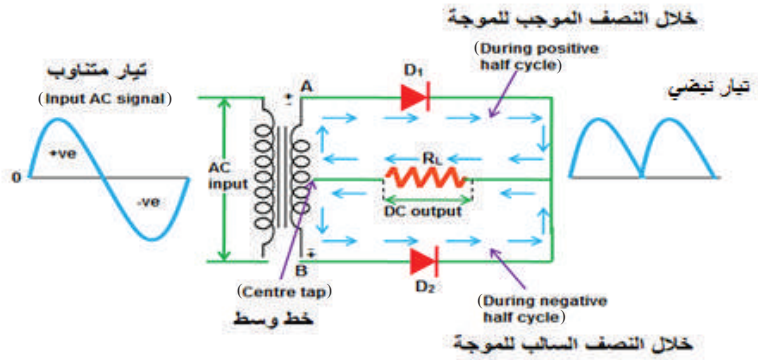
ارسم شكل الإشارة على الخرج في الدارة المبينة في الشكل (2-18).




(2-18): تقويم نصف الموجة السالب.

**ب- دارة تقويم الموجة الكاملة (Full-Wave Rectifier) ذات المحول بنقطة الوسط (Center tap):**

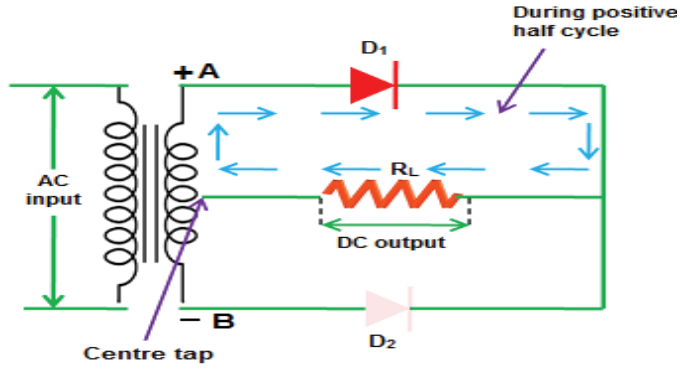
مقوم الموجة الكاملة هو نوع آخر من دارات مقوم الفولتية؛ إذ يسمح هذا المقوم بمرور نصفي الموجة الموجبة والسالبة لإشارة التيار المتردد ويبين الشكل (2-19) دارة تقويم الموجة الكاملة التي تتكوَّن من محول خافض للفولتية ذي نقطة وسط، وثنائيين، ومقاومة حمل ($R_L$).




(2-19): دارة تقويم الموجة الكاملة وأشكال الإشارات.

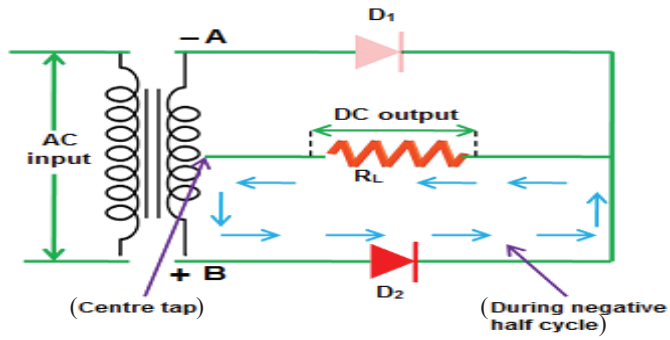
يتمثَّل مبدأ عمل هذه الدارة في ما يأتي:

عند وصل الدارة المبينة في الشكل (2-20/أ) بمصدر للفولتية المتناوبة، يعمل المحول على خفض القيمة العالية للفولتية المتناوبة إلى قيمة منخفضة تعتمد على نسبة تحويل المحول، وتظهر الفولتية بين طرفي ملفات المحول الثانوية بين النقطتين (A, B). وفي النصف الموجب من موجة الفولتية المتناوبة، تكون النقطة (A) موجبة، والنقطة (B) سالبة، ونقطة خط الوسط (0) فولت، عندئذٍ يكون الثنائي ($D_1$) منحازًا انحيازًا أماميًّا؛ أي إن الفولتية المُطبَّقة على المصعد موجبة، وتلك المُطبَّقة على المهبط سالبة، ويسمح الثنائي بمرور التيار عبر مقاومة الحمل، وفي هذه الحالة يكون الثنائي ($D_2$) منحازًا انحيازًا عكسيًّا، ويكون في حالة عدم إمرار للتيار.




الشكل (2-20/ أ): عملية التقويم خلال النصف الموجب لفولتية الدخل.

أمّا في النصف السالب من موجة الفولتية المتناوبة فتكون النقطة (A) سالبة، والنقطة (B) موجبة، عندئذٍ يكون الثنائي ($D_2$) منحازًا انحيازًا أماميًّا؛ أي إن الفولتية المُطبَّقة على المصعد موجبة، وتلك المُطبَّقة على المهبط سالبة، فيسري تيار عبر مقاومة الحمل، وفي هذه الحالة يكون الثنائي ($D_1$) منحاز عكسيًّا، ويكون في حالة عدم إمرار للتيار، انظر الشكل (2-20/ ب).




الشكل (2-20/ ب): عملية التقويم خلال النصف السالب لفولتية الدخل.

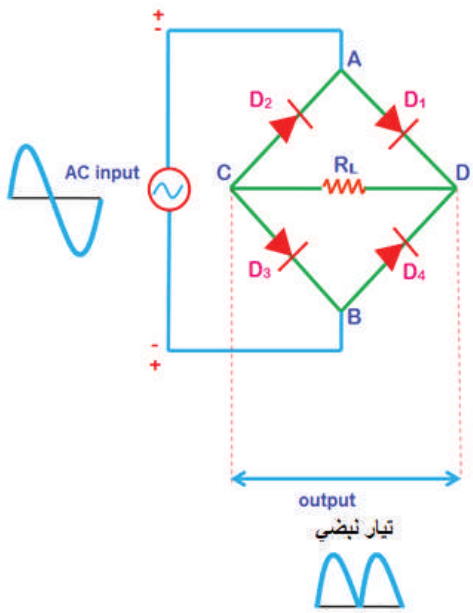
**تذكَّر**

الفولتية ($V_O$) على مقاومة الحمل ($R_L$) هي سلسلة من النبضات الموجبة، ويساوي ترددها (100) هيرتز؛ أي يساوي ضعف تردد المصدر.

### جـ - دارة تقويم موجة الكاملة (القنطرة) (Bridge Full-Wave Rectifier):

مقوم القنطرة هو نوع من أنواع مقوم الموجة الكاملة الذي يستخدم أربعة ثنائيات لتحويل التيار المتناوب (AC) بكفاءة إلى تيار مباشر (DC).

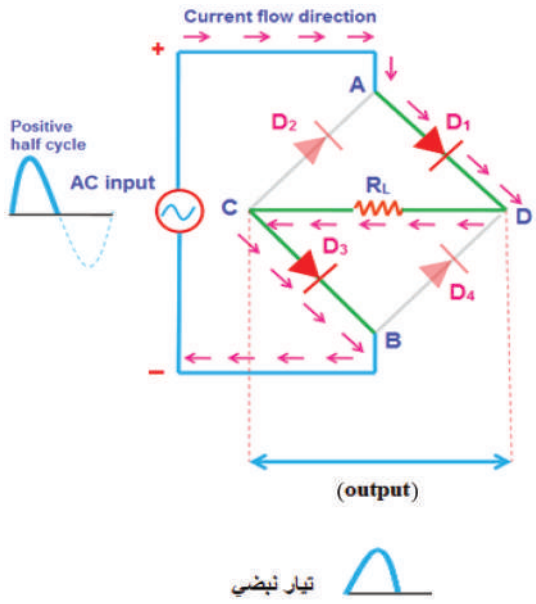
يبين الشكل (2-21) دارة تقويم موجة كاملة مكونة من محول خافض للفولتية، وأربعة ثنائيات، ومقاومة حمل ($R_L$)، وتستخدم دارة تقويم القنطرة أربعة ثنائيات، ولا تحتاج إلى محول ذي نقطة وسط، وإنما تحتاج إلى محول عادي. ويتمثل مبدأ عمل هذه الدارة في ما يأتي:




الشكل (2-21): دارة تقويم موجة كاملة.

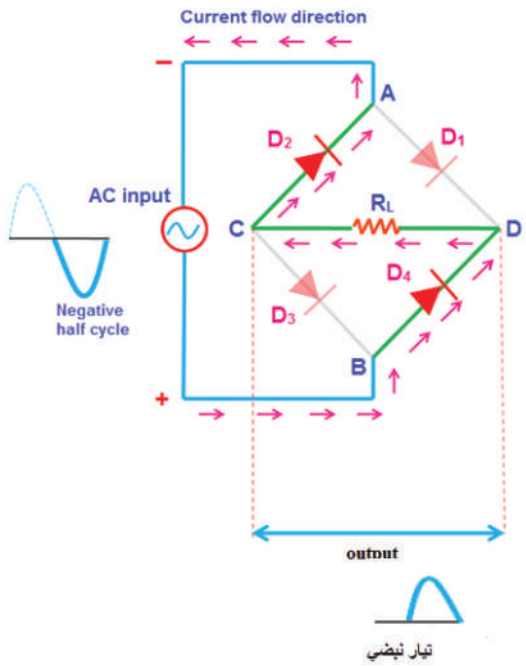
عند وصل الدارة المبينة في الشكل (2-21) بمصدر للفولتية المتناوبة، يعمل المحول على خفض القيمة العالية للفولتية المتناوبة إلى قيمة منخفضة اعتمادًا على نسبة تحويل المحول، وتظهر الفولتية بين طرفي ملفات المحول الثانوية بين النقطتين (A) و(B).

وفي النصف الموجب من موجة الفولتية المتناوبة، تكون النقطة (A) موجبة، والنقطة (B) سالبة، ويكون الثنائيان ($D_1$) و($D_3$) في حالة انحياز أمامي، ويمر تيار عبر الثنائي ($D_1$)، والمقاومة ($R_L$)، والثنائي ($D_3$). أمّا الثنائيان ($D_4$) و($D_2$) فيكونان في حالة انحياز عكسي، ولا يمر تيار خلالهما، فتظهر فولتية موجبة على مقاومة الحمل ($R_L$)، انظر الشكل (2-22/ أ) .




الشكل (2-22/ أ): عملية التقويم خلال النصف الموجب لفولتية الدخل.

أمّا في النصف السالب من موجة الفولتية المتناوبة فتكون النقطة (B) موجبة والنقطة (A) سالبة، ويكون الثنائيان ($D_2$) و($D_4$) في حالة انحياز أمامي، ويمر تيار من المصدر المتناوب عبرالثنائي ($D_4$)، والمقاومة ($R_L$) والثنائي ($D_2$)، ويعود إلى المصدر. أمّا الثنائيان ($D_3$) و($D_1$) فيكونان في حالة انحياز عكسي، ولا يمر تيار خلالهما، فتظهر فولتية موجبة على مقاومة الحمل ($R_L$)، انظر الشكل (2-22/ ب).



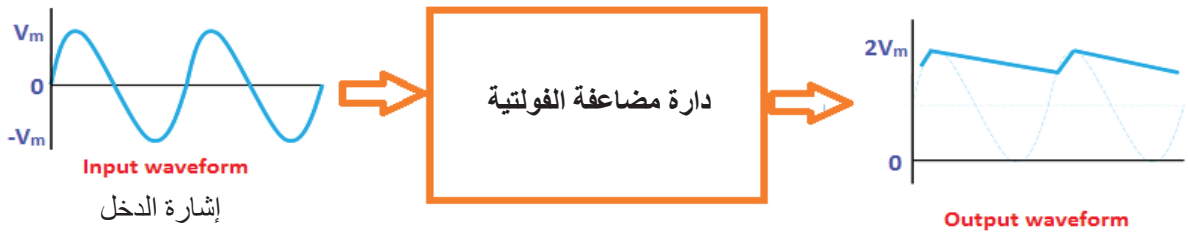

الشكل(2-22/ ب): عملية التقويم خلال النصف السالب لفولتية الدخل.

**تذكّر**

يمكن بناء دارة القنطرة باستخدام القنطرة المتكاملة التي تحوي داخلها الثنائيات الأربعة.

**2- دارات مضاعفات الفولتية (Voltage Multipliers):** تعرَّفْتَ سابقًا دارات التقويم التي تُستخدَم فيها الثنائيات، وستتعرَّف الآن أحد تطبيقات الثنائيات شبه الموصلة، وهو دارات مضاعفات الفولتية (Voltage Multipliers).

يتطلَّب استعمال الدارات الإلكترونية في أجهزة الاتصالات توافر فولتيات عالية ذات تيارات منخفضة، ولهذا توجد دارات تعمل على توليد هذه الفولتيات تسمى دارات مضاعفات الفولتية، وهي دارات إلكترونية تحوِّل الفولتية المتناوبة (AC) والمُطبَّقة على مدخل الدارة إلى فولتية مباشرة (DC) عالية على خرج الدارة، بحسب تصميم الدارة؛ للحصول على فولتيات ($2V_{IN}$,$3V_{IN}$,$4V_{IN}$,.....) كما في الشكل (2-23). أمّا المكون الرئيس لهذه الدارات فهو الثنائيات شبه الموصلة، والمواسعات الكيميائية.




الشكل (2-23): دارة مضاعفة الفولتية.

**تذكَّر**

المكونات الأساسية لدارات مضاعفات الفولتية هي الثنائيات، والمواسعات الكيميائية.

**أ - أنواع دارات مضاعفات الفولتية:**

تُصنَّف دارات مضاعفات الفولتية إلى أربعة أنواع، هي:

1- دارات مضاعفة فولتية نصف الموجة (Half-Wave Voltage Doubler).

2- دارات مضاعفة فولتية الموجة الكاملة (Full-Wave Voltage Doubler).

3- دارات مضاعفة الفولتية ثلاثة أضعاف (Voltage Tripler).

4- دارات مضاعفة الفولتية أربعة أضعاف (Voltage quadrupler).

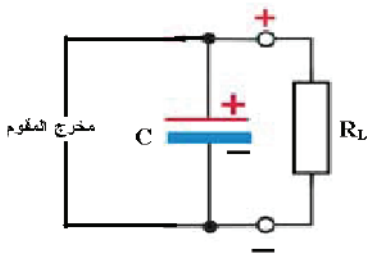
**ب- استخدامات دارات مضاعفة الفولتية:** تُستخدَم دارات مضاعفة الفولتية في التطبيقات الآتية:
أنابيب أشعة الكاثود (CRT)، وأنظمة الأشعة السينية (X-RAY)، وأنظمة الرادار، والإضاءة الخلفية لشاشات الكريستال السائل (LCD)، وأنظمة الليزر، ومصادر القدرة، وصاعق الحشرات، وآلة تصوير الوثائق.

## 3- دارات التنعيم (Smoothing Circuit):

في دارات التقويم السابقة، كانت فولتية الخرج تيارًا نبضيًّا موحد الاتجاه، لكنه غير ثابت القيمة. ولجعل هذا التيار أقرب ما يكون إلى التيار المباشر من حيث ثبات قيمته، تُستخدَم دارات خاصة تسمى دارات التنعيم (Smoothing Circuits)، تعمل على تحسين خصائص الإشارة المقومة، وذلك بتقليل تموجات (Ripple) الإشارة الصادرة من المقوم.

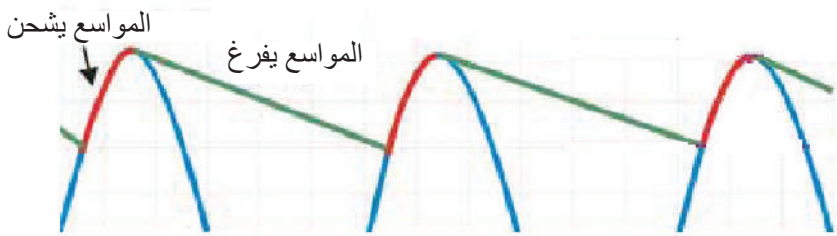
تُصنَّف دارات التنعيم تبعًا للعناصر المستخدمة إلى ثلاثة أنواع، هي:

**أ - المرشح السعوي:**



الشكل (2-24): دارة تنعيم.

تُستخدَم المواسعات في خرج المقومات على التوازي مع الحمل؛ لتنعيم الفولتية النبضية، والحصول على فولتية مباشرة ثابتة تقريبًا، كما في الشكل (2-24). تتمثل عملية التنعيم في ما يأتي: يبدأ المواسع بالشحن في أثناء النصف الموجب حتى يصل إلى القيمة العظمى للفولتية. وعندما تبدأ الفولتية بالتناقص يبدأ المواسع بالتفريغ عبر الحمل في محاولة للحفاظ على الفولتية ثابتة عبر المواسع. وقبل أن يفرغ المواسع، فإن نبضة تيار أخرى تصل لإعادة شحن المواسع مرة أخرى إلى القيمة العظمى للفولتية. ينتج من الشحن والتفريغ الطفيف للمواسع فولتية متموجة مركبة على أعلى الموجة النبضية، انظر الشكل (2-25).



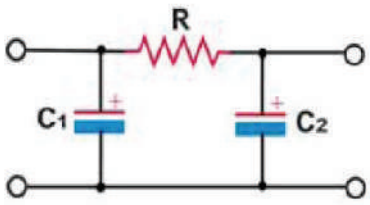
الشكل (2-25): عمل مواسع التنعيم.

**فسِّر**

تنعيم تقويم الموجة الكاملة أسهل من تقويم نصف الموجة.

### ب- دارة التنعيم (RC):

إن الفولتية المباشرة الناتجة من مخرج دارة التنعيم البسيطة تحتوي على نسبة من التموجات، ويمكن تخفيض هذه النسبة بزيادة قيمة سعة المواسع، أو باستخدام دارة المنعم (RC) المبين في الشكل (2-26)؛ وهو منعم ترددات منخفضة يعمل على إمرار الفولتية مباشرة، ويمنع مرور فولتية التموج ذي التردد العالي (50) هيرتز أو (100) هيرتز.

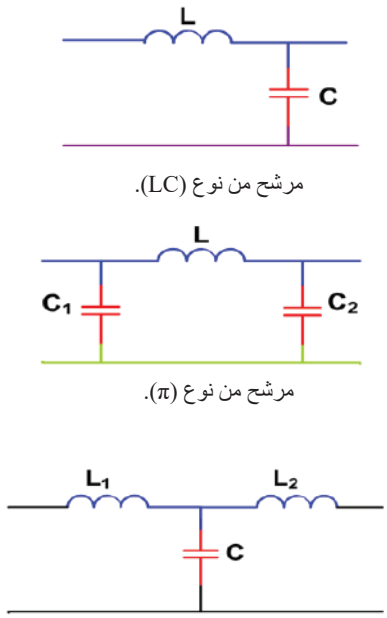



الشكل (2-26): دارة التنعيم (RC).

من عيوب هذه الدارة انخفاض فولتية الخرج نتيجة هبوط الفولتية بين طرفي المقاومة (R).

### جـ - دارة التنعيم (LC):

تُستخدَم هذه الدارة لمعالجة مشكلة هبوط الفولتية عبر المقاومة؛ لذا تستبدل بالمقاومة (R) الملف الخانق (L)، وتوصل المواسعات في خرج المقومات على التوازي بالحمل؛ لتنعيم الفولتية النبضية المباشرة، والحصول على فولتية مباشرة ثابتة تقريبًا (أي تحويل الفولتية النبضية المباشرة إلى فولتية مباشرة ثابتة)، وتضاف الملفات إلى دارات التنعيم؛ لتساعد على عملية التنعيم؛ إذ تعمل الملفات على إبداء ممانعة عالية للتيار المتناوب؛ ما يمنع مركبة التيار المتناوب من المرور إلى الحمل. وللحصول على تنعيم أكثر كفاءة، تُستخدَم نماذج متعددة من دارات التنعيم والترشيح، انظر الشكل (2-27). من الأمثلة على استخدام دارات التنعيم، دارة تقويم الموجة الكاملة (القنطرة)، انظر الشكل (2-28).

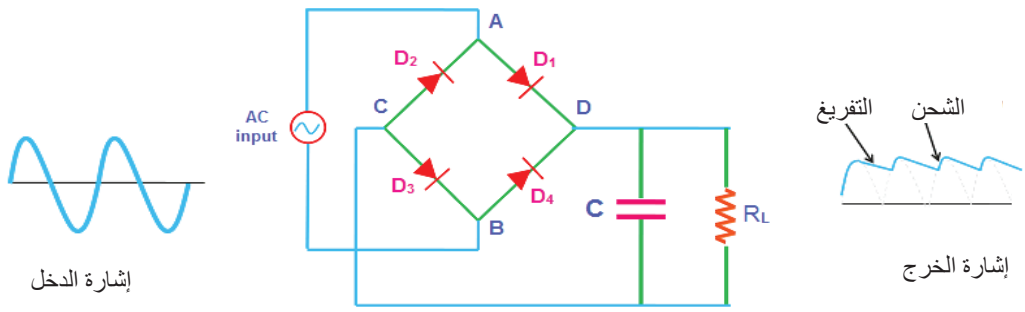



مرشح من نوع (LC).

مرشح من نوع (π).

مرشح من نوع (T).

الشكل (2-27): دارات التنعيم.




الشكل (2-28): دارة تقويم الموجة الكاملة (القنطرة) باستخدام دارات التنعيم.

**النشاط (2-2)**

ارسم المخطط التمثيلي لدارة تقويم الموجة (قنطرة) مع دارة تنعيم وترشيح من نوع (T).

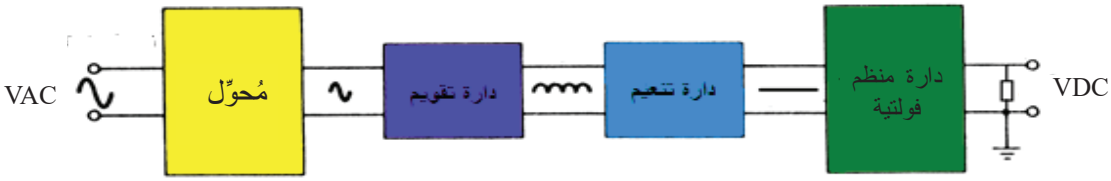
**تعلّم**

تضاف الملفات إلى دارات التنعيم لتساعد على تنعيم التغيُّرات في التيار؛ إذ تمتاز الملفات بإبداء ممانعة عالية للتيار المتناوب.

## 4- منظمات الفولتية (Voltage Regulators):

دارات إلكترونية تضاف إلى دارات التغذية المُستخدَمة في الأجهزة الإلكترونية للمحافظة على فولتية ثابتة في الخرج، بالرغم من حدوث تغييرات في الأحمال في فولتية الشبكة، وذلك ضمن حدود معينة. يُمثِّل منظم الفولتية المرحلة الأخيرة في دارة التغذية، ويعمل على تنظيم فولتية الخرج. يوجد كثير من أنواع دارات التغذية الكهربائية والإلكترونية التي تحوي فولتيات مباشرة مختلفة لتشغيل الأجهزة؛ ذلك أن الفولتيات المباشرة تلزم لتشغيل معظم الدارات الإلكترونية.

تُقوَّم الفولتية المتناوبة الناتجة من خطوط التغذية الرئيسة إمّا مباشرة، وإمّا بإمرارها عبر محول خافض للفولتية، اعتمادًا على قيمة الفولتيات المباشرة المطلوبة؛ فالمحولات قد تكون من النوع الخافض للفولتية، أو النوع الرافع لها، ويمكن تقويم الفولتية المتناوبة إلى فولتية مباشرة نبضية بواسطة الثنائيات، ثم يصار إلى التنعيم باستعمال مواسعات وملفات؛ لتوفير فولتية مباشرة. ويبين الشكل (2-29) المخطط الصندوقي لدارة التغذية المستخدمة في الأجهزة الإلكترونية، وقد سبق أن درسْتَ عمل المُحوِّل، وخصائصه، وكيف يُحوِّل الفولتيات، وكذلك درسْتَ دارات التقويم، والتنعيم، وخصائصها.

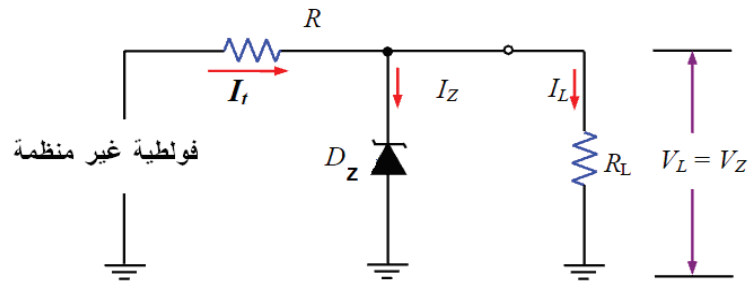



الشكل (2-29): المخطط الصندوقي لدارة التغذية المستخدمة في الأجهزة الإلكترونية.

ولكن، ما المقصود بمنظم الفولتية؟ منظم الفولتية (Voltage Regulators) هو دارة إلكترونية تضاف إلى مصادر التغذية للمحافظة على فولتية ثابتة في الخرج بالرغم من تغيُّر الأحمال في فولتية الشبكة ضمن حدود معينة. يُمثِّل منظم الفولتية المرحلة الأخيرة في دارة التغذية، ويعمل على تنظيم فولتية الخرج، علمًا بأن الثنائي زينر، أو الترانزستورات، أو الدارات المتكاملة تُستخدَم في بناء دارات منظم الفولتية.

**أ - دارة تنظيم الفولتية باستخدام الثنائي زينر:**

يبين الشكل (2-30) دارة عملية بسيطة لتثبيت قيمة الفولتية على طرفي الحمل ($V_L$) عند فولتية تساوي فولتية زينر ($V_Z$) في حال تغيير فولتية الدخل ($V_{in}$)، في ما يُعرَف بتنظيم الدخل. عند حدوث زيادة في فولتية الدخل ($V_{in}$)، فإن الثنائي زينر يحافظ على فولتية الحمل ثابتة عند قيمة تساوي ($V_Z$)؛ ما يؤدي إلى زيادة الفولتية المُطبَّقة على المقاومة (R)، فتزداد شدة التيار الكلي ($I_t$) المار بها. ولمّا كان التيار ($I_L$) المار بمقاومة الحمل ($R_L$) ثابتًا، فإن الزيادة في التيار ($I_t$) تتدفق عبر الثنائي، وتستمر عملية تثبيت فولتية الحمل مع تغيُّر فولتية الدخل طالما كانت قيمة التيار المار بالثنائي زينر ($I_Z$) أكبر من قيمة التيار العكسي، وأقل من قيمة تيار الأقصى لهذا الثنائي؛ حفاظًا عليه في منطقة الانهيار.




(2-30): استخدام الثنائي زينر منظمًا للفولتية.

**ب- منظم الفولتية باستخدام الترانزستور:**

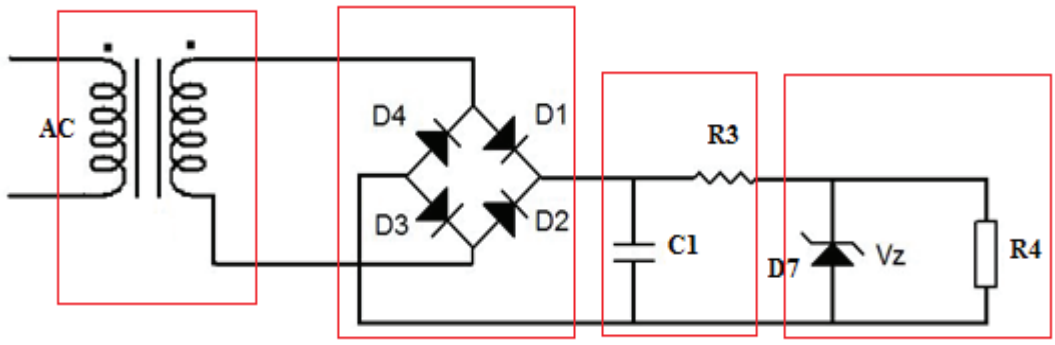
نظرًا إلى عدم كفاءة منظمات الفولتية باستخدام الثنائي زينر، فقد أصبحت منظمات الفولتية التي تستخدم الترانزستور أكثر شيوعًا واستخدامًا؛ لأنها أكثر حساسية لتغيُّرات الفولتية، وأكثر فعالية من غيرها.

### جـ - منظم الفولتية باستخدام الدارات المتكاملة:

نتيجة للتطور في صناعة العناصر الإلكترونية؛ فقد أُنتِج العديد من الدارات المتكاملة التي تعمل بوصفها منظمات للفولتية؛ إذ تُوفِّر هذه الدارات على خرجها ثباتًا عاليًا، ولمدى واسع من الفولتيات. تمتاز هذه المنظمات بعدم حاجتها إلى عدد كثير من العناصر الخارجية، واحتوائها على عناصر حماية ضد القصر (Short Circuit)، وعناصر حماية ضد زيادة الحمل (Over Load).

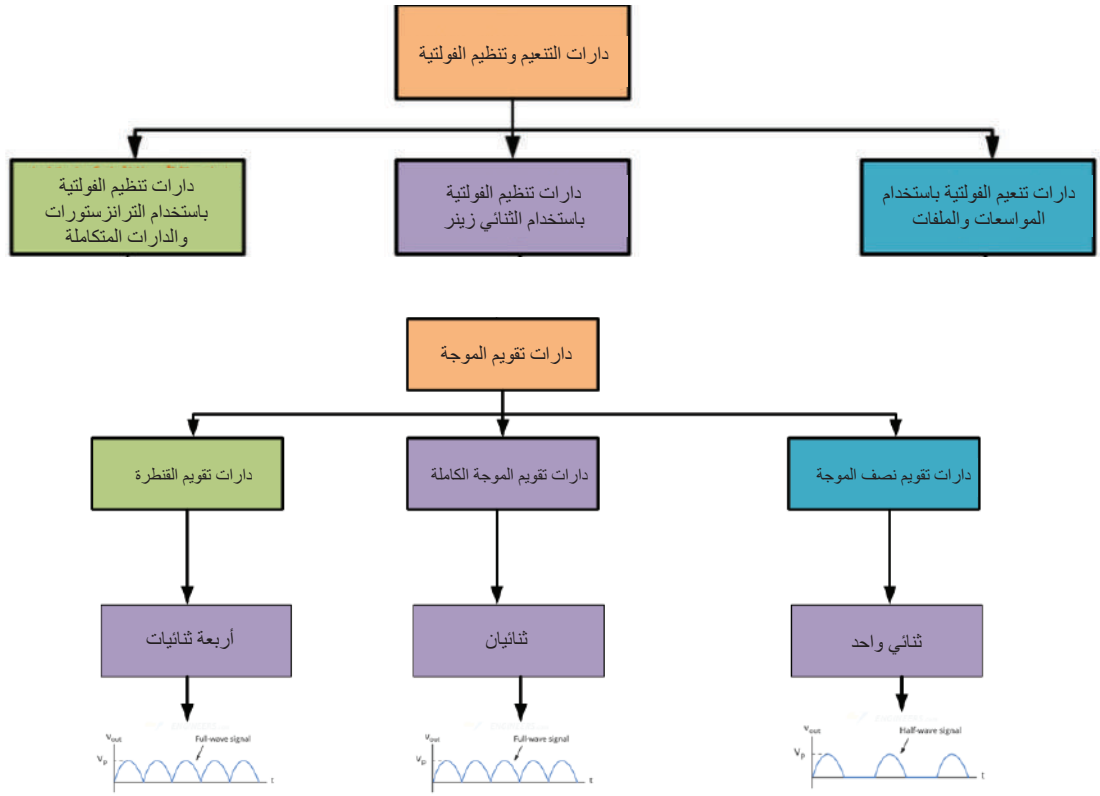
**النشاط (2-3)**

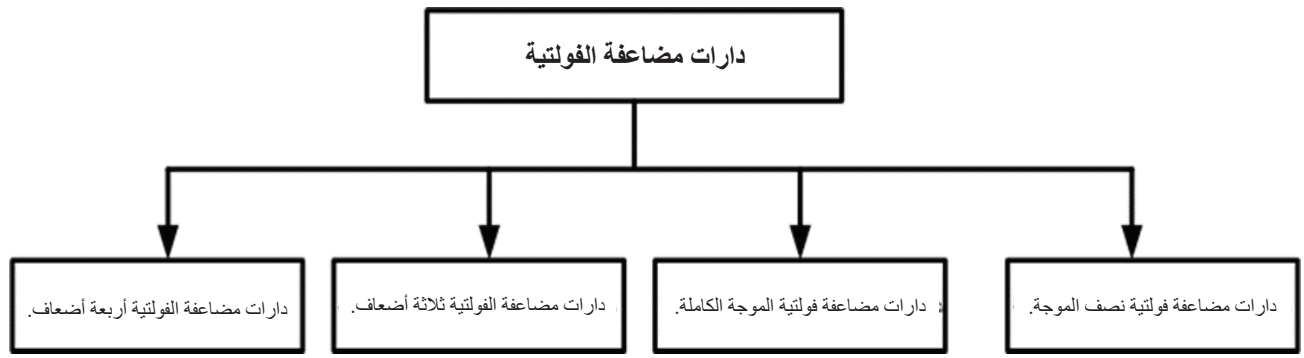
ادرس مخطط الدارة الكهربائية المبين في الشكل (2-31)، ثم حدِّد عناصر مرحلة التقويم، ومرحلة التنعيم، ومرحلة التنظيم.




الشكل (2-31): دارة كهربائية.

- ابحث أنت وزملاؤك في شبكة الإنترنت عن كيفية عمل الدارة المبينة في الشكل (2-28)، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم اعرضه على المعلم.
- أحضِر مخططًا تمثيليًّا لدارة التغذية المستخدمة في أجهزة الحاسوب الشخصية، ثم حدِّد عليه دارات تنظيم الفولتية، مُبيِّنًا كيفية عمل كلٍّ منها، ومقدار الفولتيات الخارجة منها.
- مستعينًا بالمراجع العلمية المتوافرة في مكتبة مدرستك، ابحث أنت وزملاؤك عن أنواع دارات مضاعفات الفولتية، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم اعرضه على المعلم.


دارات التنعيم وتنظيم الفولتية
دارات تنعيم الفولتية باستخدام المواسعات والملفات
دارات تنظيم الفولتية باستخدام الثنائي زينر
دارات تنظيم الفولتية باستخدام الترانزستورات والدارات المتكاملة
دارات تقويم الموجة
دارات تقويم نصف الموجة
دارات تقويم الموجة الكاملة
دارات تقويم القنطرة
ثنائي واحد
ثنائيان
أربعة ثنائيات
Half-wave signal
Full-wave signal
Full-wave signal


دارات مضاعفة الفولتية
دارات مضاعفة فولتية نصف الموجة.
دارات مضاعفة فولتية الموجة الكاملة.
دارات مضاعفة الفولتية ثلاثة أضعاف.
دارات مضاعفة الفولتية أربعة أضعاف.

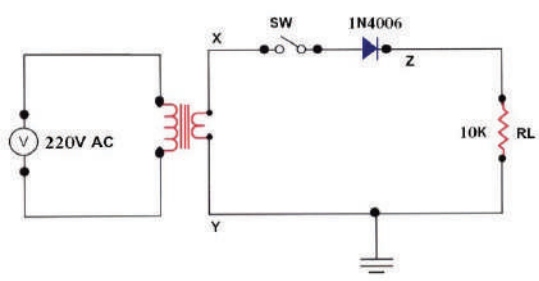
# التمرين الأول: دارة تقويم نصف الموجة باستخدام الثنائي

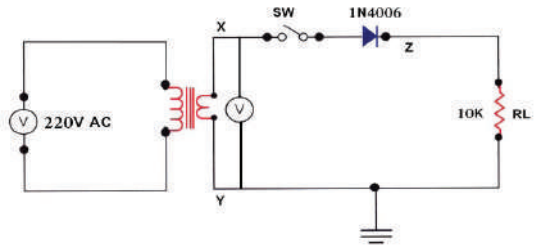
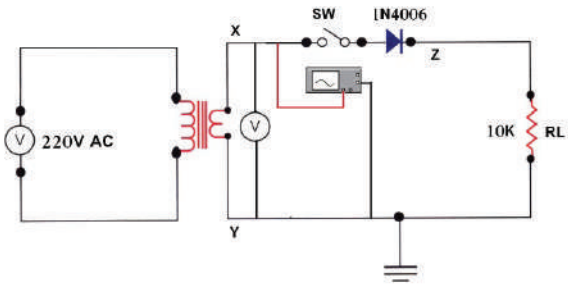
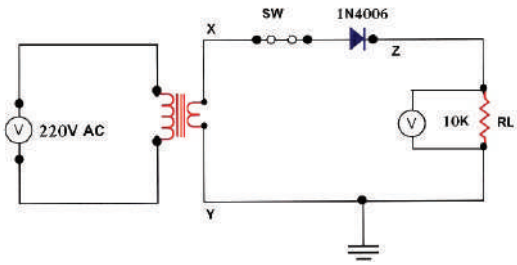
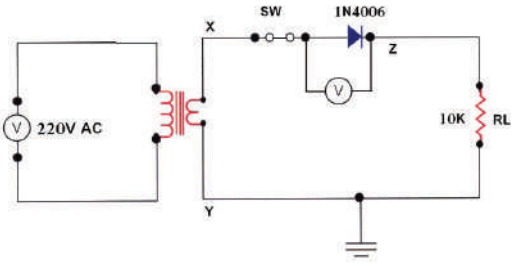
## نتاجات التمرين

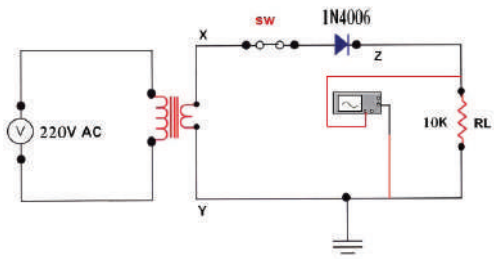
يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

1- يبني دارة تقويم نصف الموجة باستخدام الثنائي.

2- يقارن بين الإشارات على الدخل والخرج.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- ثنائي من نوع (1N4006).<br>2- مقاومة كربونية (10kΩ/0.5W) .<br>3- مفتاح تشغيل أحادي.<br>4- أسلاك توصيل.<br>5- لوحة توصيل.<br>6- لحام قصدير. | 1- محول خافض للفولتية (220/6) فولت/ 500 ميلي أمبير.<br>2- راسم إشارة، قناتان، (20) ميغاهيرتز.<br>3- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).<br>4- كاوي لحام (-30 40) واط. |
| **خطوات العمل** | **الرسوم التوضيحية** |
| 1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1)، ثم صِلِ الدارة بمصدر الفولتية المتناوبة. |  <br>الشكل (1). |

| خطوات العمل | الرسوم التوضيحية |
|---|---|
| 2- اضبط جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM) على وضع الفولتية. | |
| 3- صِلِ الجهاز بين النقطة (Y) والنقطة (X)، لقياس الفولتية كما في الشكل (2)، ثم دَوِّن ما تتوصَّل إليه في دفترك. |  <br>الشكل (2). |
| 4- صِلِ القناة الأولى لجهاز راسم الإشارة؛ لمشاهدة شكل الإشارة بين النقطة (Y) والنقطة (X)، ثم احسب قيمة التردد والفولتية، ثم ارسم شكل الموجة في دفترك، انظر الشكل (3). |  <br>الشكل (3). |
| 5- أغلق المفتاح (SW)، ثم صِلْ جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM) بطرفي مقاومة الحمل ($R_L$) لقياس الفولتية كما في الشكل (4)، ثم دَوِّن ما تتوصَّل إليه في دفترك. |  <br>الشكل (4). |
| 6- اضبط جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM) على وضع الفولتية، ثم صِلِ الجهاز بين طرفي الثنائي لقياس الفولتية كما في الشكل (5)، ثم دَوِّن ما تتوصَّل إليه في دفترك. |  <br>الشكل (5). |

| خطوات العمل | الرسوم التوضيحية |
|---|---|
| 7- صِلِ القناة الثانية لجهاز راسم الإشارة لمشاهدة شكل الإشارة على طرفي مقاومة الحمل ($R_L$) كما في الشكل (6)، ثم احسب قيمة التردد والفولتية، ثم ارسم شكل الموجة في دفترك. |  الشكل (6). |
| 8- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها. | |

## فكّر

1- فسِّر سبب عدم تساوي الفولتية المقيسة بين الحمل ($R_L$) مع الفولتية المقيسة بين النقطة (X) والنقطة (Y).

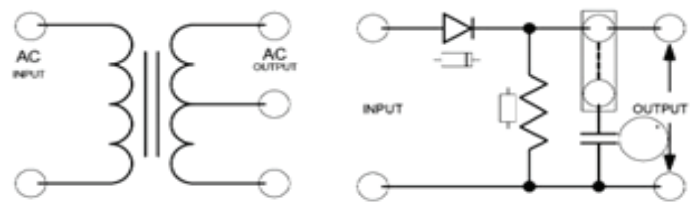
2- هل يمكن تحديد نوع الثنائي المستخدم في الدارة؟ كيف ذلك؟

3- ما مقدار تردد كلٍّ من إشارتي الدخل والخرج؟

4- هل يوجد اختلاف بين قيم الفولتية المقيسة باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM)، وتلك المقيسة باستخدام جهاز راسم الإشارة؟

## نشاط عملي

- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (7) على لوحة التجارب (AH –91 trainer) المتوافرة في مشغلك، مستعينًا بالكتاب الخاص بتنفيذ التجارب، وبإشراف المعلم.
- اكتب تقريرًا مفصلًا عمّا قمت به في دفترك.




(TRANSFORMER) (HALF WAVE RECTIFIER)

الشكل (7).

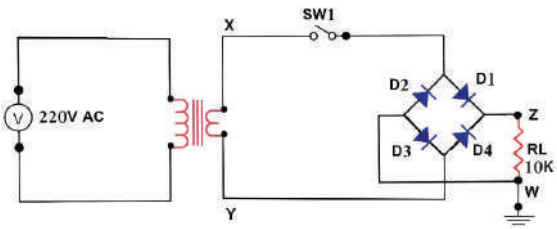
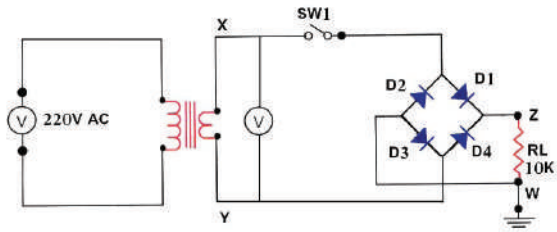
## التمرين الثاني: دارة تقويم موجة كاملة (القنطرة)

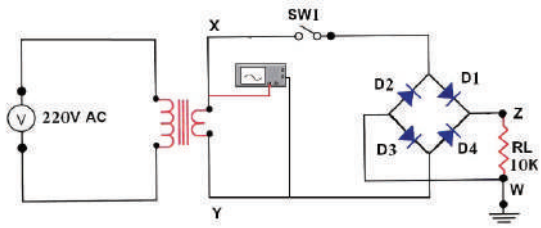
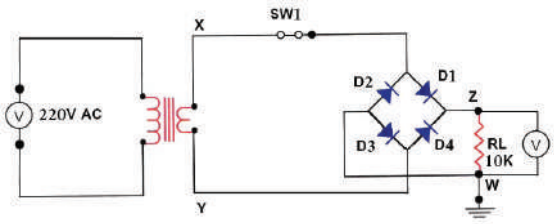
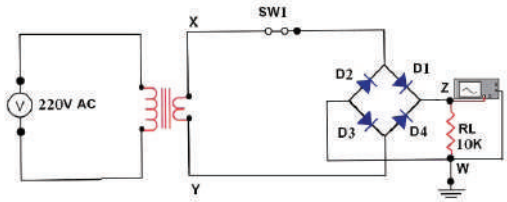
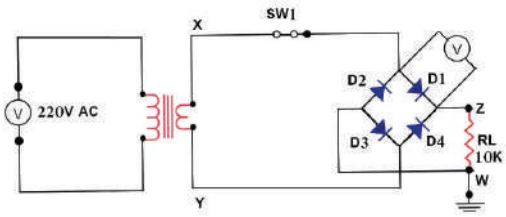
### نتاجات التمرين

يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

1- يبني دارة تقويم قنطرة باستخدام الثنائي.

2- يقارن بين الإشارات على الدخل والخرج.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- (4) ثنائيات من نوع (1N4006).<br>2- مقاومة كربونية (10 kΩ\0.5W).<br>3- مفتاح تشغيل أحادي.<br>4- أسلاك توصيل.<br>5- لوحة توصيل.<br>6- لحام قصدير. | 1- محول خافض للفولتية (220/6) فولت/ 500 ميلي أمبير.<br>2- راسم إشارة، قناتان، (20) ميغاهيرتز.<br>3- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).<br>4- كاوي لحام (30-40) واط. |
| **خطوات العمل** | **الرسوم التوضيحية** |
| 1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1)، ثم صِلِ الدارة بمصدر الفولتية المتناوبة. |  الشكل (1). |
| 2- صِلْ جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM) لقياس الفولتية بين النقطة (X) والنقطة (Y) كما في الشكل (2)، ثم دَوِّن ما تتوصَّل إليه في دفترك. |  الشكل (2). |

| خطوات العمل | الرسوم التوضيحية |
|---|---|
| 3- صِلِ القناة الأولى لجهاز راسم الإشارة لمشاهدة شكل الإشارة بين النقطة (X) والنقطة (Y) كما في الشكل (3)، ثم احسب قيمة التردد والفولتية، ثم ارسم شكل الموجة في كل حالة في دفترك. |  <br>الشكل (3). |
| 4- أغلق المفتاح (SW1)، ثم صِلْ جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM) لقياس الفولتية على طرفي مقاومة الحمل ($R_L$) كما في الشكل (4)، ثم دَوِّن ما تتوصَّل إليه في دفترك. |  <br>الشكل (4). |
| 5- صِلِ القناة الثانية لجهاز راسم الإشارة لمشاهدة شكل الإشارة على طرفي مقاومة الحمل ($R_L$) كما في الشكل (5)، ثم احسب قيمة التردد والفولتية، ثم ارسم شكل الموجة في دفترك. |  <br>الشكل (5). |
| 6- صِلِ الجهاز لقياس الفولتية بين طرفي الثنائي ($D_1$) كما في الشكل (6) ثم دَوِّن ما تتوصَّل إليه في دفترك، ثم كرِّر نفس الخطوة لقياس الفولتية بين طرفي كلٍّ من الثنائيات ($D_2$،$D_3$،$D_4$) ثم دَوِّن ما تتوصَّل إليه في دفترك.<br>7- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها. |  <br>الشكل (6). |

## فكّر

1- هل يمكن تحديد نوع الثنائي المستخدم في الدارة؟ كيف ذلك؟

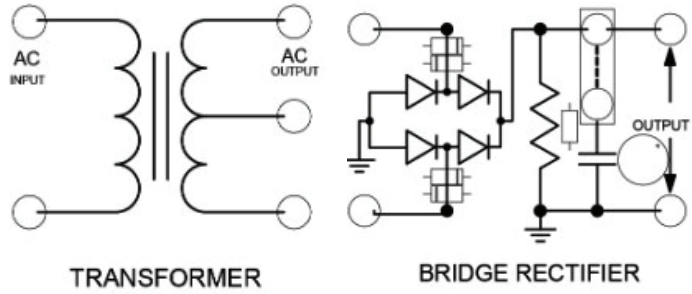
2- فسِّر سبب عدم تساوي الفولتية المقيسة بين الحمل ($R_L$) مع الفولتية المقيسة بين النقطة (X) والنقطة (Y).

3- ما مقدار تردد كلٍّ من إشارتي الدخل والخرج؟

4- هل يوجد اختلاف بين قيم الفولتية المقيسة باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM)، وتلك المقيسة باستخدام جهاز راسم الإشارة؟

## نشاط عملي

- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (7) على لوحة التجارب (AH –91 trainer) المتوافرة في مشغلك، مستعينًا بالكتاب الخاص بتنفيذ التجارب، وبإشراف المعلم.
- اكتب تقريرًا مفصلًا عمّا قمت به في دفترك.




الشكل (7).

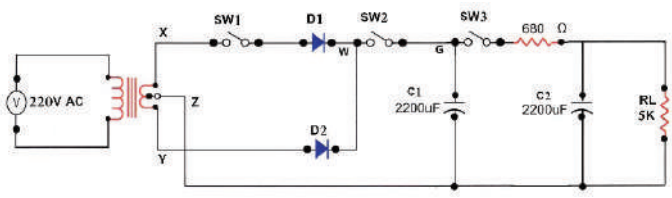
## التمرين الثالث: دارة تقويم موجة كاملة مع دارة تنعيم

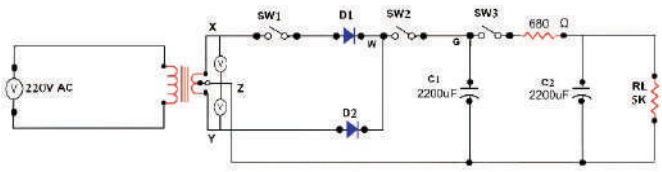
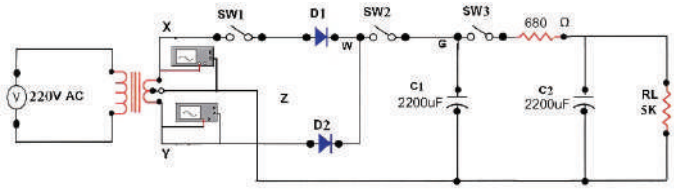
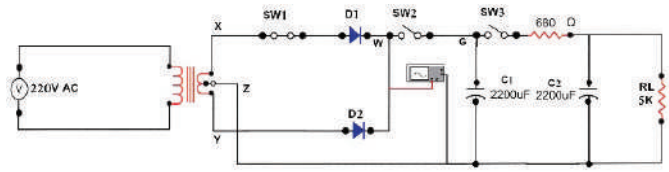
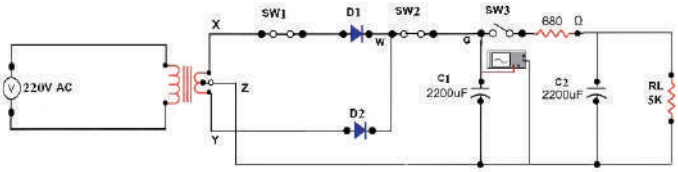
### نتاجات التمرين

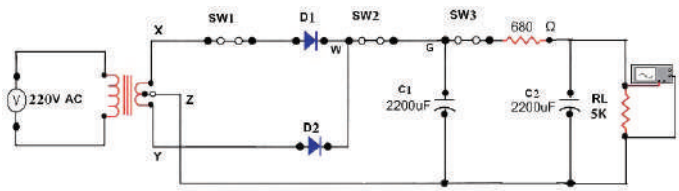
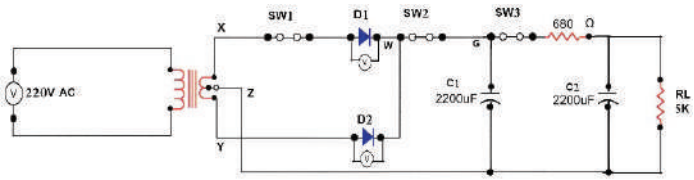
يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

1- يبني دارة تقويم موجه كاملة مع دارة تنعيم.

2- يقارن بين الإشارات على الدخل والخرج.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- ثنائيان من نوع (1N4006.<br>2- مقاومة كربونية (5KΩ) 1/2 واط.<br>3- مقاومة كربونية (680Ω) 1/2 واط.<br>4- مواسعان كيميائيان (25/2200µF فولت).<br>5- (3) مفاتيح تشغيل أحادية.<br>6- أسلاك توصيل.<br>7- لوحة توصيل.<br>8- لحام قصدير. | 1- محول خافض للفولتية (220/6) فولت/ (500) ميلي أمبير، ذو نقطة وسط.<br>2- راسم إشارة، قناتان، (20) ميغاهيرتز.<br>3- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).<br>4- كاوي لحام (30-40) واط. |
| **خطوات العمل** | **الرسوم التوضيحية** |
| 1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1)، ثم صِلِ الدارة بمصدر الفولتية المتناوبة. |  <br>الشكل (1). |

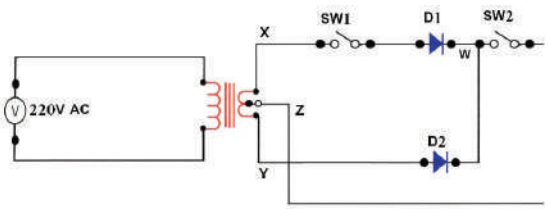
| خطوات العمل | الرسوم التوضيحية |
| --- | --- |
| 2- صِلْ جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM) لقياس الفولتية بين النقطة (X) والنقطة (Y)، والنقطتين (Y) و(Z) كما في الشكل (2)، ثم دَوِّن ما تتوصَّل إليه في دفترك. |  <br>الشكل (2). |
| 3- صِلِ القناة الأولى لجهاز راسم الإشارة لمشاهدة شكل الإشارة بين النقطة (X) والنقطة (Y)، والنقطتين (Y) و(Z)، ثم احسب قيمة التردد والفولتية كما في الشكل (3)، ثم ارسم شكل الموجة في كل حالة في دفترك. |  <br>الشكل (3). |
| 4- أغلق المفتاح (SW1)، ثم صِلِ القناة الثانية لجهاز راسم الإشارة لمشاهدة شكل الإشارة عند النقطة (W)، ثم احسب قيمة التردد والفولتية كما في الشكل (4)، ثم ارسم شكل الموجة في دفترك. |  <br>الشكل (4). |
| 5- أغلق المفتاح (SW2)، ثم صِلِ القناة الأولى لجهاز راسم الإشارة لمشاهدة شكل الإشارة عند النقطة (G)، ثم احسب قيمة التردد والفولتية كما في الشكل (5)، ثم ارسم شكل الموجة في دفترك. |  <br>الشكل (5). |

| خطوات العمل | الرسوم التوضيحية |
|---|---|
| 6- أغلق المفتاح (SW3)، ثم صِلِ القناة الثانية لجهاز راسم الإشارة لمشاهدة شكل الإشارة عند طرفي مقاومة الحمل ($R_L$) كما في الشكل (6)، ثم احسب قيمة التردد والفولتية، ثم ارسم شكل الموجة في دفترك. |  <br>الشكل (6). |
| 7- صِلْ جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM) لقياس الفولتية بين طرفي الثنائيين ($D_1$) و($D_2$) كما في الشكل (7) ثم دَوِّن ما تتوصَّل إليه في دفترك.<br>8- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها. |  <br>الشكل (7). |

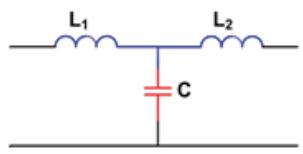
## نشاط عملي

نفِّذ التمارين العملية الآتية فرديًّا، أو ضمن مجموعات صغيرة في المشغل، أو بحسب توجيهات المعلم:

- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (8).
- صِلْ مخرج الدارة بدارة التنعيم المبينة في الشكل (9).
- كرِّر الخطوات الواردة في التمرين السادس.
- صِلْ مخرج الدارة بدارة التنعيم المبينة في الشكل (10).
- كرِّر الخطوات الواردة في التمرين السادس.
- ما تأثير دارات التنعيم في موجة الخرج؟ أي الدارتين أفضل؟

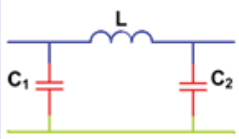



الشكل (8).




(أ) مرشح من نوع (T).

الشكل (9).




(ب) مرشح من نوع (π).

الشكل (10).

## التمرين الرابع: دارة منظم فولتية باستخدام الثنائي زينر

### نتاجات التمرين

يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

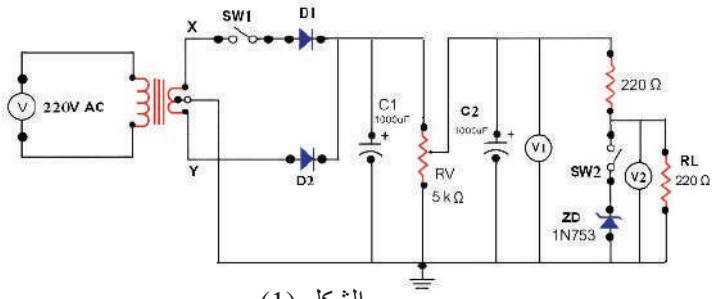
1- يبني دارة تقويم موجه كاملة مع مُثبِّت فولتية باستخدام الثنائي زينر.

2- يقارن بين الإشارات على مدخل مُثبِّت الفولتية ومخرجه.

3- يتحقق من خصائص دارة مُثبِّت الفولتية.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- (4) ثنائيات من نوع (1N4006).<br>2- ثنائي زينر من نوع (1N753، 2.6V، 400mW).<br>3- مقاومتان كربونيتان (220Ω) 1/2 واط.<br>4- مكثفان كيميائيان (1000µF)/50.<br>5- مقاومة متغيرة (5KΩ) /1 واط .<br>6- مفتاح تشغيل أحادي.<br>7- أسلاك توصيل.<br>8- لوحة توصيل.<br>9- لحام قصدير. | 1- محول خافض للفولتية (220/12) فولت/ (500) ميلي أمبير، ذو نقطة منتصف).<br>2- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).<br>3- كاوي لحام (30-40) واط. |
| **خطوات العمل** | |
| 1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1)، ثم صِلْها بمصدر الفولتية المتناوبة.<br>2- أغلق المفتاح (SW1).<br>3- اضبط المقاومة ($R_V$) على أقل قيمة لها.<br>4- صِلْ جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM) الأول لقياس الفولتية على طرفي المواسع ($C_2$)، ثم دَوِّن ما تتوصَّل إليه في دفترك. | |

## الرسوم التوضيحية




الشكل (1).

5- صِلْ جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM) الثاني لقياس الفولتية على طرفي مقاومة الحمل ($R_L$).

6- غيِّر في قيمة المقاومة ($R_V$) للحصول على الفولتيات المبينة في الجدول (1) على طرفي المواسع ($C_2$).

7- دَوِّن قيم الفولتيات على مقاومة الحمل ($R_L$) في الجدول (1).

| $V_{C2}$ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $V_{RL}$ | | | | | | | | | | | | |

الجدول (1).

8- أغلق المفتاح (SW2) لوصل الثنائي في الدارة، مكرِّرًا الخطوات (3-6).

9- دَوِّن قيم الفولتيات على الثنائي زينر (ZD) كما في الجدول (2).

| $V_{C2}$ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $V_{ZD}$ | | | | | | | | | | | | |
| $V_{RL}$ | | | | | | | | | | | | |

الجدول (2).

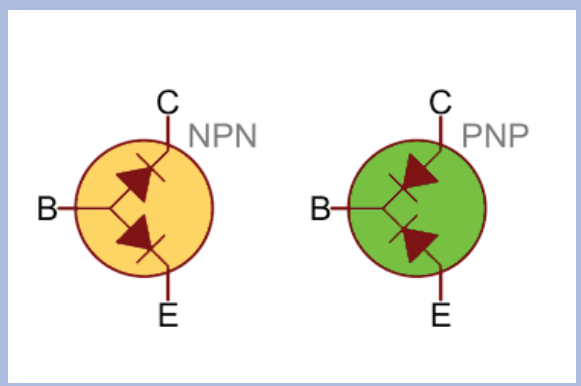
10- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها.

# خامسًا: الترانزستورات
# (Transistors)

**النتاجات الخاصة بالدرس**

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذا الدرس أن:

- يتعرف تركيب الترانزستورات، وأنواعها.
- يتعرف مبدأ عمل الترانزستورات.
- يتعرف طرائق توصيل الترانزستورات.




انظر وتساءل

استكشف

اقرأ وتعلَّم

الإثراء والتوسع

القياس والتقويم

الخريطة المفاهيمية

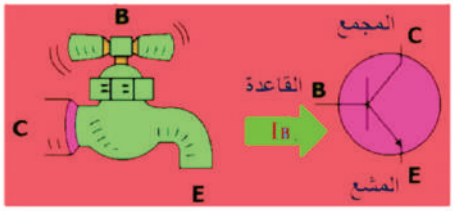
**انظر وتساءل**

انظر الشكل (2-32)، كيف يمكن التحكُّم في كمية تدفُّق المياه؟ يتم ذلك عن طريق تحريك ذراع محبس المياه بطريقة ميكانيكية، وبحسب الطلب.

الشكل (2-32): عملية التحكُّم في تدفُّق المياه.

## استكشف

• قارن بين الرسمين في الشكل (2-33)؟




الشكل (2-33): تمثيل الترانزستور.

## اقرأ وتعلَّم

درست سابقًا تركيب الثنائي شبه الموصل، وتعرَّفت مبدأ عمله، واستخداماته، وستتعرَّف في هذا الدرس أهم العناصر الإلكترونية، وهي الترانزستورات.

تعد الترانزستورات أحد أهم عناصر أشباه الموصلات التي اكتُشِفت في العصر الحديث (عام 1948م)، وتُمثِّل أساس تطور علم الإلكترونيات. تُستخدَم الترانزستورات في مضخمات الإشارة الكهربائية والمفاتيح الإلكترونية المختلفة، وقد ساعدت العوامل الآتية على انتشارها بصورة كبيرة:

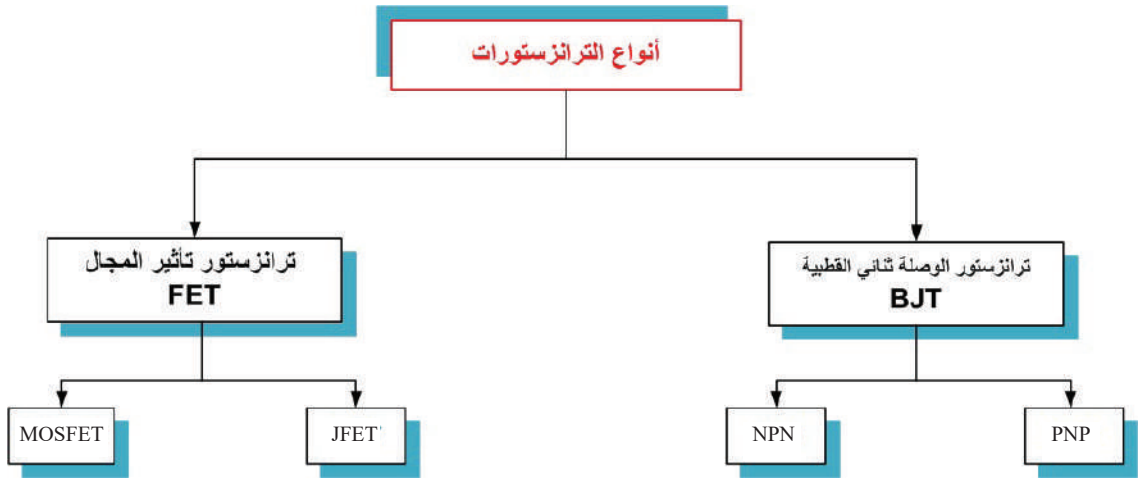
1- صغر الحجم.

2- سهولة التصنيع.

3- قلة التكاليف.

4- الاستهلاك القليل للطاقة الكهربائية.

يبين الشكل (2-34) أنواع الترانزستورات.




الشكل (2-34): أنواع الترانزستورات.

**هل تعلم؟**

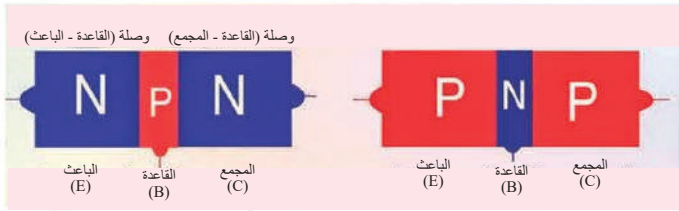
اخترع الترانزستور مجموعة من علماء الفيزياء.

## 1- ترانزستور الوصلة ثنائي القطبية (Bipolar Junction Transistor: BJT):

لو ألقيت نظرة على محتوى أحد الأجهزة الإلكترونية، أو ذهبت إلى مشغل لصيانة هذه الأجهزة، واطلعت على الأجهزة التي تجري صيانتها، لرأيت العديد من الترانزستورات المختلفة الحجوم والأشكال، التي تُمثِّل جزءًا مهمًّا من مكونات هذه الأجهزة، وقد تسأل: ما هذا الترانزستور الذي أحدث تطورًا سريعًا في الأجهزة الإلكترونية؟ ما تركيبه؟ ما مبدأ عمله؟

### أ - تركيب ترانزستور الوصلة ثنائي القطبية:

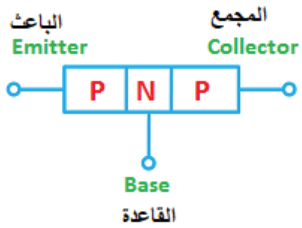
يتكوَّن هذا الترانزستور من بلورة شبه موصلة من الجرمانيوم أو السيليكون، مقسمة إلى ثلاث مناطق من المواد شبه الموصلة، مطعمة بأنواع مختلفة من الشوائب؛ لتكوين شرائح موجبة وأخرى سالبة، مفصولة بوصلتين من نوع (pn). والمناطق الثلاث هي: المجمع (Collector:C)، والباعث (Emitter:E)، والقاعدة (Base:B). يُطلَق على الوصلة (pn) التي تربط منطقة القاعدة بمنطقة الباعث اسم وصلة (القاعدة-الباعث)، في حين تُعرَف الوصلة (pn) الثانية التي تربط منطقة القاعدة بمنطقة المجمع باسم وصلة (القاعدة –المجمع)، انظر الشكل (2-35).




الشكل (2-35): تركيب ترانزستور الوصلة ثنائي القطبية.

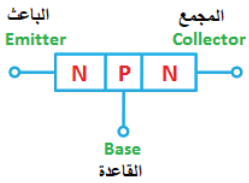
يُصنَّف ترانزستور الوصلة ثنائي القطبية تبعًا لتركيب المناطق الثلاث إلى نوعين، هما:

1. **ترانزستور (PNP):** يتكوَّن هذا الترانزستور من ثلاث مناطق؛ اثنتان منها موجبتان وبينهما منطقة سالبة، والمنطقة الوسطى من النوع (N). أمّا المنطقتان الطرفيتان فهما من النوع (P)، ويسمى الترانزستور في هذه الحالة ترانزستور (PNP)، وبذلك تتكوَّن وصلتان، هما: وصلة (القاعدة -الباعث)، ووصلة (القاعدة –المجمع). يُشبِه هذا الترانزستور زوجًا من الثنائيات؛ إذ إنه يتضمن وصلتين من (PN)، كما في الشكل (2-36) .




الشكل (2-36): تركيب الترانزستور من نوع (PNP).

2. **ترانزستور (NPN):** يتكوَّن هذا الترانزستور من ثلاث مناطق؛ اثنتان سالبتان، وبينهما منطقة موجبة، والمنطقة الوسطى من النوع (P). أمّا المنطقتان الطرفيتان فهما من النوع (N)، ويسمى الترانزستور في هذه الحالة ترانزستور (NPN)، وبذلك تتكوَّن وصلتان، هما: وصلة (القاعدة-الباعث)، ووصلة (القاعدة –المجمع). يُشبِه هذا الترانزستور زوجًا من الثنائيات؛ إذ إنه يتضمن وصلتين من (PN) كما في الشكل (2-37).



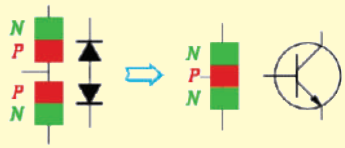

الشكل (2-37): تركيب الترانزستور من نوع (NPN).

**هل تعلم؟**

- الإلكترونات هي أكثر الحاملات للشحنة في الترانزستور من نوع (NPN).
- الفجوات هي أكثر الحاملات للشحنة في الترانزستور من نوع (PNP).

**فكّر**

هل يمكن النظر إلى الترانزستور من نوع (NPN) بوصفه يتركب من ثنائيين كما في الشكل الآتي؟



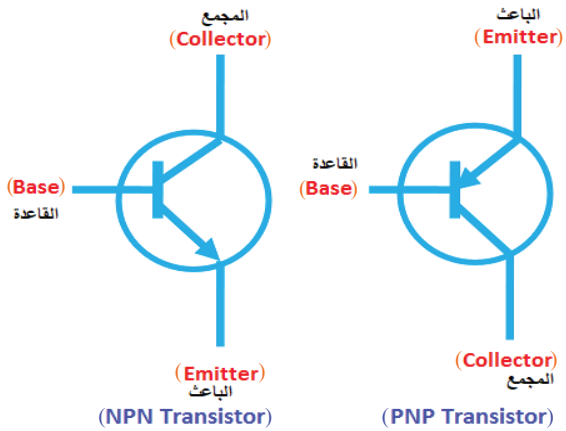

يحتوي الترانزستور على ثلاثة أطراف، هي:

1- **الباعث (Emitter):** الجزء المتخصص في إمداد حاملات الشحنة، وهي الفجوات في حالة الترانزستور (pnp)، والإلكترونات في الترانزستور (NPN)، ويرمز إليه بالرمز (E).

2- **المجمع (Collector):** يختص هذا الجزء من الترانزستور بتجميع حاملات الشحنة القادمة من المشع، ويرمز إليه بالرمز (C).

3- **القاعدة (Base):** تُمثِّل المنطقة الوسطى بين المشع والمجمع، ويرمز إليها بالرمز (B).

يمتاز ترانزستور (PNP) من ترانزستور (NPN) في اتجاه السهم؛ إذ يشير السهم في النوع الأول إلى الباعث في اتجاه القاعدة، في حين يشير السهم في النوع الثاني إلى القاعدة في اتجاه الباعث، انظر الشكل (2-38).




الشكل (2-38): رموز الترانزستور.

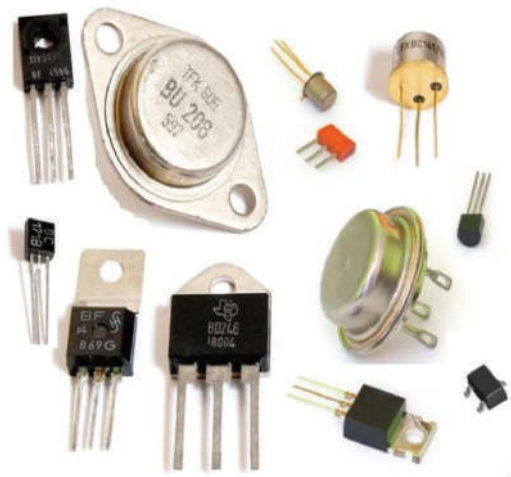
**تذكَّر**

السهم يشير دائمًا إلى الباعث في كلا النوعين من الترانزستور.

ولكن، ما الذي يميز بين الباعث والمجمع والقاعدة؟

- **منطقة الباعث**: يكون تركيز الشوائب فيها أكثر من تركيزها في منطقة المجمع؛ إذ تكون مشبعة بحاملات الشحنة.
- **منطقة القاعدة**: تمتاز هذه المنطقة بأنها رقيقة جدًّا، ونسبة التركيز فيها منخفضة نسبيًّا، وبذلك تكون موصليتها متوسطة، وسُمْكها صغير جدًّا.
- **منطقة المجمع**: هي أكبر المناطق حجمًا.

يكون حجم الترانزستور صغيرًا جدًّا، ويوضع داخل حافظة من البلاستيك أو المعدن محكمة الإغلاق؛ لكيلا يتعرَّض للرطوبة والعوامل الجوية الأخرى. ويبين الشكل (2-39) الأشكال الشائعة للترانزستورات. وكذلك يجب أخذ الاحتياطات اللازمة للتخلص من الحرارة الزائدة الناتجة في أثناء التشغيل.

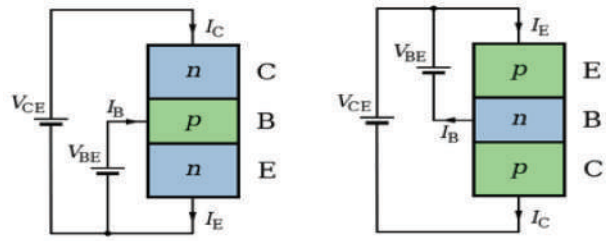



الشكل (2-39): الأشكال الشائعة للترانزستورات.

**ب- انحيازات ترانزستور الوصلة ثنائي القطبية:**

لكي يعمل الترانزستور بصورة طبيعية؛ يجب توفير الانحياز المناسب له، ويلزم لذلك مصدران للفولتية؛ بأن تكون وصلتا (pn) منحازتين بصورة صحيحة. ويبين الشكل (2-40) طريقة انحياز الترانزستور، ويُلاحَظ أن مصدر الفولتية الأول فيه يصل القاعدة بالباعث على نحوٍ يجعله منحازًا أماميًّا؛ ما يؤدي إلى سريان التيار من القاعدة إلى الباعث، وأن مصدر الفولتية الثاني يصل القاعدة

بالمجمع على نحوٍ يجعله منحازًا عكسيًّا؛ ما يؤدي إلى سريان التيار من المجمع إلى الباعث. ويبين الشكل (2-40/ أ) انحياز الترانزستور من نوع (pnp)، أمّا الشكل (2-40/ ب) فيبين انحياز الترانزستور من نوع (npn).

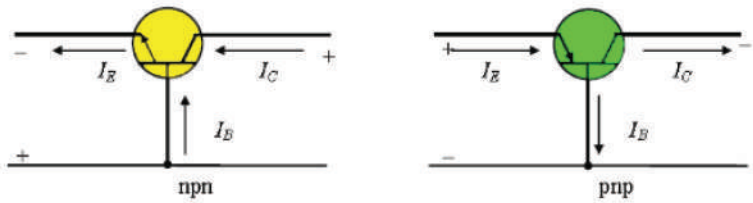



(ب) (أ)

الشكل (2-40): انحيازات الترانزستور (npn، pnp).

**جـ تيارات ترانزستور الوصلة ثنائي القطبية:**

يبين الشكل (2-41) مسار التيار في كلٍّ من الترانزستور (pnp)، والترانزستور (npn)؛ إذ يتبع اتجاه تيار الباعث نفس مسار السهم الموجود على الرمز الخاص بالترانزستور وتياري القاعدة والمجمع، وهو الاتجاه العكسي. أمّا أكثر تيارين أهمية في الترانزستور فهما تيار القاعدة ($I_B$)، وتيار المجمع ($I_C$). وتيار القاعدة (صغير جدًّا) هو التيار الحاكم؛ إذ يتحكم في تيار المجمع وصولًا إلى نقطة معينة لا يزداد بعدها تيار المجمع بزيادة تيار القاعدة.




الشكل (2-41): مسار التيار في الترانزستور من نوع (npn)، والترانزستور من نوع (pnp).

بحسب القانون الأول لكيرشوف، فإن تيار الباعث يساوي تيار المجمع، مضافًا إليه تيار القاعدة:

$$\mathbf{I_E = I_C + I_B}$$

حيث:

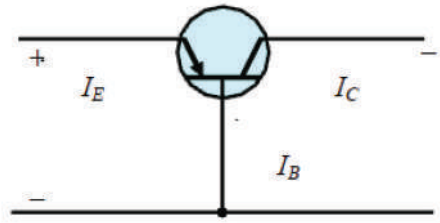
**$I_E$:** تيار الباعث.

**$I_C$:** تيار المجمع.

**$I_B$:** تيار القاعدة.

**سؤال**

حدِّد مسار التيار للترانزستور المبين في الشكل (2-42).




الشكل (2-42): تيارات الترانزستور.

### د- مناطق عمل ترانزستور الوصلة ثنائي القطبية

1. **منطقة القطع (Cut off):** في هذه المنطقة، يكون تيار القاعدة (تيار التحكم) ($I_B$) صفرًا، ويعمل الترانزستور بوصفه دائرة مفتوحة، بحيث لا يسري أي تيار من المجمع إلى الباعث، ويعمل أيضًا بوصفه مفتاحًا إلكترونيًّا في حالة القطع (OFF).

2. **المنطقة الفعالة (Active Region):** عند تطبيق فولتية بين وصلة (القاعدة – المشع)، مقدارها (0.7) فولت في حالة ترانزستور السيليكون، و(0.3) فولت إذا كان الترانزستور من الجرمانيوم؛ يبدأ الترانزستور في هذه المنطقة بالعمل، وكلما زاد تيار القاعدة ($I_B$) زاد تيار المجمع ($I_C$) إلى حد معين يصل بعدها الترانزستور إلى حالة التشبُّع، ويعمل الترانزستور في هذه المنطقة مضخمًا للإشارات الكهربائية.

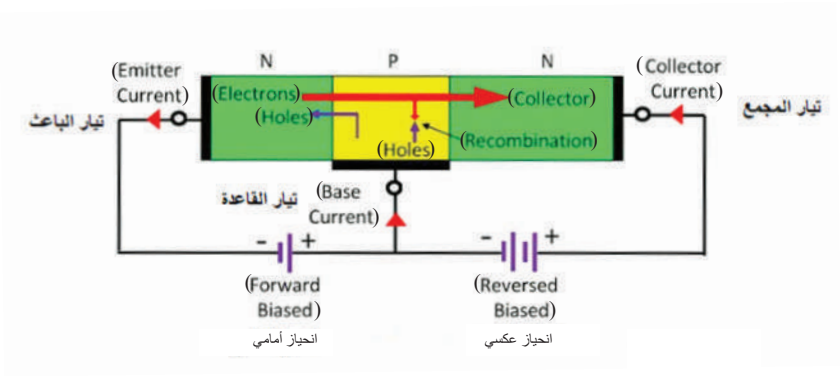
3. **منطقة الاشباع (Saturation Region):** مهما زاد تيار القاعدة ($I_B$) في هذه المنطقة، فإن تيار المجمع ($I_C$) لا يزيد؛ إذ يعمل الترانزستور بوصفه دارة قصر، ويكون تيار المجمع في هذه الحالة أعلى ما يمكن بالنسبة إلى تيار المصدر، ويعمل الترانزستور في هذه المنطقة مفتاحًا إلكترونيًّا في حالة الوصل (ON).

**النشاط (2-4)**

بيِّن بالرسم انحيازات الترانزستور من نوع (pnp) عند عمله في مناطق العمل الثلاث.

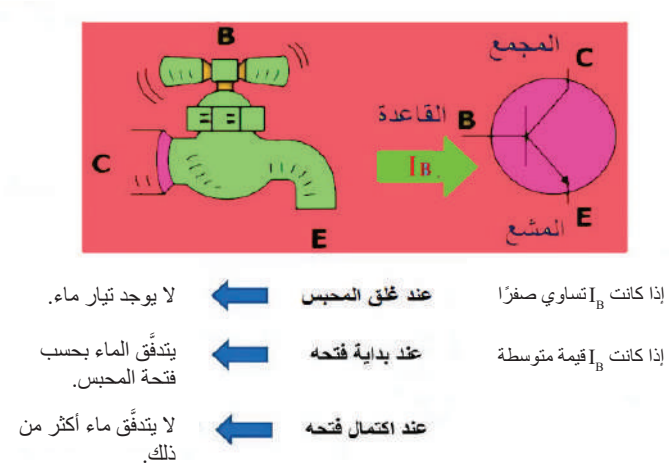
### هـ- مبدأ عمل ترانزستور الوصلة ثنائي القطبية:

من المهم توضيح مبدأ عمل الترانزستور من نوع (npn)؛ لأنه الأقدم والأسهل استخدامًا. يتكوَّن هذا الترانزستور من وصلة (pn) منحازة انحيازًا أماميًّا، تتبعها وصلة (pn) المنحازة انحيازًا عكسيًّا كما في الشكل (2-43)، وفيه يتحكم تيار القاعدة في تيار المجمع.




الشكل (2-43): مبدأ عمل ترانزستور الوصلة ثنائي القطبية.

لتسهيل فهم مبدأ عمل الترانزستور، يمكن تشبيه عمله بعمل محبس المياه، انظر الشكل (2-44).




الشكل (2-44): تشبيه عمل الترانزستور بعمل محبس المياه.

يُلاحَظ من الشكل ما يأتي:

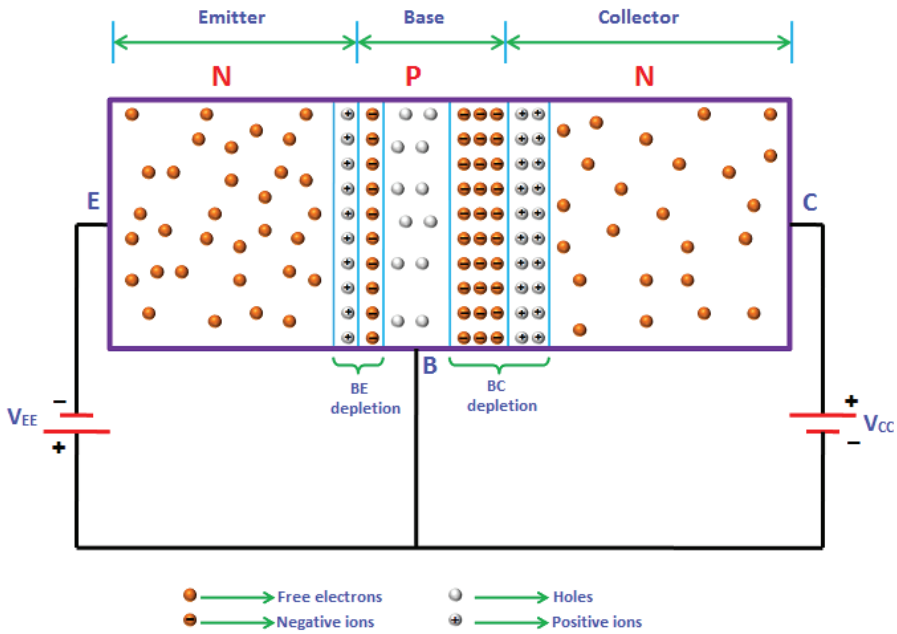
- عندما يكون المحبس مغلقًا لا يتدفَّق تيار ماء. أمّا في الترانزستور فعندما يساوي تيار القاعدة ($I_B$) صفرًا، وهو تيار التحكم، لا يسري تيار من المجمع ($I_C$) إلى الباعث.
- عند بداية فتح المحبس يبدأ الماء بالتدفُّق بحسب فتحة المحبس. أمّا في الترانزستور فعندما يكون

تيار القاعدة ($I_B$) أكبر من (0)، يسري تيار من المجمع إلى الباعث، وكلما زادت فتحة المحبس زاد تدفُّق الماء، وهذا يعني أنه كلما زاد تيار القاعدة زاد تيار المجمع.

- عند اكتمال فتحة المحبس لا يتدفَّق ماء أكثر من ذلك، وهذا يعني أنه عند قيمة معينة لتيار القاعدة يثبت تيار المجمع؛ أي مهما زاد تيار القاعدة، فإن تيار المجمع لا يزداد.
- تيار القاعدة هو الذي يتحكم في تيار المجمع.

يمكن تلخيص عمل الترانزستور في ما يأتي:

- عند تطبيق فولتية على الترانزستور؛ لتأمينه بالانحيازيات اللازمة، يعمل مصدر الفولتية الأول على جعل وصلة (القاعدة – الباعث) منحازة انحيازًا أماميًّا، ويعمل مصدر الفولتية الثاني على جعل وصلة (القاعدة –المجمع) منحازة انحيازًا عكسيًّا.
- الانحياز الأمامي بين القاعدة والباعث يجعل منطقة الاستنزاف (Depletion Region) بينهما تضيق. أمّا الانحياز العكسي للقاعدة والمجمع فيؤدي إلى اتساع منطقة الاستنزاف بينهما، انظر الشكل (2-45).




الشكل (2-45): عمل الترانزستور بعد وصله بمصدر الفولتية.

- التطعيم الكثيف للإلكترونات في منطقة الباعث من النوع (n) يؤدي إلى زيادة كبيرة في عدد إلكترونات التوصيل التي تستطيع الانتشار بسهولة خلال وصلة (القاعدة – الباعث) ذات الانحياز الأمامي إلى منطقة القاعدة من النوع (p).

- التطعيم غير الكثيف لمنطقة القاعدة، بالإضافة إلى سُمْكها الضيق، يجعل عدد الفجوات فيها محدودًا؛ لذا، فإن نسبة صغيرة من الإلكترونات الكلية التي تندفع من وصلة (القاعدة – الباعث) تتحد مع الفجوات المتوافرة في القاعدة.
- تندفع الإلكترونات المتحدة مع الفجوات خارج طرف توصيل القاعدة بوصفها إلكترونات تُمثِّل تيار القاعدة الصغير.
- معظم الإلكترونات المندفعة من الباعث إلى منطقة القاعدة الضيقة والخفيفة التركيز لا تتحد، وإنما تنتشر إلى منطقة الاستنزاف بين القاعدة والمجمع.
- يحدث لهذه الإلكترونات انجذاب بفعل المجال المتكون من قوة الجذب بين الأيونات السالبة والأيونات الموجبة نتيجة الانحياز العكسي لوصلة (القاعدة – المجمع).
- تتحرك الإلكترونات في منطقة المجمع خارجة إلى الطرف الموجب لمنبع فولتية المجمع مُشكِّلةً تيار المجمع.

**تذكَّر**

تركيز الشوائب في منطقة الباعث أعلى كثيرًا من منطقة المجمع، أمّا القاعدة فتمتاز بنسبة تركيز منخفضة نسبيًّا، وبذلك تكون موصليتها متوسطة، وسُمْكها صغير جدًّا.

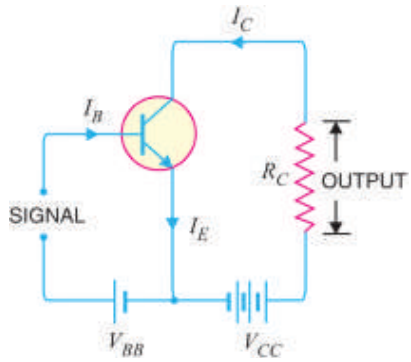
**ابحث**

- ابحث أنت وزملاؤك في شبكة الإنترنت عن مبدأ عمل الترانزستور من نوع (pnp)، ثم اكتب تقريرًا عن ذلك، ثم اعرضه على المعلم.

**و - طرائق توصيل ترانزستور الوصلة ثنائي القطبية:**

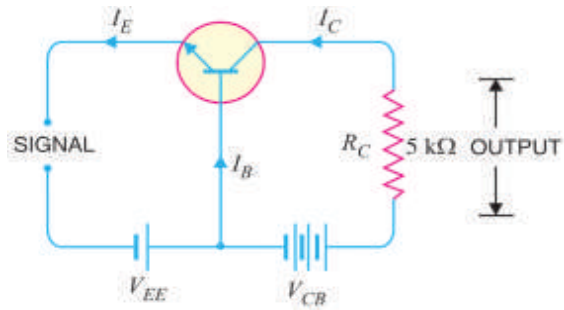
للترانزستور ثلاثة أطراف (باعث، وقاعدة، ومجمع)؛ لذا توجد ثلاث طرائق لتوصيله، وستتعرَّف لاحقًا أنه يمكن تحديد كيفية عمل الترانزستور تبعًا للطريقة التي توصَل بها أطرافه، وأن التوصيلة المناسبة تُختار بناءً على وظيفة الدارة، وهذه الطرائق هي:

1. **دارة الباعث المشترك (Common Emitter: CE):** يبين الشكل (2-46) دارة الباعث المشترك.




الشكل (2-46): دارة الباعث المشترك.

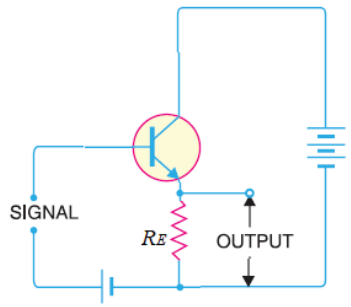
2. **دارة القاعدة المشتركة (Common Base: CB):** يبين الشكل (2-47) دارة القاعدة المشتركة.




الشكل (2-47): دارة القاعدة المشتركة.

3. **دارة المجمع المشترك (Common Collector: CC):**

تسمى أيضًا دارة تابع الباعث (Emitter Follower)، ويبين الشكل (2-48)، دارة المجمع المشترك.




الشكل (2-48): دارة المجمع المشترك.

يبين الجدول (2-2) مزايا الدارات الأساسية الثلاث.

الجدول (2-2): مزايا دارات توصيل الترانزستور الأساسية.

| | دارة الباعث المشترك | دارة القاعدة المشتركة | دارة المجمع المشترك |
|---|---|---|---|
| مقاومة الدخل | متوسطة بحدود (750) أوم | منخفضة بحدود (100) أوم | عالية جدًّا بحدود (750) كيلو أوم |
| مقاومة الخرج | عالية بحدود (45) كيلو أوم | عالية جدًّا بحدود (450) كيلو أوم | منخفضة بحدود (50) أوم |
| 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 |
| الاستخدام | مضخم الترددات الصوتية | مضخم للترددات العالية | للتوفيق بين الممانعات |

**ابحث**

ابحث أنت وزملاؤك في شبكة الإنترنت عن أحد التطبيقات العملية التي تُستخدَم فيها دارة القاعدة المشتركة، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم اعرضه على المعلم.

### ز- تطبيقات ترانزستور الوصلة ثنائي القطبية:

يستخدم الترانزستور في تطبيقات عِدَّة، أهمها:

**1. استخدام ترانزستور الوصلة ثنائي القطبية مضخمًا للإشارة:**

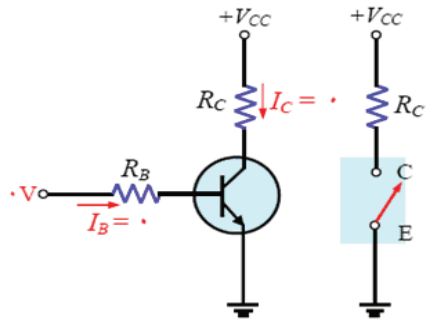
إن الاستخدام الرئيس لترانزستور الوصلة ثنائي القطبية هو تضخيم الإشارات الكهربائية في الدارات الإلكترونية المستخدمة في الأجهزة الإلكترونية.

**2. استخدام الترانزستور مفتاحًا إلكترونيًّا:**

يعد استخدام الترانزستور بوصفه مفتاحًا إلكترونيًّا من أهم تطبيقات الترانزستور في الدارات الكهربائية، وبخاصة الدارات الرقمية. عند عمل الترانزستور في منطقتي القطع والتشبُّع فإنه يكون أشبه بالمفتاح الذي يؤدي إلى وصل دارات الأحمال الكهربائية وفصلها. وفي ما يأتي بيان لمبدأ عمل الترانزستور في هذه الحالة:

### في حالة القطع (OFF):

يبين الشكل (2-49) دارة مفتاح ترانزستوري في حالة القطع (OFF)؛ لأن وصلة (القاعدة – الباعث) ليست في انحياز أمامي، ويُلاحَظ من الشكل أن فولتية الدخل ($V_{in}$) تساوي صفرًا أو أقل إلى الحد الذي لا يسمح بمرور تيار بدارة قاعدة الترانزستور؛ أي إن قيمة تيار القاعدة ($I_B$) تساوي صفرًا، وتُمثِّل هذه الحالة بمفتاح في حالة القطع (OFF).



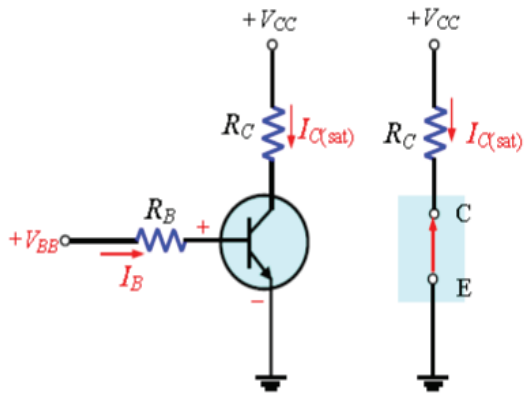

الشكل (2-49): دارة مفتاح ترانزستوري في حالة القطع.

**تذكَّر**

يعمل الترانزستور في حالة القطع بوصفه مفتاحًا في وضع القطع (OFF).

### في حالة الوصل (ON):

عند تطبيق فولتية الدخل ($V_{in}$) كما في الشكل (2-50)، يسري تيار في دارة قاعدة الترانزستور، فيتحول من حالة القطع إلى حالة التشبُّع؛ ما يؤدي إلى انخفاض فولتية المجمع ($V_C$) إلى قيمة صغيرة جدًّا، وتصبح فولتية المصدر ($V_{CC}$) مُطبَّقة كلها على الحمل، ويسري تيار المجمع ($I_C$) عبر الحمل، وتُمثَّل هذه الحالة بمفتاح في حالة الوصل (ON).




الشكل (2-50): دارة مفتاح ترانزستوري في حالة الوصل.

**تذكَّر**

عندما يكون الترانزستور في حالة التشبُّع، فإنه يعمل بوصفه مفتاحًا في وضع الوصل (ON).



منهاجي
متعة التعليم الهادف

## 2- ترانزستور تأثير المجال (Field Effect Transistor: FET):

ما تركيب هذا الترانزستور؟ ما خصائصه؟ ما استخداماته في الدارات الإلكترونية؟

ترانزستور تأثير المجال هو عنصر له ثلاثة أطراف، هي: المنبع (Source)، والمصرف (Drain)، والبوابة (Gate). وهذه الأطراف تقابل الباعث والمجمع والقاعدة (على الترتيب) في الترانزستور ثنائي الوصلة. وبينما يتحكم تيار القاعدة في الترانزستور ثنائي الوصلة في التيار بين الباعث والمجمع، فإن الفولتية المُطبَّقة على البوابة في ترانزستور تأثير المجال هي التي تتحكم في التيار بين المنبع والمصرف. يمتاز هذا الترانزستور بأنه أحادي القطبية؛ أي إن 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).

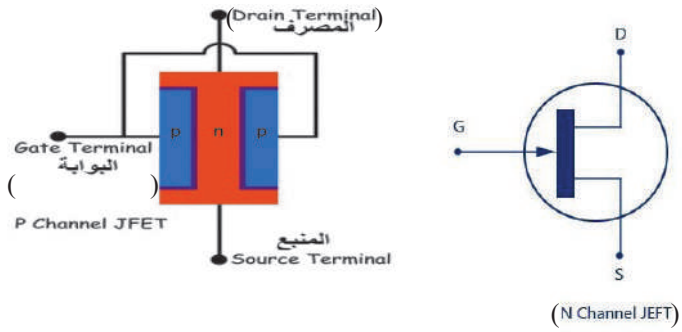
توجد أنواع مختلفة من هذا الترانزستور، أهمها:

### أ - ترانزستور تأثير المجال ذو الوصلة (Junction Field Effect Transistor: JFET):

**1. تركيب ترانزستور تأثير المجال ذي الوصلة (JFET):** يوجد نوعان رئيسان من هذا الترانزستور، هما:

**أ . ترانزستور تأثير المجال ذو الوصلة للقناة السالبة (n) ( N-channel JFET):**

يبين الشكل (2-51) التركيب الأساسي لهذا الترانزستور، ورمزه؛ فهو يتكوَّن من لوح شبه موصل من النوع السالب (n)، يُركَّب على وجهيه (السفلي، والعلوي) قطعتان من مادة شبه موصلة من النوع الموجب (p) لتكوين قناة ضمن المادة السالبة (n)، وفي هذا النوع تكون حاملات الشحنة هي الإلكترونات.



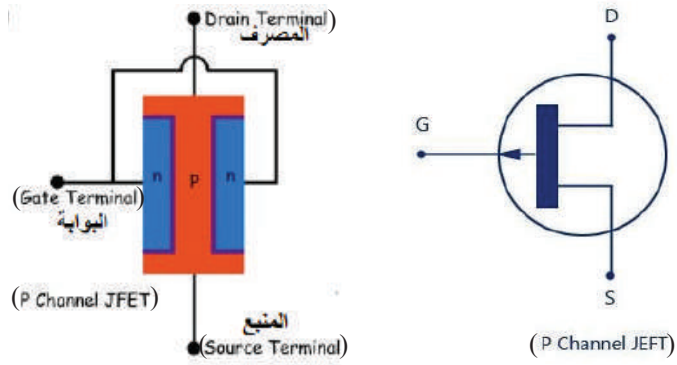

الشكل (2-51): تركيب ترانزستور تأثير المجال ذي الوصلة من نوع (n)، ورمزه.

**تذكَّر**

في ترانزستور تأثير المجال ذي الوصلة للقناة السالبة تكون حاملات الشحنة هي الإلكترونات.

**ب- ترانزستور تأثير المجال ذو الوصلة للقناة الموجبة (p) (p-channel JFET):**

يبين الشكل (2-52) التركيب الأساسي لهذا الترانزستور، ورمزه؛ فهو يتكوَّن من لوح شبه موصل من النوع الموجب (p)، يُركَّب على وجهيه (السفلي، والعلوي) قطعتان من مادة شبه موصلة من النوع السالب (n) لتكوين قناة ضمن المادة الموجبة (p)، وفي هذا النوع تكون حاملات الشحنة هي الفجوات.




الشكل (2-52): تركيب ترانزستور تأثير المجال من نوع (p)، ورمزه.

لترانزستور تأثير المجال ثلاثة أطراف، هي:

- **المنبع (Source: S):** هو الطرف الذي تدخل من خلاله حاملات الشحنة الأغلبية (الإلكترونات) في حالة الترانزستور ذي الوصلة للقناة (n)، والفجوات في حالة الترانزستور ذي الوصلة للقناة (p)، مكونة بذلك تيار المنبع (Source Current) الذي يرمز إليه بالرمز ($I_S$). ويناظر طرف المنبع (S) في الترانزستور أحادي القطبية طرف الباعث (E) في الترانزستور ثنائي القطبية.

- **المصرف (Drain: D):** هو الطرف الذي تخرج من خلاله 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.

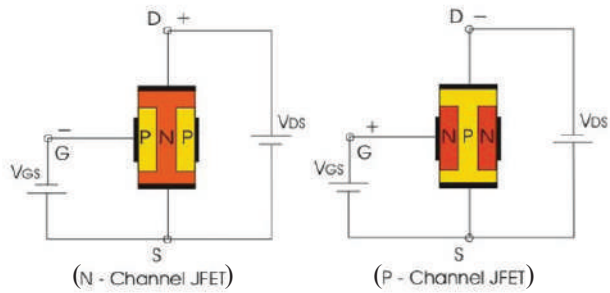
- **البوابة (Gate: G):** يُقصَد بها المنطقتان الجانبيتان، وهي تمتاز باحتوائها على تركيز عالٍ من الشوائب، ويناظر البوابة (G) في الترانزستور أحادي القطبية طرف القاعدة (B) في الترانزستور ثنائي القطبية.

**تذكَّر**

في ترانزستور تأثير المجال ذي الوصلة للقناة الموجبة تكون حاملات الشحنة هي الفجوات.

## ب. انحيازات ترانزستور تأثير المجال ذي الوصلة (JFET):

يبين الشكل (2-53) فولتيات الانحياز اللازمة لعمل ترانزستور تأثير المجال ذي القناة السالبة من نوع (n)، والترانزستور ذي القناة الموجبة من نوع (p)؛ إذ يُوفِّر مصدر الفولتية ($V_{DS}$) فولتية الانحياز اللازم بين طرفي (المنبع – المصرف)، في حين يُوفِّر مصدر الفولتية ($V_{GS}$) فولتية الانحياز العكسي للوصلة بين البوابة من نوع (p)، والمنبع من نوع (n).




الشكل (2-53): انحياز ترانزستور تأثير المجال ذي الوصلة للقناة السالبة، وللقناة الموجبة.

## جـ. مناطق عمل ترانزستور تأثير المجال ذي الوصلة (JFET):

### 1. المنطقة الأومية أو الخطية (Ohmic Region):

هي المنطقة التي يسلك فيها الترانزستور سلوك مقاومة يتحكم فيها عن طريق الفولتية المُطبَّقة على البوابة؛ أي إن العلاقة خطية بين الفولتية والتيار.

### 2. منطقة الإشباع (Saturation Region):

في هذه المنطقة، يتأثَّر تيار المصرف بفولتية القاعدة ($V_{GS}$)، ولا يتأثَّر بتغيُّر الفولتية بين المصرف والمنبع ($V_{DS}$)، حيث يأخذ المنحنى شكل مستقيم بصرف النظر عن تغيُّر قيم الفولتية بين المنبع والمصرف؛ إذ تظل قيمة تيار المصرف ثابتة.

### 3. منطقة القطع (Cut-off Region):

تُعرَف هذه المنطقة باسم منطقة الاختناق، وفيها ينتقل الترانزستور إلى حالة القطع بسبب زيادة الفولتية السالبة (إلى حد كبير) المُطبَّقة على البوابة ($V_{GS}$)، عندئذٍ، لا يمر تيار من المصرف أبدًا، وتسمى الفولتية التي يحدث عندها القطع فولتية الاختناق ($V_P$).

**تذكَّر**

في الترانزستور ثنائي الوصلة، يتحكم تيار القاعدة في التيار بين الباعث والمجمع. أمّا في هذا النوع من الترانزستورات فإن الفولتية المُطبَّقة على البوابة هي التي تتحكم في التيار بين المنبع والمصرف.

### 4. منطقة الانهيار (Breakdown Region):

في هذه المنطقة يفقد الترانزستور القدرة على ممانعة مرور التيار من المصرف إلى المنبع بسبب القيمة العالية للفولتية بين المنبع والمصرف ($V_{DS}$)، ويُطلَق على هذه الفولتية اسم فولتية الانهيار.

## د. مزايا ترانزستور تأثير المجال ذي الوصلة (JFET):

يمتاز ترانزستور (JFET) بارتفاع مقاومة الدخل له؛ إذ تزيد على عشرات الميجا أوم، وتعد ضرورية في كثير من التطبيقات، ويمكن تغذيته من مصادر ذات فولتية عالية، ومصادر ذات فولتية منخفضة، ويشيع وجوده في التطبيقات التي يتطلَّب استخدامها أن يكون مفتاحًا إلكترونيًّا.

**ابحث**

مستعينًا بالمراجع العلمية المتوافرة في مكتبة مدرستك، ابحث أنت وزملاؤك عن تطبيقات عملية أخرى.

## ب- ترانزستور تأثير المجال من نوع الأكسيد المعدني
## (Metal Oxide Semiconductor FET: MOSFET):

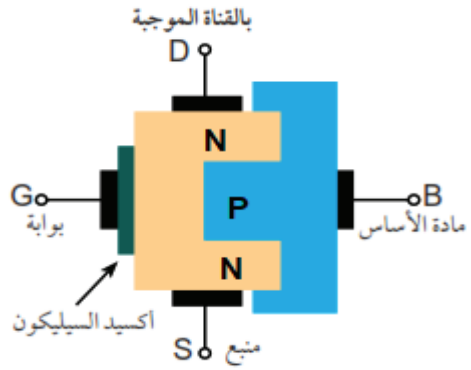
ما تركيب هذا الترانزستور؟ ما خصائصه؟ ما استخداماته في الدارات الإلكترونية؟

هذا الترانزستور نوع آخر من ترانزستورات تأثير المجال، وهو يختلف عن ترانزستور تأثير المجال ذي الوصلة في أنه لا يحتوي على وصلة في بنائه؛ إذ تكون بوابته معزولة عن القناة بطبقة من ثاني أكسيد السيليكون ($SiO_2$). ويُطلَق على هذا الترانزستور اسم ترانزستور تأثير المجال ذي البوابة المعزولة (IGFET).

**1. أنواع ترانزستور تأثير المجال من نوع الأكسيد المعدني:** يوجد نوعان رئيسان من ترانزستورات (MOSFET)، هما:

**أ- ترانزستور تأثير المجال الاستنزافي (Depletion Mode MOSFET: DEMOSFET):**

يوجد نوعان رئيسان من هذا الترانزستور، بحسب المكونات، هما: ترانزستور تأثير المجال (MOSFET) الاستنزافي ذو القناة السالبة (n-channel)، وترانزستور تأثير المجال (MOSFET) الاستنزافي ذو القناة الموجبة (p-channel). يبين الشكل (2-54) تركيب ترانزستور تأثير المجال (DEMOSFET) الاستنزافي ذي القناة السالبة (n-channel)؛ إذ يتكوَّن من طبقة من أساس من المادة (p)، يُطعَّم فيها منطقتان من بلورتين من مادة شبه موصلة من نوع (n)، تُمثِّل طرفي المنبع والمصرف، وتُنشَر طبقة سالبة بين المنبع والمصرف لتكوين القناة.

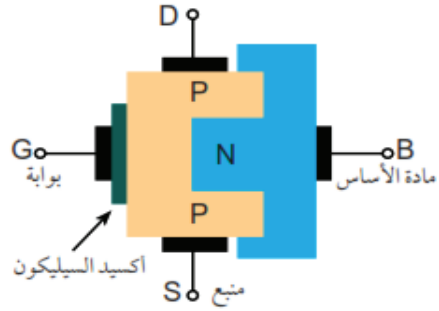



الشكل (2-54): تركيب ترانزستور تأثير المجال الاستنزافي ذي القناة السالبة.

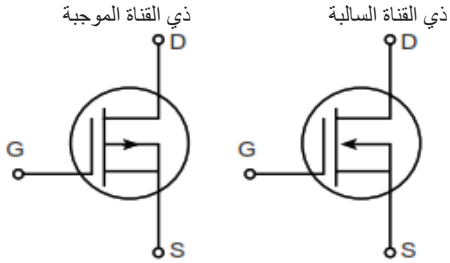
**تذكَّر**

يحتوي ترانزستور تأثير المجال الاستنزافي على قناة فيزيائية.

أمّا الشكل (2-55) فيبين تركيب ترانزستور تأثير المجال (DEMOSFET) الاستنزافي ذي القناة الموجبة (p-Channel)؛ إذ يتكوَّن من طبقة أساس من المادة (n)، يُطعَّم فيها منطقتان من بلورتين من مادة شبه موصلة من نوع (p)، تُمثِّل طرفي المنبع والمصرف، وتُنشَر طبقة موجبة بين المنبع والمصرف لتكوين القناة. وأمّا الشكل (2-56) فيبين رموز هذا الترانزستور.




الشكل (2-55) :تركيب ترانزستور تأثير المجال الاستنزافي ذي القناة الموجبة.

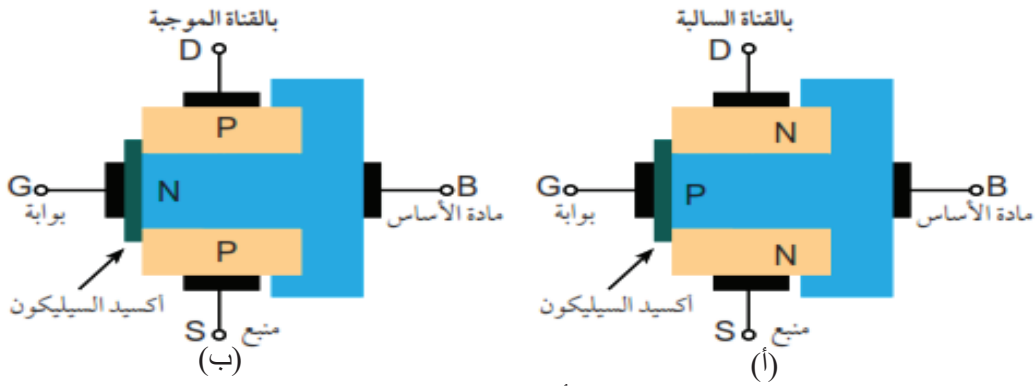



الشكل (2-56): رموز ترانزستورات تأثير المجال الاستنزافي.

**ب. ترانزستور تأثير المجال التعزيزي (Enhnasmnet Mode EMOSFET):**

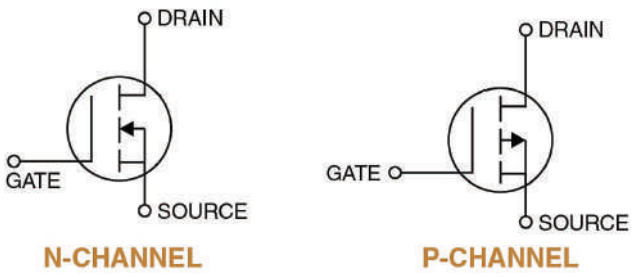
يوجد نوعان رئيسان من هذا الترانزستور، بحسب المكونات، هما: ترانزستور تأثير المجال (EMOSFET) التعزيزي ذو القناة السالبة (n-Channel)، وترانزستور تأثير المجال (EMOSFET) التعزيزي ذو القناة الموجبة (p-channel). يبين الشكل (2-57/ أ) تركيب ترانزستور تأثير المجال (EMOSFET) التعزيزي ذي القناة السالبة (n-Channel)؛ إذ يتكوَّن من طبقة أساس من المادة (p)، يُطعَّم فيها منطقتان من بلورتين من مادة شبه موصلة من نوع (n)، تُمثِّل طرفي المنبع والمصرف. يُلاحَظ من الشكل أن مادة الأساس (p) للترانزستور تتمدَّد حتى تصل المادة الفاصلة على البوابة (أكسيد السيليكون)، وأن هذا الترانزستور لا يحوي قناة فيزيائية، وإنما تتكوَّن قناة وهمية عند عمل الترانزستور.

أمّا الشكل (2-57/ ب) فيبين تركيب ترانزستور تأثير المجال (EMOSFET) التعزيزي ذي القناة السالبة (p-Channel).




الشكل (2-57): تركيب ترانزستور تأثير المجال التعزيزي ذي القناة السالبة والقناة الموجبة.

وأمّا الشكل (2-58) فيبين رمز ترانزستور تأثير المجال (MOSFET) التعزيزي ذي القناة الموجبة (n-channel)، ورمز ترانزستور تأثير المجال (MOSFET) التعزيزي ذي القناة الموجبة (p-channel).



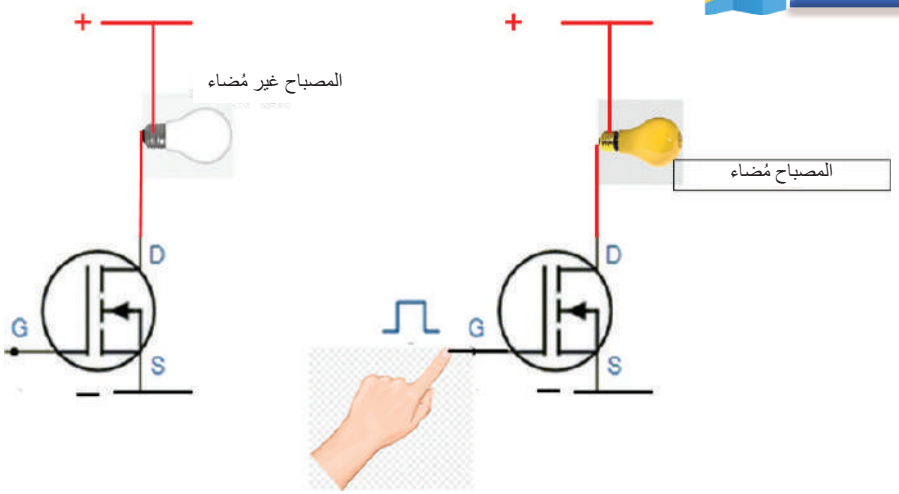

الشكل (2-58): رمز ترانزستور تأثير المجال التعزيزي.

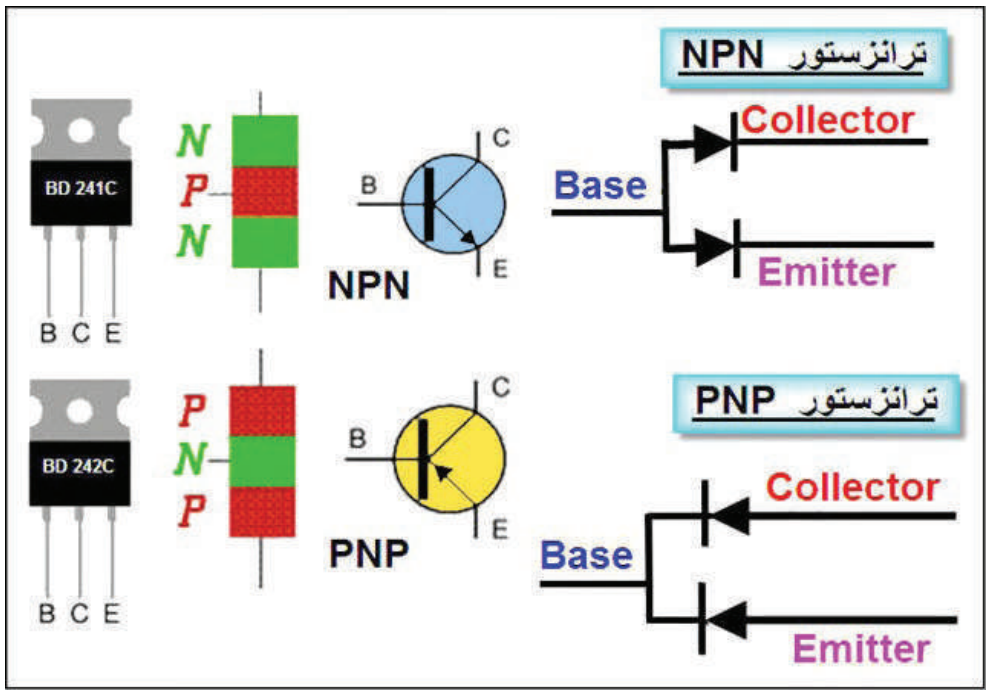
**تذكَّر**

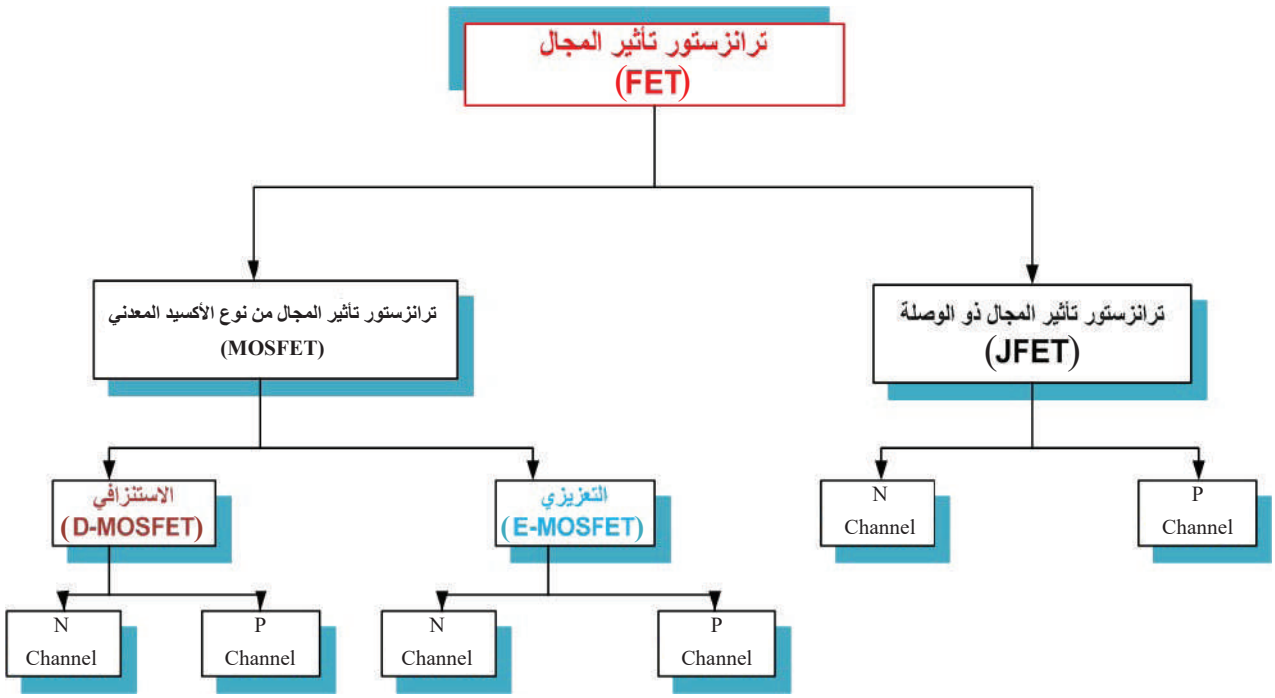
لا يحتوي ترانزستور تأثير المجال التعزيزي على قناة فيزيائية، وإنما تتكوَّن قناة وهمية عند عمل الترانزستور.

- ابحث أنت وزملاؤك في شبكة الإنترنت عن كيفية فحص ترانزستور تأثير المجال من نوع الأكسيد المعدني (MOSFET)، ثم اكتب تقريرًا عن ذلك، ثم اعرضه على المعلم.
- مستعينًا بالمراجع العلمية المتوافرة في مكتبة مدرستك، ابحث أنت وزملاؤك عن تطبيقات عملية أخرى لترانزستور تأثير المجال، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم اعرضه على المعلم.
- مستعينًا بالمراجع العلمية المتوافرة في مكتبة مدرستك، ابحث أنت وزملاؤك عن استخدامات الترانزستور في الأجهزة الإلكترونية، ثم اكتب تقريرًا عن ذلك، ثم اعرضه على المعلم.

**الخريطة المفاهيمية**




ترانزستور NPN
BD 241C
B C E
N
P
N
B
C
E
NPN
Base
Collector
Emitter
ترانزستور PNP
BD 242C
B C E
P
N
P
B
C
E
PNP
Base
Collector
Emitter


ترانزستور تأثير المجال
(FET)
ترانزستور تأثير المجال من نوع الأكسيد المعدني
(MOSFET)
ترانزستور تأثير المجال ذو الوصلة
(JFET)
الاستنزافي
(D-MOSFET)
التعزيزي
(E-MOSFET)
N
Channel
P
Channel
N
Channel
P
Channel
N
Channel
P
Channel

## التمرين الأول: أنواع الترانزستورات

### نتاجات التمرين

يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

1- يتعرف أشكال الترانزستورات المختلفة، وأنواعها.

2- يحدد دلالة العلامات والأرقام والحروف الموجودة على جسم الترانزستور.

3- يتعرف المحددات المختلفة للترانزستورات.

4- يحدد البدائل المكافئة باستخدام كتيب البدائل للترانزستور.

**متطلبات تنفيذ التمرين**

**المواد**

1- ترانزستورات مختلفة الأنواع والحجوم والأشكال.

2- كتيب بدائل الترانزستورات حديث الإصدار.

**خطوات العمل**

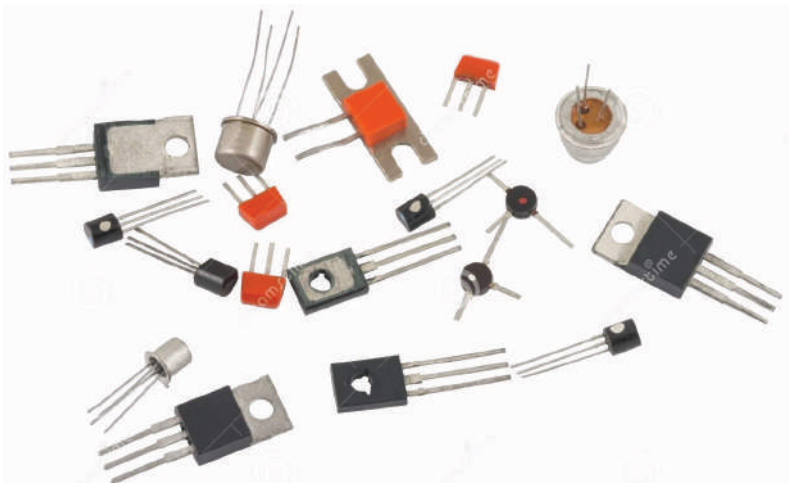
1- تفحَّص الترانزستورات التي بحوزتك، وتلك المبينة في الشكل (1).

2-املأ الفراغ في الجدول رقم (1).

| رقم الترانزستور | شكل الترانزستور | الرموز والأرقام | الملاحظات |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |

الجدول (1).

## الرسوم التوضيحية



الشكل (1).

## خطوات العمل

3- بناءً على الترانزستورات الموجودة بحوزتك، ومستعينًا بكتيب البدائل، املأ الفراغ في الجدول (2).

| الرقم | الرمز | النوع | المادة المصنوع منها | المواصفات | | | | الاستخدام | شكل توزيع الأطراف | البدائل |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | الفولتية | التيار | القدرة | التردد | | | |
| | | | | | | | | | | |

الجدول (2).

4- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها.

## التمرين الثاني: فحص الترانزستورات، وتحديد أطرافها، وصلاحيتها

### نتاجات التمرين

يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

1- يحدد أطراف الترانزستور.

2- يفحص الترانزستور، ويحدد صلاحيته.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- ترانزستورات مختلفة الأنواع، والحجوم، والأشكال.<br>2- كتيب بدائل الترانزستورات حديث الإصدار. | 1- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).<br>2- جهاز فاحص الترانزستورات. |

**الرسوم التوضيحية**

الشكل (1).

الشكل (2).

الشكل (3).

الشكل (4).

الشكل (5).

الشكل (6).

الشكل (7).

**خطوات العمل**

**ثانيًا: فحص الترانزستور من نوع (npn) باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM) في وضع قياس الثنائي.**

1- صِلِ الطرف الأحمر الذي يُمثِّل القطب الموجب بالقاعدة، ثم صِلِ الطرف الأسود الذي يُمثِّل القطب السالب بالباعث كما في الشكل (1)، ثم دَوِّن قيمة قراءة الجهاز في دفترك.

2- صِلِ الطرف الأسود الذي يُمثِّل القطب السالب بالقاعدة، ثم صِلِ الطرف الأحمر الذي يُمثِّل القطب الموجب بالباعث كما في الشكل (2)، ثم دَوِّن قيمة قراءة الجهاز في دفترك.

3- صِلِ الطرف الأسود الذي يُمثِّل القطب السالب بالمجمع، ثم صِلِ الطرف الأحمر الذي يُمثِّل القطب الموجب بالقاعدة كما في الشكل (3)، ثم دَوِّن قيمة قراءة الجهاز في دفترك.

4- صِلِ الطرف الأسود الذي يُمثِّل القطب السالب بالقاعدة، ثم صِلِ الطرف الأحمر الذي يُمثِّل القطب الموجب بالمجمع كما في الشكل (4)، ثم دَوِّن قيمة قراءة الجهاز في دفترك.

5- صِلِ الطرف الأسود الذي يُمثِّل القطب السالب بالمجمع، ثم صِلِ الطرف الأحمر الذي يُمثِّل القطب الموجب بالباعث كما في الشكل (5)، ثم دَوِّن قيمة قراءة الجهاز في دفترك.

6- صِلِ الطرف الأسود الذي يُمثِّل القطب السالب بالباعث، ثم صِلِ الطرف الأحمر الذي يُمثِّل القطب الموجب بالمجمع كما في الشكل (6)، ثم دَوِّن قيمة قراءة الجهاز في دفترك.

**أولًا: تحديد نوع الترانزستور، وتحديد أطرافه.**

مستعينًا بكتيب البدائل، بيِّن ما يأتي:

أ - نوع الترانزستور.

ب - توزيع الأطراف (القاعدة، المجمع، الباعث).

جـ - دَوِّن النتائج في الجدول (1).

| رقم الترانزستور | توزيع أطراف الترانزستور (القاعدة، الباعث، المجمع) | نوع الترانزستور (NPN)،(PNP) |
|---|---|---|
| | | |
| | | |

**خطوات العمل**

**ثالثًا: فحص الترانزستور من نوع (pnp) باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM) في وضع قياس الثنائي.**

كرِّر الخطوات المبينة في الأشكال (1-6) لفحص الترانزستور باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM) في وضع قياس الثنائي.

**رابعًا: فحص الترانزستور من نوع (pnp) باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM) في وضع المقاومة (Ω): الشكل (7).**

كرِّر الخطوات المبينة في الأشكال (1-6) لفحص الترانزستور من نوع (npn) باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM) في وضع المقاومة (Ω).

**خامسًا: فحص الترانزستور من نوع (pnp) باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM) في وضع المقاومة (Ω).**

كرِّر الخطوات المبينة في الأشكال (1-6) لفحص الترانزستور من نوع (pnp) باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM) في وضع المقاومة (Ω).

**سادسًا: فحص الترانزستور باستخدام جهاز فاحص الترانزستورات.**

باستخدام جهاز فاحص الترانزستور المتوافر في مشغلك، ومستعينًا بدليل الجهاز.

1- افحص الترانزستورات التي بحوزتك، ثم بيِّن ما يأتي:

- نوع الترانزستور.
- صلاحية الترانزستور.
- تيار التسرُّب للترانزستور.

2 - أحضِر لوحًا مطبوعًا مُثبَّتًا عليه مجموعة من الترانزستورات، ثم افحصها وهي مُثبَّتة باستخدام الجهاز، ثم قارن نتائج الفحص بما ورد في الخطوة السابقة.

**سابعًا: قارن بين النتائج التي توصَّلت إليها في الخطوات (1-6) لجميع القياسات.**

**ثامنًا: اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها.**

**فكِّر**

1- هل للمقاومة بين الباعث والمجمع في الترانزستورمن نوع (pnp) القيمة نفسها في الترانزستور من نوع (npn)؟

2- أيهما أكبر مقاومة: (القاعدة –المجمع) أم (القاعدة –الباعث)؟

## التمرين الثالث: دارة مضخم الباعث المشترك

### نتاجات التمرين

يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

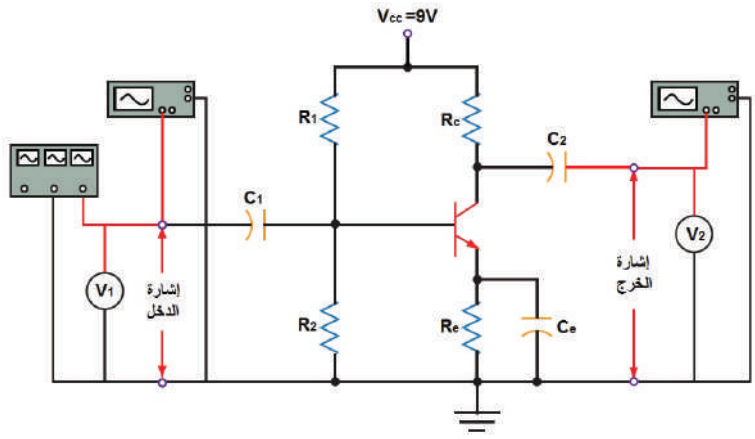
1- يبني دارة مضخم باعث مشترك.

2- يحسب معاملات كسب دارة الباعث المشترك.

**متطلبات تنفيذ التمرين**

| المواد | الأدوات والتجهيزات |
|---|---|
| 1- (4) مقاومات كربونية (0.5W)(680Ω،1.2KΩ،27KΩ،68KΩ). | 1- جهاز مصدر فولتية مباشرة (0-30) فولت/ 1 أمبير. |
| 2- (3) مواسعات كيميائية 50V (100 µF، 470µ F، 47µ F). | 2- جهاز راسم إشارة، قناتان، (20) ميغاهيرتز. |
| 3- ترانزستور (BC108)، أو ما يكافئه. | 3- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM). |
| 4- مقاومة متغيرة (150 K Ω) واط. | 4- كاوي لحام. |
| 5- لوح توصيل (Breadboard). | 5- جهاز مولد إشارة متعدد الإشارات. |
| 6- أسلاك توصيل. | |
| 7- لحام قصدير. | |

**الرسوم التوضيحية**




الشكل (1).

**خطوات العمل**

1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2- اضبط جهاز مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة (DC) على الفولتية المناسبة، ثم صِلْه بالدارة.

3- اضبط جهاز مولد الإشارة للحصول على موجة جيبية، اتساعها (20) ميلي فولت، وترددها (1) كيلوهيرتز، ثم صِلْه بالدارة كما في الشكل (1).

4- صِلِ القناة الأولى لجهاز راسم الإشارة لمشاهدة شكل إشارة الدخل كما في الشكل (1)، ثم ارسم شكل إشارة الدخل ($V_{in}$)، ثم احسب ترددها وفولتيتها، ثم دَوِّن ما تتوصَّل إليه في دفترك.

5- صِلِ القناة الثانية لجهاز راسم الإشارة لمشاهدة شكل إشارة الخرج كما في الشكل (1)، ثم ارسم شكل الموجة ($V_{OUT}$)، ثم احسب ترددها وفولتيتها، ثم دَوِّن ما تتوصَّل إليه في دفترك.

6- صِلْ جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM) لقياس فولتية الدخل ($V_1$) وفولتية الخرج ($V_2$) كما في الشكل، ثم دَوِّن النتائج في دفترك.

7- قِسْ فولتيات الانحياز المباشرة باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي، ثم املأ الفراغ في الجدول التالي.

8- احسب كسب الفولتية ($A_V = V_{OUT} \backslash V_{in}$)، ثم دَوِّن ما تتوصَّل إليه في دفترك.

9- قارن بين طور إشارتي الدخل والخرج، ماذا تستنتج؟

10- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها.

| $V_B$ | $V_E$ | $V_C$ | $V_{BE}$ | $V_{CE}$ |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

$C_1$=100 µF $R_1$=68 kΩ

$C_2$=470 µF $R_2$=27 kΩ

$C_3$=47 µF $R_3$=1.2 kΩ

$R_4$=680 Ω

# التمرين الرابع: دارة مضخم القاعدة المشتركة

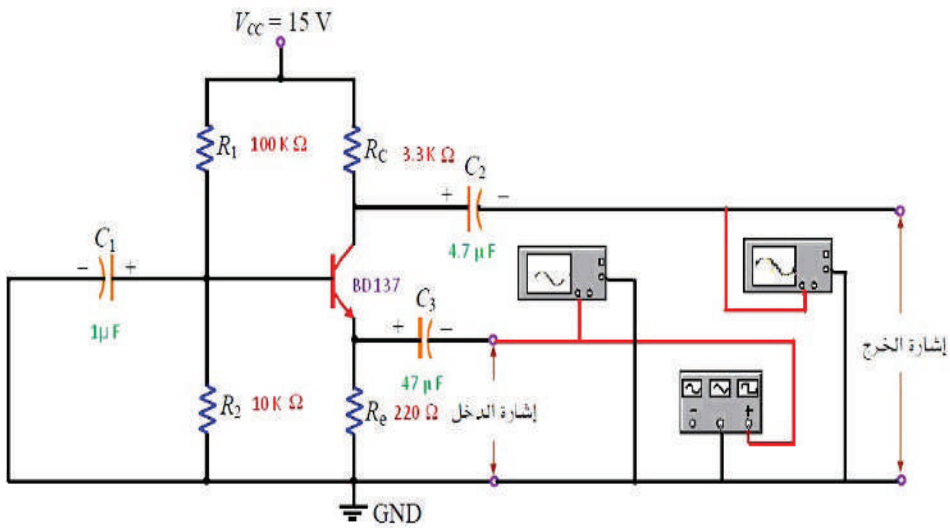
## نتاجات التمرين

يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

1- يبني دارة مضخم القاعدة المشتركة.

2- يحسب معاملات كسب دارة القاعدة المشتركة.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- (4) مقاومات كربونية (220Ω، 3.3KΩ 100KΩ، 10KΩ) 1/2 واط.<br>2- (3) مواسعات كيميائية (4.7 µF، 1µ F، 47µF).<br>3- ترانزستور (BD137)، أو ما يكافئه.<br>4- لوح توصيل (Breadboard).<br>5- أسلاك توصيل.<br>6- لحام قصدير. | 1- جهاز مصدر فولتية مباشرة (0-30) فولت/ 1 أمبير.<br>2- جهاز راسم إشارة، قناتان، (20) ميغاهيرتز.<br>3- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).<br>4- كاوي لحام (30-40) واط.<br>5- جهاز مولد إشارة متعدد الإشارات. |
| **الرسوم التوضيحية** | |




الشكل (1).

## خطوات العمل

أولًا: دراسة العلاقة بين إشارة الدخل وإشارة الخرج في دارة مضخم القاعدة المشتركة.

1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2- اضبط جهاز مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة (DC) على الفولتية المناسبة، ثم صِلْه بالدارة.

3- اضبط جهاز مولد الإشارة للحصول على موجة جيبية، اتساعها (20) ميلي فولت، وترددها (1) كيلوهرتز، ثم صِلْه بالدارة كما في الشكل (1).

4- صِلِ القناة الأولى لجهاز راسم الإشارة لمشاهدة شكل إشارة الدخل كما في الشكل (1)، ثم ارسم شكل الموجة ($V_{in}$)، ثم احسب ترددها وفولتيتها، ثم دَوِّن ما تتوصَّل إليه في دفترك.

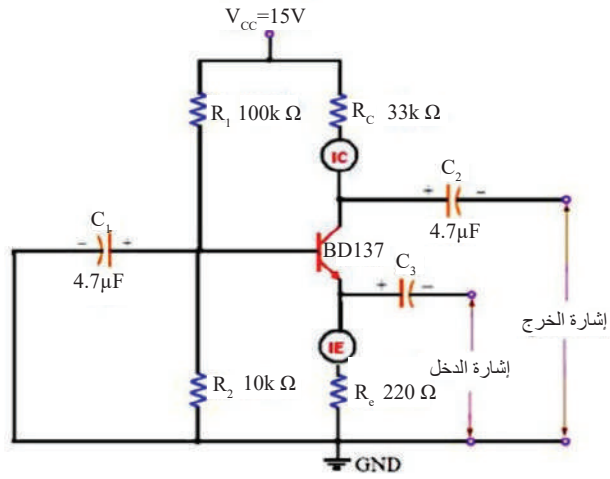
5- صِلِ القناة الثانية لجهاز راسم الإشارة لمشاهدة شكل إشارة الخرج كما في الشكل (1)، ثم ارسم شكل الموجة ($V_{OUT}$)، ثم احسب ترددها وفولتيتها ثم دَوِّن ما تتوصَّل إليه في دفترك.

6- احسب كسب الفولتية ($A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}}$)، ثم دَوِّن ما تتوصَّل إليه في دفترك.

7- قارن بين طور إشارتي الدخل والخرج، ماذا تستنتج؟

8- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها.

## الرسوم التوضيحية




الشكل (2).

**خطوات العمل**

**ثانيًا: دراسة العلاقة بين تيار الباعث للترانزستور وتيار المجمع في دارة مضخم القاعدة المشتركة.**

1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (2).

2- قِسِ التيارين ($I_C$،$I_E$) باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM) كما في الشكل (2).

3- احسب معامل تضخيم التيار ($A_i$) من العلاقة الآتية:

$$\alpha = I_C / I_E$$

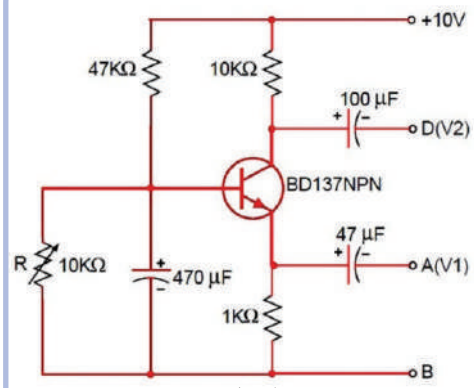
4- احسب معامل تضخيم القدرة من العلاقة الآتية:

$$A_P = A_V \times A_i$$

**نشاط عملي**

نفِّذ التمرين العملي الآتي فرديًّا، أو ضمن مجموعات صغيرة في المشغل، أو بحسب توجيهات المعلم:

- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (3)، ثم كرِّر الخطوات (1-8).
- نفِّذ الدارة السابقة، ثم جد القياسات المطلوبة.




الشكل (3)

# التمرين الخامس: دارة مضخم المجمع المشترك

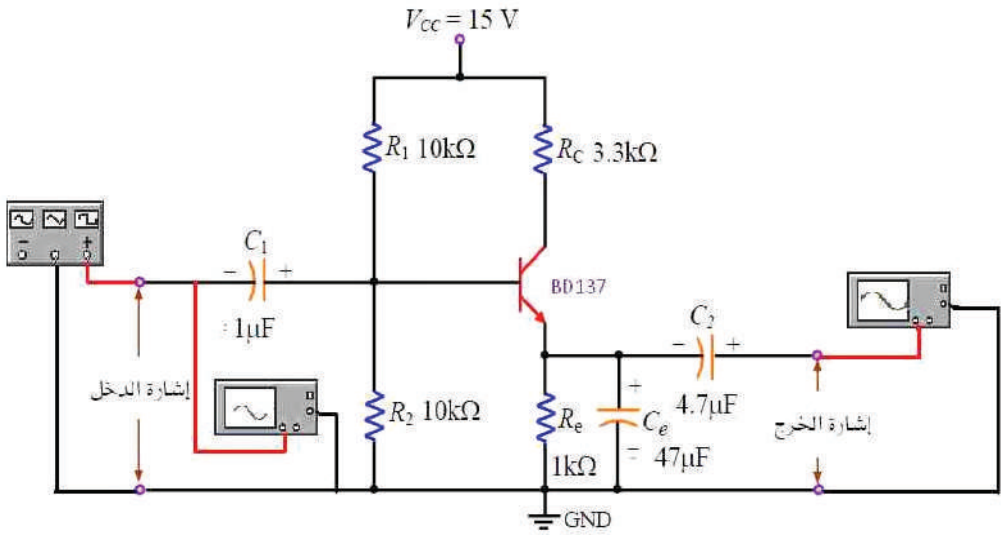
## نتاجات التمرين

يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

1- يبني دارة مضخم المجمع المشترك.

2- يحسب معاملات كسب دارة المجمع المشترك.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- (4) مقاومات كربونية (0.5 3.3KΩ 1KΩ، 10KΩ) واط .<br>2- (3) مواسعات كيميائية (4.7 µF، 1µF، 47µF).<br>3- ترانزستور (BD137)، أو ما يكافئه.<br>4- لوح توصيل (Breadboard).<br>5- أسلاك توصيل.<br>6- لحام قصدير. | 1- جهاز مصدر فولتية مباشرة (0-30) فولت/ 1 أمبير.<br>2- جهاز راسم إشارة، قناتان، (20) ميغاهيرتز.<br>3- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).<br>4- كاوي لحام (30-40) واط.<br>5- جهاز مولد إشارة متعدد الإشارات. |
| **الرسوم التوضيحية** | |




الشكل (1).

**خطوات العمل**

1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2- اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على الفولتية المناسبة، ثم صِلْه بالدارة.

3- اضبط مولد الإشارة للحصول على موجة جيبية، اتساعها (20) ميلي فولت، وترددها (1) كيلو هيرتز، ثم صِلْه بالدارة كما في الشكل (1).

4- صِلِ القناة الأولى لجهاز راسم الإشارة لمشاهدة شكل إشارة الدخل كما في الشكل (1)، ثم ارسم شكل الموجة ($V_{in}$)، ثم احسب ترددها وفولتيتها، ثم دَوِّن ما تتوصَّل إليه في دفترك.

5- صِلِ القناة الثانية لجهاز راسم الإشارة لمشاهدة شكل إشارة الخرج كما في الشكل (1)، ثم ارسم شكل الموجة ($V_{OUT}$)، ثم احسب ترددها وفولتيتها، ثم دَوِّن ما تتوصَّل إليه في دفترك.

6- احسب كسب الفولتية ($A_V = V_{OUT} \backslash V_{in}$)، ثم دَوِّن ما تتوصَّل إليه في دفترك.

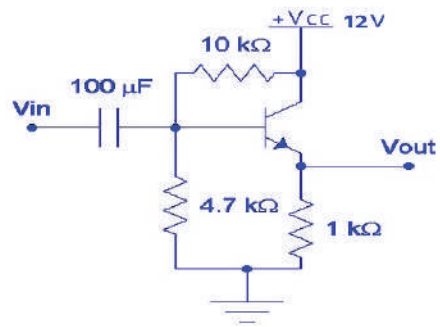
7- قارن بين طور إشارتي الدخل والخرج، ماذا تستنتج؟

8- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها.

## نشاط عملي

– نفِّذ التمرين العملي الآتي فرديًّا، أو ضمن مجموعات صغيرة في المشغل، أو بحسب توجيهات المعلم:

نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (2)، ثم كرِّر الخطوات (8-1).




الشكل (2).

## التمرين السادس: استخدام ترانزستور ثنائي القطبية بوصفه مفتاحًا

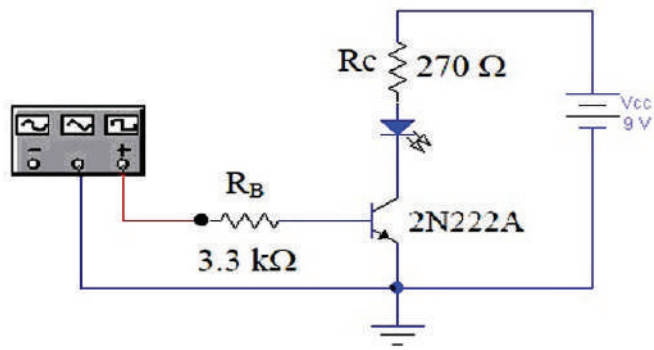
### نتاجات التمرين

يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

يبني دارة مفتاح إلكتروني باستخدام ترانزستور ثنائي القطبية.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- مقاومتان كربونيتان (0.5W)(270 Ω/ 3.3KΩ).<br>2- ثنائي مشع للضوء (LED).<br>3- ترانزستور (2N222A)، أو ما يكافئه.<br>4- لوح توصيل.<br>5- أسلاك توصيل.<br>6- لحام قصدير. | 1- جهاز مصدر فولتية مباشرة (0-30) فولت/ 1 أمبير.<br>2- جهاز راسم إشارة، قناتان، (20) ميغاهيرتز.<br>3- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).<br>4- كاوي لحام (30-40) واط.<br>5- جهاز مولد إشارة متعدد الإشارات. |

**الرسوم التوضيحية**




الشكل (1).

**خطوات العمل**

1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2- اضبط جهاز مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة (DC)على الفولتية المناسبة، ثم صِلْه بالدارة.

**خطوات العمل**

3- اضبط جهاز مولد الإشارة للحصول على موجة مربعة، اتساعها (6) فولت، وترددها (1) كيلو هيرتز، ثم صِلْه بالدارة.

4- اضبط جهاز مولد الإشارة حتى تصبح فولتية الدخل ($V_{in}$) صفرًا، هل سيضيء الثنائي المشع للضوء؟

5- اضبط جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM) على وضع الفولتية.

6- صِلْ جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM)، ثم قِسِ الفولتيتين ($V_{CE}$،$V_{BE}$)، ثم دَوِّن ما تتوصَّل إليه في دفترك.

7- اضبط جهاز مولد الإشارة حتى تصبح فولتية الدخل ($V_{in}$) (6) فولت، هل سيضيء الثنائي المشع للضوء؟

8- صِلْ جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM)، ثم قِسِ الفولتيتين (VBE،VCE)، ثم دَوِّن ما تتوصَّل إليه في دفترك.

9- قارن بين قيمة ($V_{BE}$) وقيمة ($V_{CE}$) عندما تكون فولتية الدخل (0)، و(6) فولت.

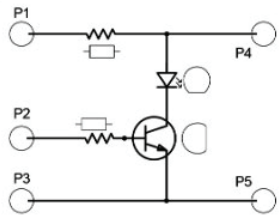
10- غيِّر تردد مولد الإشارة من (0) هيرتز إلى (1) كيلو هيرتز، مُلاحِظًا إضاءة الثنائي المشع للضوء.

11- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها.

## نشاط عملي

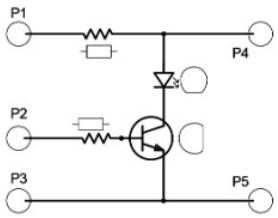
– نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (2) والشكل (3) على لوحة التجارب (PET AH –91 trainer) المتوافرة في مشغلك، مستعينًا بالكتاب الخاص بتنفيذ التجارب، وبإشراف المعلم.

– اكتب تقريرًا مفصلًا عمّا قمت به في دفترك.




PNP TR CIRCUIT

الشكل (2).




PNP TR CIRCUIT

الشكل (3).

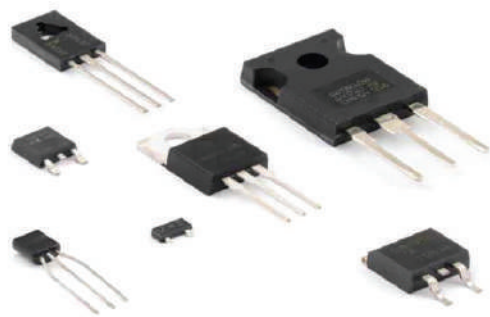
## التمرين السابع: فحص ترانزستورات تأثير المجال (JFET)، وتحديد أطرافها

### نتاجات التمرين

يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

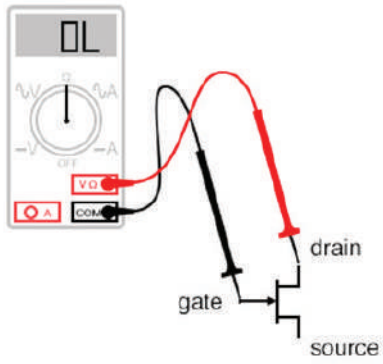
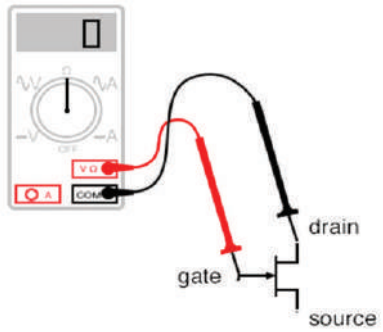
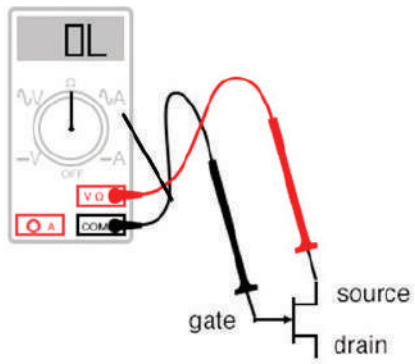
1- يحدد أطراف الترانزستور.

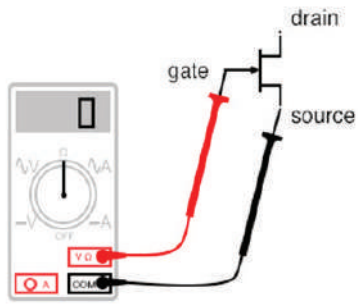
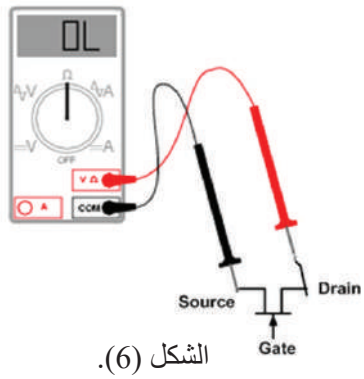
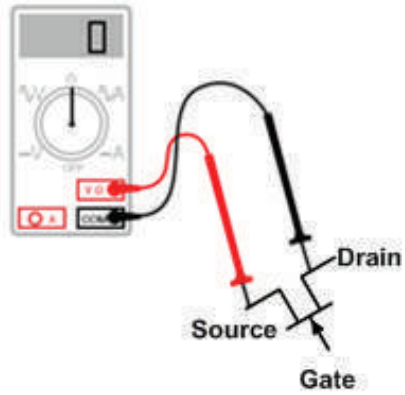
2- يفحص الترانزستور، ويحدد صلاحيته.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- ترانزستورات مختلفة الأنواع والحجوم والأشكال.<br>2- كتيب بدائل الترانزستورات حديث الإصدار. | 1- جهاز متعدد القياس التماثلي.<br>2- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).<br>3- جهاز فاحص الترانزستورات. |
| **خطوات العمل** | **الرسوم التوضيحية** |
| **أولًا: تحديد نوع الترانزستور، وتحديد أطرافه.**<br>1- مستعينًا بكتيب البدائل:<br>• بيِّن نوع الترانزستور.<br>• حدِّد الأطراف (المصرف، المنبع، البوابة).<br>2- دَوِّن النتائج في الجدول (1). |  <br>الشكل (1). |

| رقم الترانزستور | توزيع أطراف الترانزستور (البوابة، المنبع، المصرف) | نوع الترانزستور (قناة موجبة، قناة سالبة) |
|---|---|---|
| | | |

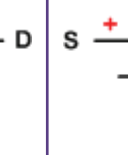
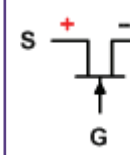
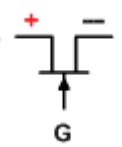
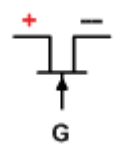
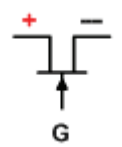
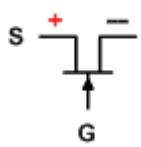
الجدول (1).

| خطوات العمل | الرسوم التوضيحية |
| --- | --- |
| **ثانيًا: فحص الترانزستور من نوع (n channel) باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي في وضع قياس المقاومة.**<br>1- صِلِ الطرف الأسود الذي يُمثِّل القطب السالب بالبوابة، ثم صِلِ الطرف الأحمر الذي يُمثِّل القطب الموجب بالمصرف كما في الشكل (2)، ثم دَوِّن قيمة قراءة الجهاز في الجدول (1). |  <br>الشكل (2). |
| 2- صِلِ الطرف الأسود الذي يُمثِّل القطب السالب بالمصرف، ثم صِلِ الطرف الأحمر الذي يُمثِّل القطب الموجب بالبوابة كما في الشكل (3)، ثم دَوِّن قيمة قراءة الجهاز في الجدول. |  <br>الشكل (3). |
| 3- صِلِ الطرف الأسود الذي يُمثِّل القطب السالب بالبوابة، ثم صِلِ الطرف الأحمر الذي يُمثِّل القطب الموجب بالمنبع كما في الشكل (4)، ثم دَوِّن قيمة قراءة الجهاز في الجدول. |  <br>الشكل (4). |

| خطوات العمل | الرسوم التوضيحية |
| --- | --- |
| 4- صِلِ الطرف الأسود الذي يُمثِّل القطب السالب بالمنبع، ثم صِلِ الطرف الأحمر الذي يُمثِّل القطب الموجب بالبوابة كما في الشكل (5)، ثم دَوِّن قيمة قراءة الجهاز في الجدول. |  الشكل (5). |
| 5- صِلِ الطرف الأسود الذي يُمثِّل القطب السالب بالمنبع، ثم صِلِ الطرف الأحمر الذي يُمثِّل القطب الموجب بالمصرف كما في الشكل (6)، ثم دَوِّن قيمة قراءة الجهاز في الجدول. |  الشكل (6). |
| 6- صِلِ الطرف الأسود الذي يُمثِّل القطب السالب بالمصرف، ثم صِلِ الطرف الأحمر الذي يُمثِّل القطب الموجب بالمنبع كما في الشكل (7)، ثم دَوِّن قيمة قراءة الجهاز في الجدول. |  الشكل (7). |

**خطوات العمل**

الجدول (1).

| حالة القياس | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| |  |  |  |  |  |  |
| قيمة المقاومة | | | | | | |

**ثالثًا: فحص الترانزستور من نوع (n-channel) باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM) على وضع قياس الثنائي.**

- كرِّر الخطوات المبينة في الأشكال (2-7) لفحص الترانزستور باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM) في وضع قياس الثنائي.
- دوِّن النتائج في الجدول (2).

الجدول (2).

| حالة القياس | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| |  |  |  |  |  |  |
| قيمة المقاومة | | | | | | |

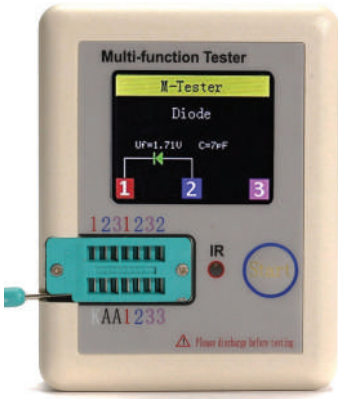
**رابعًا: فحص الترانزستور باستخدام جهاز فاحص الترانزستورات:**

1- باستخدام جهاز فاحص الترانزستورات، أو جهاز متعدد الفحص المتوافر في مشغلك، انظر الشكل (8)، ومستعينًا بدليل الجهاز، افحص الترانزستورات التي بحوزتك، ثم بيِّن ما يأتي:

أ - نوع كلٍّ منها.

ب- صلاحية كلٍّ منها.

**خامسًا: اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها.**




الشكل (8).

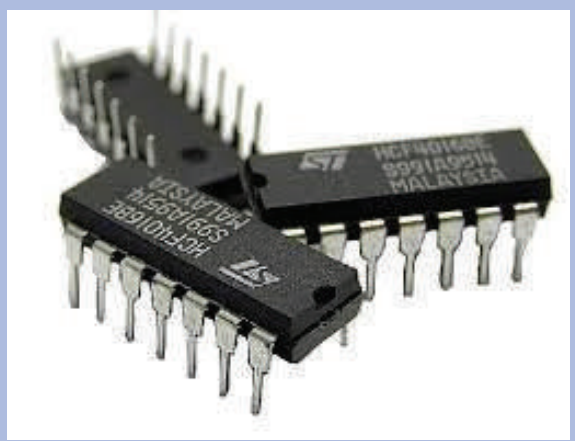
# سادسًا: الدارات المتكاملة

# (Integrated Circuits: ICs)

**النتاجات الخاصة بالدرس**

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذا الدرس أن:

- يتعرف تركيب الدارات المتكاملة.
- يتعرف أنواع الدارات المتكاملة.
- يتعرف خصائص الدارات المتكاملة.



انظر وتساءل

استكشف

اقرأ وتعلَّم

الإثراء والتوسع

القياس والتقويم

الخريطة المفاهيمية

**انظر وتساءل**

في ستينيات القرن الماضي، كان حجم أجهزة الاستقبال الإذاعية (الراديو) كبيرًا؛ نظرًا إلى اعتماد الصمامات المفرغة في بناء داراتها الإلكترونية، انظر الشكل (2-59). وفي ظل التقدم الكبير في مجال صناعة العناصر الإلكترونية، أصبح حجم الأجهزة إلكترونية صغيرًا.

الشكل (2-59) جهاز مذياع.

## استكشف

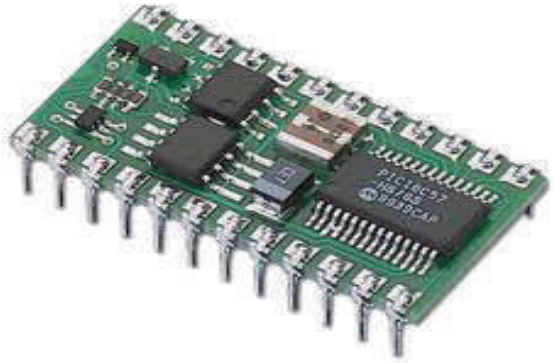
- ما الدارات التي أحدثت ثورة في عالم الإلكترونيات، وأسهمت في تصغير حجم الأجهزة الإلكترونية؟

## اقرأ وتعلَّم

تعرَّفت سابقًا العناصر الكهربائية غير الفعالة (المقاومات، الملفات، المواسعات)، والعناصر الإلكترونية الفعالة (الثنائيات، الترانزستورات)، وستتعرَّف في هذا الدرس أهم العناصر الإلكترونية، وهي الدارات المتكاملة (Integrated Circuits: ICs) التي تعد عماد الإلكترونيات الحديثة؛ فهي المكون الأهم والأكثر فعالية في معظم الدارات الإلكترونية.

أسهم التقدم الهائل في مجال الإلكترونيات في تصغير حجم الأجهزة الإلكترونية، وتوفير مزيد من المساحة، وتصنيع عناصر تمتاز بأنها اقتصادية، وموثوق بها. لذلك اضطر المصممون في مجال الأجهزة الإلكترونية إلى استخدام دارات إلكترونية تحوي أحيانًا مئات (أو آلاف) العناصر الإلكترونية في رقاقة واحدة، وهذا جعل العاملين في مجال صناعة العناصر الإلكترونية يفكرون في تصغير حجم الدارات الإلكترونية، وكانت الحلول المطروحة لذلك كثيرة، وأدى التقدم المتسارع في تصنيع العناصر الإلكترونية إلى تجميع عدد كبير منها في رقاقة صغيرة جدًّا تدعى الدارة المتكاملة (Integrated Circuit: IC)، وأحدث إنتاجها في ستينيات القرن الماضي ثورة في عالم الإلكترونيات، فما تركيب هذه الدارة؟ وما خصائصها؟

الدارة المتكاملة دارة إلكترونية كاملة موجودة في شريحة أو رقاقة صغيرة من مادة شبه موصلة (Semiconductor) من السيليكون، تحتوي على مئات أو (ألوف) العناصر المختلفة الفعالة (مثل الترانزستورات، والثنائيات)، وغير الفعالة (مثل: المقاومات، والمواسعات) اللازمة لتحقيق عمل دارة محددة، انظر الشكل (2-60).



الشكل (2-60): دارة متكاملة.

يمكن للدارة الموجودة على هذه الرقاقة أداء مهام إلكترونية معقدة من دون حاجة إلى مساعدة خارجية سوى مصدر القدرة الكهربائية، وتوصيلات الدخل والخرج، علمًا بأن جميع عناصر الدارة المتكاملة (الفعالة، وغير الفعالة) تُصنَع من المادة شبه الموصلة نفسها.

**فائدة**

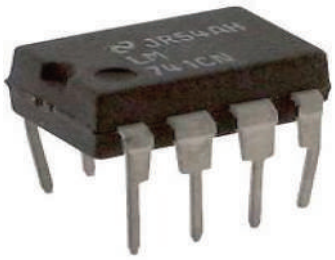
تُصنَع الدارات المتكاملة بأشكال مختلفة، منها: البوابات المنطقية الأحادية الدارة (Single-Circuit Logic Gates)، ومضخمات العمليات (Op Amps)، والمؤقتات (Timers)، ومنظمات الجهد (Voltage Regulators)، وأجهزة التحكم في المحركات (Motor Controllers)، والمتحكمات الدقيقة (Microcontrollers)، والمعالجات الدقيقة (Microprocessors)، ومصفوفات البوابات المنطقية القابلة للبرمجة (FPGAs).

**تعلَّم**

تحتوي الدارات المتكاملة أحيانًا على ملايين أو (مليارات) العناصر الإلكترونية في شريحة واحدة لا تزيد مساحتها على عُشر بوصة.

## 1- أنواع الدارات المتكاملة:

تُصنَّف الدارات المتكاملة إلى ثلاثة أنواع، هي:

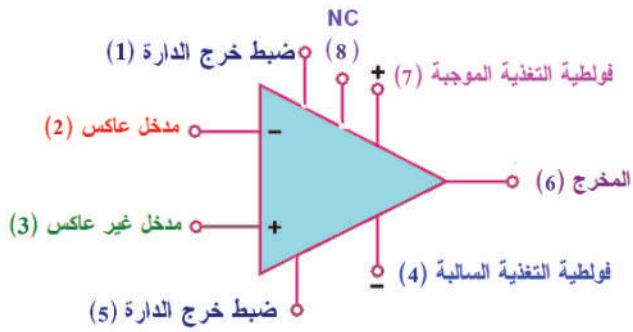


الشكل (2-61): دارة متكاملة خطية.

### أ- المتكاملة الخطية (التماثلية) (Linear ICs):

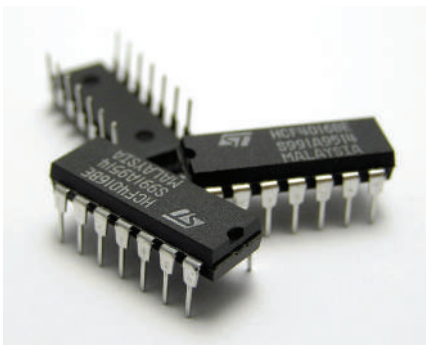
هي دارات متكاملة تُوفِّر مستويات مختلفة من الإشارة عند مخارجها؛ نتيجة الاستجابة لمستويات مختلفة من الإشارة عند مداخلها. وهذا النوع من الدارات يعالج البيانات التماثلية (Analogue)، مثل: الفولتية، والإشارات الصوتية، والتردد، ودرجة الحرارة، انظر الشكل (2-61).

من أهم الدارات الخطية المستخدمة دارة مضخم العمليات (Operational Amplifier) التي تحتوي على عدد كبير من الترانزستورات والمقاومات والمواسعات التي توصل معًا، فتنتج دارة متكاملة، انظر الشكل (2-62). لمضخم العمليات استخدامات عديدة، منها: جمع الإشارات وطرحها، والعمل مفاضلًا ومكاملًا، والتحويل إلى اللوغاريتم، وإنتاج مختلف أنواع النبضات بترددات متنوعة.




الشكل (2-62): أطراف دارة مضخم العمليات من نوع (741).

### ب- الدارات المتكاملة الرقمية (Digital ICs):



الشكل (2-63): دارات متكاملة رقمية.

هي دارات فتح وإغلاق تستجيب لحالات الفتح والإغلاق عند مستويات محددة وثابتة، وتسمى أيضًا الدارات المتكاملة المنطقية؛ لأنها تُستخدَم في الأنظمة الإلكترونية الرقمية، وتعمل وفق النظام الثنائي (Binary) الذي تتكوَّن فيه الأرقام من خانات؛ إمّا (1)، وإمّا (0)، وهذا النوع من الدارات يعالج البيانات الرقمية، مثل دارات المسجلات والعدادات، انظر الشكل (2-63).

**جـ - الدارات المتكاملة (الرقمية-التماثلية)، أو (التماثلية –الرقمية):**

تعمل هذه الدارات على تحويل البيانات الرقمية إلى بيانات تماثلية أو العكس، مثل دارات تحويل الفولتية إلى قيم رقمية.

## 2- خصائص الدارات المتكاملة:

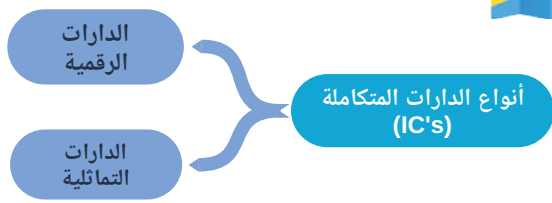
تمتاز الدارات المتكاملة بعدد من الخصائص، ويبين الجدول (2-4) أهم هذه الخصائص.

الجدول (2-4): خصائص الدارات المتكاملة.

| مزايا الدارات المتكاملة | عيوب الدارات المتكاملة |
|---|---|
| صغيرة الحجم، وقليلة الكلفة. | عدم تحمُّل الفولتية، أو التيار العالي. |
| الاستهلاك القليل للقدرة. | تعذُّر تصنيع بعض العناصر الإلكترونية داخلها. |
| العمل بسرعة كبيرة. | التأثُّر بالكهرباء الساكنة. |
| الوثوقية الكبيرة. | عدم تحمُّل درجات الحرارة المرتفعة. |

- ابحث أنت وزملاؤك في شبكة الإنترنت عمّا يأتي، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم اعرضه على المعلم:
  1- الأنواع المختلفة من الدارات المتكاملة الرقمية.
  2- حزم الدارات المتكاملة (packages: IC).
  3- حزم الدارات المتكاملة السطحية (SMD).
- مستعينًا بالمراجع العلمية المتوافرة في مكتبة مدرستك، ابحث أنت وزملاؤك عن أنواع الدارات المتكاملة واستخداماتها، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم اعرضه على المعلم.

**الخريطة المفاهيمية**



## التمرين الأول: الدارات المتكاملة وفحصها

### نتاجات التمرين

يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

1- يميز الدارات المتكاملة بعضها من بعض.

2- يحدد أطراف الدارات المتكاملة.

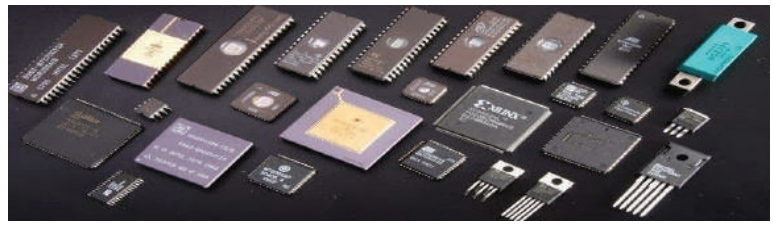
3- يستخدم كتيب بدائل الدارات المتكاملة.

4- يفحص الدارات المتكاملة.

**متطلبات تنفيذ التمرين**

| المواد | الأدوات والتجهيزات |
|---|---|
| 1- مجموعة دارات متكاملة خطية.<br>2- مجموعة دارات متكاملة رقمية.<br>3- كتيب بدائل الدارات المتكاملة حديث الإصدار. | - جهاز فاحص الدارات المتكاملة. |

**الرسوم التوضيحية**



الشكل (1).

**خطوات العمل**

**أولًا: تمييز الدارات المتكاملة، وتحديد أطرافها.**

1- تفحص الدارات المتكاملة التي بحوزتك، انظر الشكل (1).

2- بناءً على الدارات المتكاملة التي بحوزتك، ومستعينًا بكتيب البدائل، املأ الفراغ في الجدول (1).

| رقم الدارة المتكاملة | الشكل | نوع الدارة | عدد الأطراف | الاستخدام | الخصائص | البدائل | الملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

الجدول (1)

| خطوات العمل |
|---|
| 3- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها. |

**ثانيًا: فحص الدارات المتكاملة.**

1- تفحَّص الدارات المتكاملة التي بحوزتك.

2- صنِّف هذه الدارات إلى دارات خطية ودارات رقمية، مستعينًا بكتيب البدائل، ثم املأ الفراغ في الجدول (2).

| رقم الدارة | الشكل | نوع الدارة | | عدد الأطراف | الاستخدام |
|---|---|---|---|---|---|
| | | رقمية | خطية | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

الجدول (2).

3- حدِّد عدد الأطراف والوظيفة والنوع لكلٍّ من الدارات المتكاملة الآتية:

(TA7053،LA1222،F74LS08PC)

(TA7074،HA113Z9،SN52741Z).

4- باستخدام جهاز فاحص الدارات المتوافر في مشغلك، انظر الشكل (2)، ومستعينًا بدليل الجهاز، افحص كلًّا من الدارات المتكاملة الآتية: (TA7053،LA1222،F74LS08PC)

(TA7074،HA113Z9،SN52741Z)

الشكل (2).

5- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها.

## التمرين الثاني: دارة فلاش ضوئي باستخدام الدارات المتكاملة

### نتاجات التمرين

يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

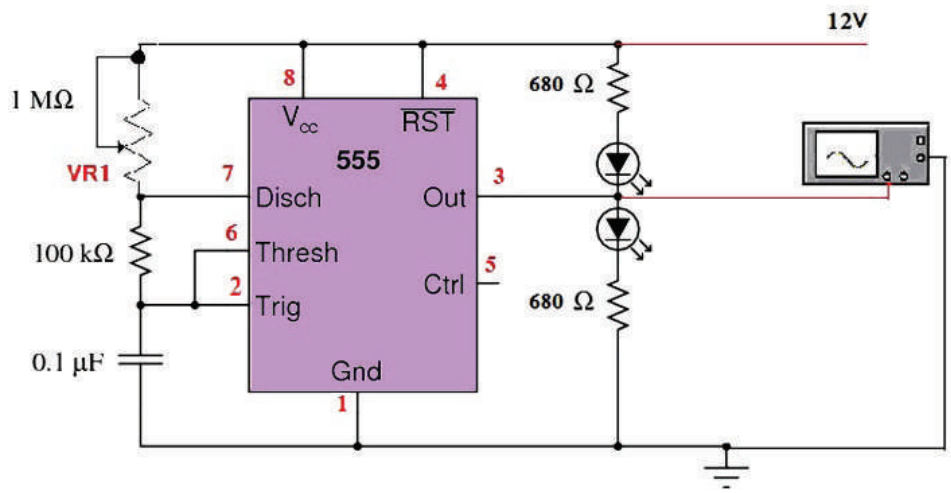
1- يبني دارة فلاش ضوئي باستخدام الدارات المتكاملة.

2- يتحقق من عمل الدارة.

**متطلبات تنفيذ التمرين**

| المواد | الأدوات والتجهيزات |
|---|---|
| 1- (5) مقاومات كربونية (100KΩ، 680Ωx2) (0.5W).<br>2- مقاومة متغيرة (1 M Ω) واط.<br>3- مواسع سيراميك (0.1µF).<br>4- دارة متكاملة (NE555).<br>5- لوح توصيل.<br>6- لحام قصدير.<br>7- ثنائيان باعثان للضوء (LED). | 1- جهاز مصدر فولتية مباشرة (0-30) فولت/ 1 أمبير.<br>2- جهاز راسم إشارة، قناتان، (20) ميغاهيرتز.<br>3- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).<br>4- كاوي لحام (30-40) واط. |

**الرسوم التوضيحية**

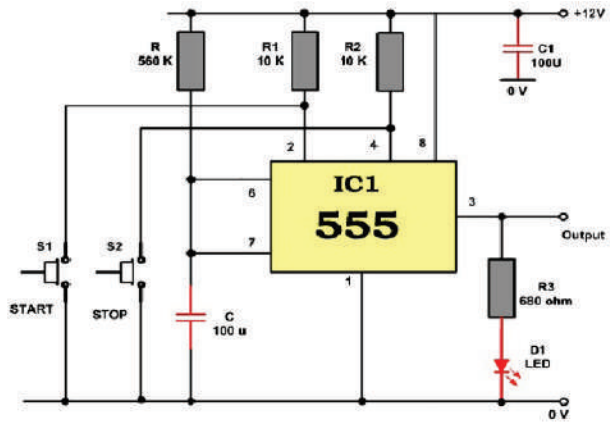



الشكل (1).

| الرسوم التوضيحية |
|---|
| 1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).<br>2- اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على الفولتية المناسبة، ثم صِلْه بالدارة.<br>3- غيِّر قيمة المقاومة المتغيرة ($V_{R1}$) كما في الشكل (1)، ثم دَوِّن ملاحظاتك في دفترك.<br>4- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها. |

## نشاط عملي

نفِّذ التمرين العملي الآتي فرديًّا، أو ضمن مجموعات صغيرة في المشغل، أو بحسب توجيهات المعلم:
نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (2)، ثم جد القياسات المطلوبة.




الشكل (2).

## التقويم الذاتي

يمكنني بعد دراسة هذه الوحدة أن:

| الرقم | مؤشر الأداء | التقدير | | |
|---|---|---|---|---|
| | | ممتاز | جيد | بحاجة إلى تحسين |
| 1 | أُميِّز بين الأنواع المختلفة من الثنائيات. | | | |
| 2 | أفحص الثنائيات. | | | |
| 3 | أبني دارة تقويم نصف موجة باستخدام الثنائيات. | | | |
| 4 | أبني دارة مقوم موجة كاملة باستخدام الثنائيات. | | | |
| 5 | أبني دارة موجه كاملة (قنطرة) باستخدام الثنائيات. | | | |
| 6 | أبني دارة مقوم موجة كاملة مع دارة تنعيم. | | | |
| 7 | أبني دارة مُثبِّت فولتية باستخدام الثنائي زينر. | | | |
| 8 | أتعرَّف أنواع الترانزستورات. | | | |
| 9 | أفحص الترانزستورات، وأُحدِّد أطرافها. | | | |
| 10 | أبني دارة مضخم باعث مشترك. | | | |
| 11 | أبني دارة مضخم قاعدة مشتركة. | | | |
| 12 | أبني دارة مضخم مجمع مشترك. | | | |
| 13 | أبني دارة مفتاح باستخدام الترانزستور. | | | |
| 14 | أبني دارة مضخم مصدر مشترك باستخدام ترانزستور تأثير المجال. | | | |
| 15 | أتعرَّف الدارات المتكاملة. | | | |
| 16 | أفحص الدارات المتكاملة. | | | |
| 17 | أبني دارة فلاش ضوئي باستخدام الدارات المتكاملة. | | | |

## أسئلة الوحدة

1- اختر رمز الإجابة الصحيحة لكل ممّا يأتي:

(1) قيمة مقاومة الثنائي في حالة الانحياز العكسي:

أ- صفر. ب- صغيرة جدًّا. جـ - متوسطة. د- كبيرة جدًّا.

(2) تعتمد قيمة تيار التشبُّع 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 بشكل رئيس 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) تُصنَع ثنائيات زينر بتركيز:

أ- متوسط للشوائب عند عملية التطعيم. ب- عالٍ للشوائب عند عملية التطعيم.

جـ - قليل للشوائب عند عملية التطعيم. د- منخفض للشوائب عند عملية التطعيم.

(6) تمتاز توصيلة المجمع المشترك للترانزستور ثنائي الوصلة بـ:

أ- مقاومة دخل عالية. ب- مقاومة خرج عالية.

جـ- تضخيم عالٍ للفولتية. د- تضخيم منخفض للتيار.

2– أضع إشارة (✔) بجانب العبارة الصحيحة، وإشارة (✘) بجانب العبارة غير الصحيحة في ما يأتي:

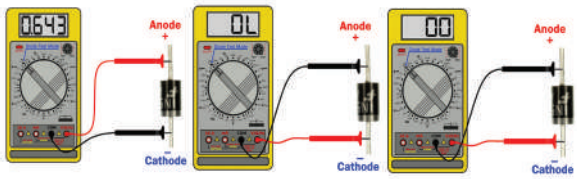
أ - ثنائيات الجرمانيوم تصبح موصلة للتيار عند فولتية تشغيل أمامية منخفضة. (  )

ب – تيار التسرُّب العكسي في ثنائيات السيليكون أكبر منه في ثنائيات الجرمانيوم. (  )

جـ – المقاومة الأمامية للثنائي المصنوع من السيليكون أقل من المقاومة الأمامية للثنائي المصنوع من الجرمانيوم. (  )

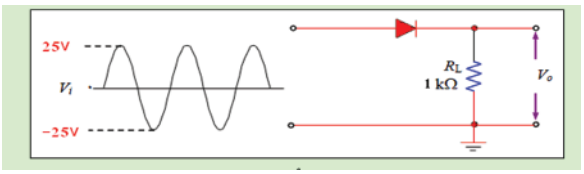
د – تُستخدَم الملفات في دارات الترشيح لأنها تبدي ممانعة عالية للتيار المتناوب. (  )

3– ماذا تُمثِّل كلٌّ من قراءات الأوميتر الرقمية المبينة في الشكل (2-64)؟

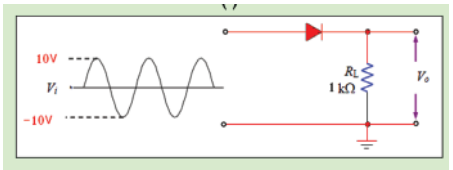



الشكل (2-64).

4– ارسم فولتية الخرج عندما تكون فولتية الدخل كالمبينة في الشكلين (2-65)، علمًا بأن الثنائي مصنوع من الجرمانيوم.




الشكل (2-65/ أ).




الشكل (2-65/ ب).

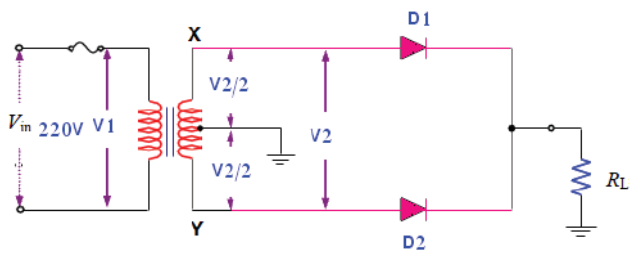
5– ادرس الدارة المبينة في الشكل (2-66)، ثم أجب عن الأسئلة الآتية:

أ – ما اسم هذه الدارة؟

ب– إذا كانت الفولتية بين النقطتين (X، Y)، هي (12V)، فجد:

- فولتية انحياز الثنائي ($D_2$).
- الفولتية على المقاومة ($R_L$).

جـ – جد القيمة العظمى على كلٍّ من نصفي الملف الثانوي.




الشكل (2-66).



منهاجي
متعة التعليم الهادف

د – ارسم شكل إشارة الفولتية على المقاومة ($R_L$).

هـ– جد قيمة الفولتية الفعالة على طرفي المقاومة ($R_L$)، علمًا بأن الثنائي مصنوع من السيليكون.

6– ما المقصود بعملية تقويم التيار؟ ما أهميتها؟

7– ارسم دارة تقويم القنطرة، مُبيِّنًا مبدأ عملها.

8– بناءً على دراستك موضوع دارات تنعيم الفولتية، أجب عن الأسئلة الآتية:

أ- ما الفائدة العملية لهذه الدارات؟

ب- عدِّد أنواع دارات التنعيم.

جـ- ارسم دارة تقويم القنطرة مُستخدِمًا معها دارات التنعيم نوع (RC).

9– بناءً على دراستك موضوع دارات مضاعفة الفولتية، أجب عن الأسئلة الآتية:

أ - ما الفائدة العملية لهذه الدارات؟

ب - عدِّد أنواع دارات مضاعفة الفولتية.

10– اشرح مبدأ عمل الترانزستور ثنائي الوصلة من نوع (pnp)، ثم ارسم رمزه.

11– ارسم التوصيلات الثلاثة للترانزستور ثنائي الوصلة، ثم اذكر مزايا كلٍّ منها.

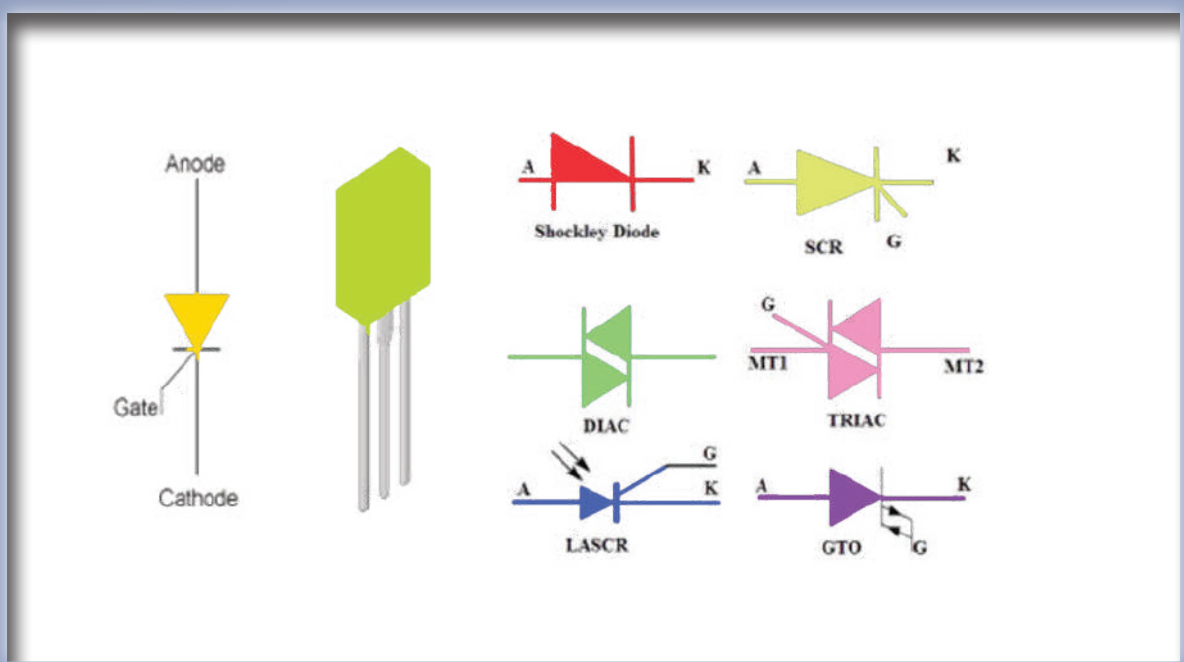
12– اذكر مزايا الدارات المتكاملة مقارنة بالدارات العادية.

13– عدِّد بعض عيوب الدارات المتكاملة.

14– اذكر خمسة تطبيقات تُستخدَم فيها الدارات المتكاملة الخطية.

# الوحدة الثالثة

# إلكترونيات القوى




- ما المقصود بإلكترونيات القوى؟
- ما الاستخدامات المتوقعة لإلكترونيات القوى؟

كان لاكتشاف عناصر أشباه الموصلات وإنتاجها أثر كبير في إحداث ثورة في مجال الكهرباء وإلكترونيات القوى؛ إذ تُستخدَم العناصر المُصنَّعة من أشباه الموصلات (مثل: المقومات السيليكونية المحكومة، والثنائي الرباعي الطبقات، والدياك، والترياك) التي تنتمي إلى عائلة الثايرستور في دارات تطبيقات القدرة بوصفها أدوات مفتاحية وعناصر حماية في تلك الدارات، وقد استُخدِمت هذه العناصر في تطبيقات التحكم في المحركات الكهربائية.

تشمل التطبيقات العملية لإلكترونيات القوى مختلف المجالات الهندسية، والطبية، والصناعية، والمنزلية؛ لذا تعد دراسة عناصر إلكترونيات القوى وبناء داراتها العملية أمرًا مهمًّا وضروريًّا لطلبة تخصص الإلكترونيات والاتصالات؛ نظرًا إلى ارتباطه الوثيق بممارسة العمل المهني.

فما عناصر إلكترونيات القوى؟ ما تركيبها؟ ما استخداماتها وتطبيقاتها؟ هذه الأسئلة وغيرها ستتمكَّن من الإجابة عنها بعد دراسة هذه الوحدة.

**يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:**

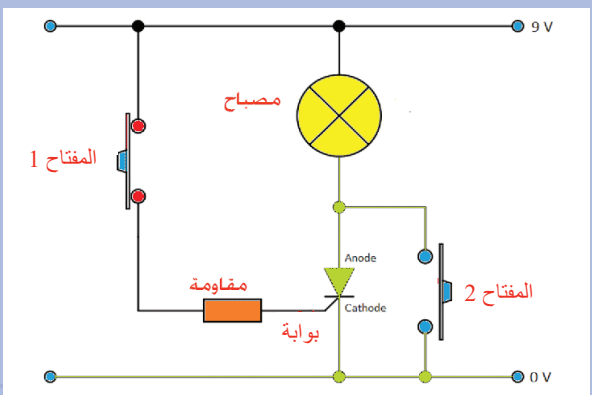
- يتعرف تركيب المقوم السيليكوني المحكوم، وأنواعه، واستخداماته، وتطبيقاته.
- يتعرف تركيب الترانزستور أحادي الوصلة، واستخداماته، وتطبيقاته.
- يتعرف تركيب الدياك، واستخداماته، وتطبيقاته.
- يتعرف تركيب الترياك، واستخداماته، وتطبيقاته.
- يحدد أطراف المقوم السيليكوني المحكوم، ويفحص صلاحيتها.
- يبني دارة تحكم بحمل باستخدام المقوم السيليكوني.
- يفحص الترانزستور أحادي الوصلة، ويحدد أطرافه.
- يبني دارة مذبذب تراخٍ باستخدام ترانزستور أحادي الوصلة.
- يبني دارة لدراسة العلاقة بين الفولتية والتيار في الدياك.
- يبني دارة مذبذب تراخٍ باستخدام الدياك.
- يفحص الترياك، ويحدد أطرافه.
- يبني دارة تحكم في شدة إضاءة مصباح باستخدام الترياك.

# أولًا: المقوم السليكوني المحكوم
# (Silicon Controlled Rectifier: SCR)

**النتاجات الخاصة بالدرس**

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذا الدرس أن:

- يتعرف تركيب المقوم السيليكوني المحكوم.
- يتعرف مبدأ عمل المقوم السيليكوني المحكوم.
- يتعرف طرائق قدح المقوم السيليكوني المحكوم.
- كتيب المكافئات.




انظر وتساءل

استكشف

اقرأ وتعلَّم

الإثراء والتوسع

القياس والتقويم

الخريطة المفاهيمية

**انظر وتساءل**

تعمل الغسالات الحديثة اعتمادًا على دارات إلكترونية تحوي عناصر إلكترونية تتحكم في اتجاه دوران المحرك وسرعته إلكترونيًّا، انظر الشكل (3-1).

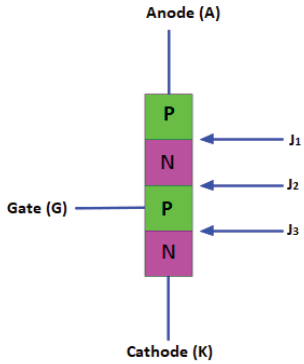
الشكل (3-1): غسالة حديثة.

**استكشف**

- كيف يمكن التحكم في سرعة دوران المحركات الكهربائية وعكس اتجاهها إلكترونيًّا؟

**اقرأ وتعلَّم**

يعد المقوم السيليكوني المحكوم (Silicon Controlled Rectifier: SCR) أو الثايرستور واحدًا من أقدم عناصر أشباه الموصلات (Semiconductors)؛ إذ صُنِع عام 1958م، وهو الأكثر استعمالًا في دارات إلكترونيات القدرة.




الشكل (3-2): تركيب المقوم السيليكوني المحكوم.

## 1- تركيب المقوم السيليكوني المحكوم (Thyristor):

يتكوَّن المقوم السيليكوني المحكوم من أربع طبقات من المواد شبه موصلة (pnpn)، التي تُشكِّل في ما بينها ثلاث وصلات ($J_1$، $J_2$، $J_3$)، انظر الشكل (3-2). والطبقات الأربع هي:

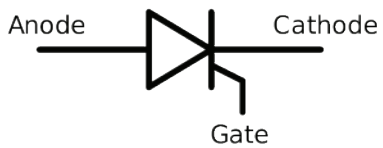
- **طبقة المصعد (Anode Layer) (P):** هي طبقة موجبة، ومتوسطة الكثافة، ومتوسطة السُّمْك، وأكثر كثافة من المنطقة القريبة من طبقة الحجز. ولهذا، فإن التيار العكسي للوصلة ($J_1$) أصغر كثيرًا من مثيله للوصلة ($J_3$). وهذه الطبقة تتحمَّل فولتية عكسية ذات قيمة عالية نسبيًّا.

- **طبقة الحجز (n) (Blocking Layer):** هي طبقة سالبة، وأكثر الطبقات سُمْكًا، وأقلها كثافةً وتركيزًا، وإليها يُعْزى ضعف تحمُّل المقوم السيليكوني المحكوم للتيار العكسي، وهي تتحمَّل فولتية عكسية ذات قيمة عالية.

- **طبقة التحكم (p) (Control Layer):** هي طبقة موجبة رقيقة، وذات كثافة متوسطة (عدد متوسط من الفجوات). وعندما تصل الإلكترونات عبر الوصلة ($J_2$) إلى هذه الطبقة، فإن معظم الإلكترونات تصل إلى منطقة الوصلة ($J_3$)، وتُشكِّل هذه الطبقة مع طبقة المهبط ثنائيًّا محدود الفعالية.

- **طبقة المهبط (n) (Cathode Layer):** هي طبقة سالبة رقيقة جدًّا، وذات كثافة عالية (غنية بالإلكترونات الحرة)؛ لذا، فإن هذه الطبقة تُزوِّد طبقة التحكم بفيض من الإلكترونات عبر وصلة المهبط عند التعرُّض لمجال كهربائي مناسب، وهي ذات تيار عكسي مرتفع، ولا تتحمَّل سوى فولتية عكسية منخفضة القيمة.

للمقوم السيليكوني المحكوم ثلاثة أطراف كما في الشكل (3-3)، هي: المصعد (A) (Anode)، والمهبط (K) (Cathode)، والبوابة (G) (Gate). أمّا الرمز المستعمل للدلالة على المقوم السيليكوني المحكوم فهو يُشبِه الرمز المُستخدَم لعنصر الثنائي، ولكن له طرف إضافي يسمى البوابة، ويدل اتجاه السهم في الرمز على اتجاه التيار المار بالمقوم السيليكوني عندما يكون في حالة التوصيل (ON State).



الشكل (3-3): رمز المقوم السيليكوني المحكوم.

**فكِّر**

1- هل يمكن النظر إلى المقوم السيليكوني المحكوم بوصفه يتركب من ترانزستورين موصولين بشكل عكسي؟

2- ما الفرق بين الثنائي والمقوم السيليكوني المحكوم؟

3-اذكر عددًا من الأجهزة والمعدات التي يُستخدَم فيها المقوم السيليكوني المحكوم.

## 2– طرائق قدح المقوم السيليكوني المحكوم:

يُقصَد بقدح المقوم السيليكوني المحكوم نقله من العمل في منطقة الحجز الأمامي إلى العمل في منطقة التوصيل الأمامي، ويتحقَّق ذلك عمليًّا بالحرارة، أو الضوء، أو القدح بالبوابة، أو الفولطية الأمامية.

تعد عملية القدح بالبوابة من أهم طرائق القدح، وأكثرها استعمالًا، وتهدف هذه العملية إلى تطبيق فولتية مناسبة على طرف البوابة؛ لجعل الوصلة ($J_2$) منحازة انحيازًا أماميًّا، ثم تحويل المقوم السيليكوني المحكوم إلى حالة التوصيل.

تتطلَّب عملية القدح توافر الشرطين الآتيين:

- أن تكون فولتية المصعد موجبة بالنسبة إلى المهبط.
- توافر نبضة قدح موجبة مناسبة على بوابة المقوم السيليكوني المحكوم.

**فكِّر**

هل يمكن قدح المقوم السيليكوني المحكوم بنبضة سالبة؟

## 3 - استخدامات المقوم السيليكوني المحكوم:

يُستخدَم هذا المقوم في دارات التحكم، ودارات التأخير الزمني، ودارات التغذية، ودارات الحماية، ودارات التقويم، ودارات العاكس.

**فائدة**

المقوم السيليكوني المحكوم يظل في حالة توصيل حتى لو فُصِلت النبضة عن البوابة.

ابحث أنت وزملاؤك في شبكة الإنترنت عن إحدى الدارات الإلكترونية التي يُستخدَم فيها المفتاح السيليكوني المحكوم (SCS)، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم اعرضه على المعلم.

## التمرين الأول: تحديد أطراف المقوم السيليكوني المحكوم، وفحصه

### نتاجات التمرين

يحدد مواصفات المقوم باستخدام كتيب المكافئات:

1- يفحص المقوم السيليكوني المحكوم.

2- يحدد أطراف المقوم السيليكوني المحكوم.

3- يتحقق من صلاحية المقوم السيليكوني المحكوم.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- مقومات سيليكونية محكومة متنوعة (CD106D,BT106,2N444).<br>2- أسلاك توصيل. | 1- جهاز أفوميتر تماثلي (Analogue) متعدد التدريج.<br>2- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).<br>3- كتيب المواصفات والبدائل الخاص بالثايرستور. |

**خطوات العمل**

**أولًا: تحديد مواصفات المقومات السيليكونية المحكومة الأساسية وبدائلها باستخدام كتيب المواصفات والبدائل.**

1- ابحث في كتيب المواصفات والبدائل عن المواصفات والبدائل للثايرستورات الآتية: (BT100A، BT105، BT128، BT107).

2- ارسم أشكالها.

3- حدِّد أطرافها (البوابة، المهبط، المصعد).

4- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين الخطوات التي قمت بها.

**خطوات العمل**

**ثانيًا: فحص المقوم السيليكوني المحكوم باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM) في وضع الثنائي.**

1- اضبط الجهاز على وضع قياس الثنائي.

2- صِل الطرف الأحمر الذي يُمثِّل القطب الموجب بالبوابة، ثم صِلِ الطرف الأسود الذي يُمثِّل القطب السالب بالمهبط كما في الشكل (1)، ثم دَوِّن قيمة قراءة الجهاز في دفترك.

3- صِل الطرف الأسود الذي يُمثِّل القطب السالب بالبوابة، ثم صِلِ الطرف الأحمر الذي يُمثِّل القطب الموجب بالمهبط، ثم دَوِّن قيمة قراءة الجهاز في دفترك.

4- صِل الطرف الأحمر الذي يُمثِّل القطب الموجب بالبوابة، ثم صِلِ الطرف الأسود الذي يُمثِّل القطب السالب بالمصعد، ثم دَوِّن قيمة قراءة الجهاز في دفترك.

5- صِل الطرف الأسود الذي يُمثِّل القطب السالب بالبوابة، ثم صِلِ الطرف الأحمر الذي يُمثِّل القطب الموجب بالمصعد، ثم دَوِّن قيمة قراءة الجهاز في دفترك.

6- صِل الطرف الأحمر الذي يُمثِّل القطب الموجب بالمهبط، ثم صِلِ الطرف الأسود الذي يُمثِّل القطب السالب بالمصعد، ثم دَوِّن قيمة قراءة الجهاز في دفترك.

7- صِل الطرف الأسود الذي يُمثِّل القطب السالب بالمهبط، ثم صِلِ الطرف الأحمر الذي يُمثِّل القطب الموجب بالمصعد، ثم دَوِّن قيمة قراءة الجهاز في دفترك.

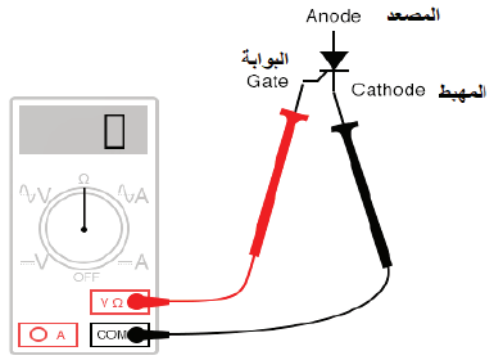
8- صِل الطرف الأسود الذي يُمثِّل القطب السالب بالمهبط، ثم صِلِ الطرف الأحمر الذي يُمثِّل القطب الموجب بالمصعد والبوابة معًا، ثم دَوِّن قيمة قراءة الجهاز في دفترك.

9- دَوِّن جميع القراءات في الجدول (1).

| أطراف جهاز القياس | G+ | G- | G+ | G- | K+ | K- | K- | K- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | K- | K+ | A- | A+ | A- | A+ | A+ | A+ ،G+ |
| قراءة الجهاز | | | | | | | | |

الجدول (1).

## الرسوم التوضيحية




الشكل (1).

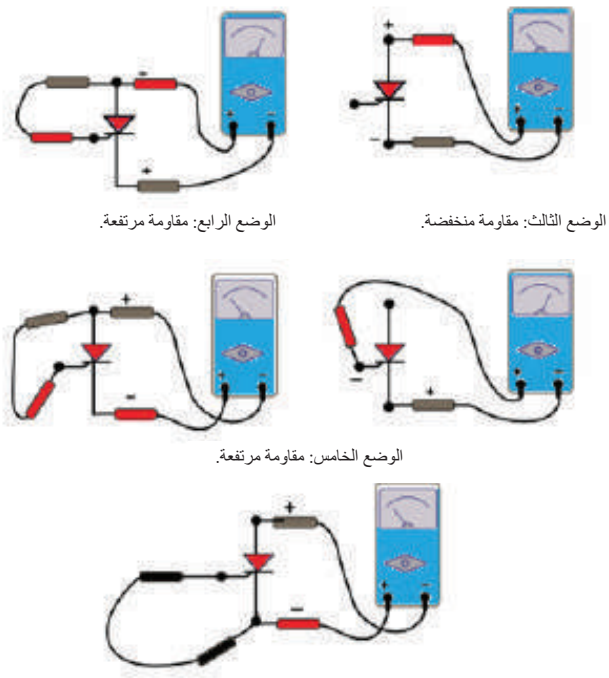
## خطوات العمل

**ثالثًا: فحص المقوم السيليكوني المحكوم باستخدام جهاز الأفوميتر التماثلي (Analogue) متعدد التدريج.**

1- اضبط الجهاز على وضع المقاومة.

2- نفِّذ القياسات المبينة في الشكل (2)، ثم دَوِّن قراءة الجهاز في كل حالة في دفترك.

## الرسوم التوضيحية




الشكل (2).

## التمرين الثاني

## دارة تحكم في حمل باستخدام المقوم السيليكوني المحكوم

### نتاجات التمرين

يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

1- يبني دارة تحكم في حمل باستخدام المقوم السيليكوني المحكوم.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- مقوم سيليكوني محكوم، أو ثايرستور (BT106).<br>2- مقاومة (1KΩ,1W)، (470Ω,1W).<br>3- حمل (مصباح (12) فولت).<br>4- أسلاك توصيل.<br>5- لوح توصيل.<br>6- ضاغط تشغيل، ضاغط إيقاف. | 1- مصدر فولتية مباشرة (0-30) فولت/ 1 أمبير.<br>2- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).<br>3- كاوي لحام . |

**خطوات العمل**

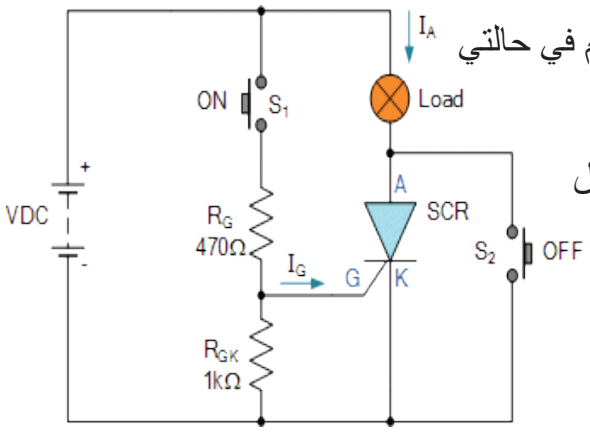
1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2- اضغط على ضاغط التشغيل (0n) ($S_1$) لحظيًّا، ولاحِظ إضاءة المصباح.

3- اضغط على ضاغط الإغلاق (off) ($S_2$) لحظيًّا، ولاحِظ ما يحصل لإضاءة المصباح.

4- قِس الفولتية على طرفي المقوم السيليكوني المحكوم في حالتي التشغيل والإغلاق، ماذا تلاحظ؟ فسِّر ذلك.

5- قِس الفولتية على طرفي المصباح في حالتي التشغيل والإغلاق، ماذا تلاحظ؟ فسِّر ذلك.

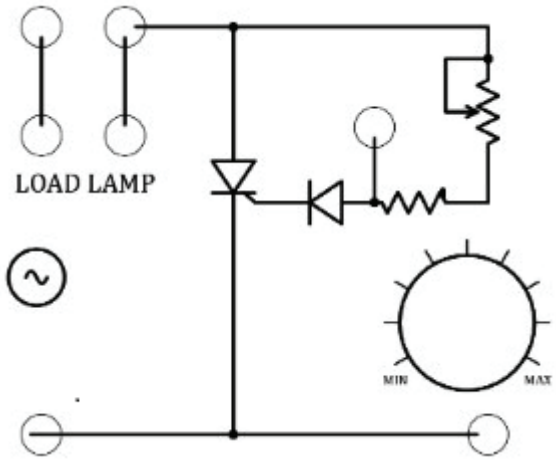



الشكل (1).

## نشاط عملي

1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (2) على لوحة التجارب (PET AH –129 trainer) المتوافرة في المشغل مستعينًا بالكتاب الخاص بتنفيذ التجارب، وبإشراف المعلم.

2- اكتب تقريرًا مفصلًا عمّا قمت به في دفترك.



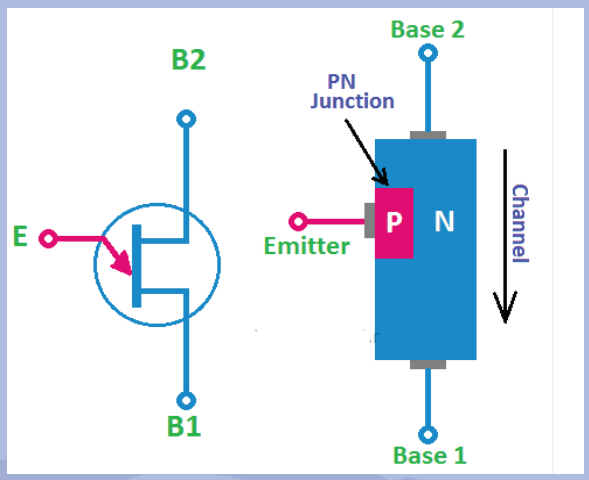

الشكل (2).

# ثانيًا: الترانزستور أحادي الوصلة
# (Uni-Junction Transistor: UJT)

**النتاجات الخاصة بالدرس**

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذا الدرس أن:

- يوضح تركيب الترانزستور أحادي الوصلة.
- يبين مبدأ عمل الترانزستور أحادي الوصلة.
- يحدد استخدامات الترانزستور أحادي الوصلة.




انظر وتساءل

استكشف

اقرأ وتعلَّم

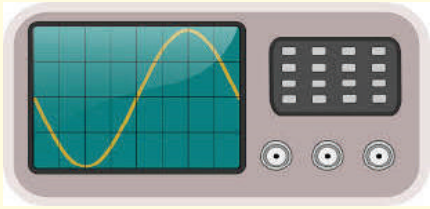
الإثراء والتوسع

القياس والتقويم

الخريطة المفاهيمية

**انظر وتساءل**

كيف يمكن توليد النبضات الكهربائية في الأجهزة الإلكترونية؟ أنظر الشكل (3-4).



الشكل (3-4): جهاز راسم الإشارة.

## استكشف

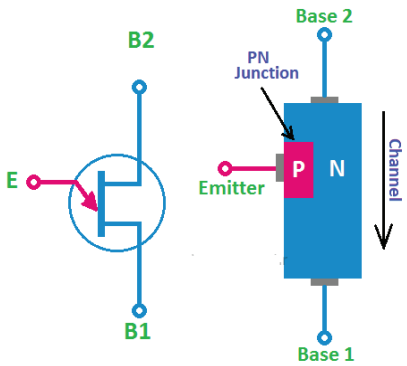
تُستخدَم بعض العناصر الإلكترونية في توليد النبضات الكهربائية، وهو ما يعد عملية أساسية في عمل الأجهزة الإلكترونية، مثل جهاز راسم الإشارة المبين في الشكل (3-4)، الذي يُستخدَم لرسم أشكال الإشارات الكهربائية في أثناء عمليات الصيانة للأجهزة الإلكترونية، فما العناصر الإلكترونية المُستخدَمة في توليد النبضات الكهربائية في هذه الأجهزة؟

## اقرأ وتعلَّم

يعد الترانزستور أحادي الوصلة أحد أهم أشباه الموصلات المُستخدَمة في دارات توليد النبضات الكهربائية.

### 1- تركيب الترانزستور أحادي الوصلة (UJT):

يتكوَّن الترانزستور أحادي الوصلة من شريحة شبه موصلة من السيليكون من النوع السالب (n)، مُثبَّتة على قاعدة من السيراميك، ويتصل بالشريحة السالبة في أحد سطحيها وصلتان؛ واحدة في كل طرف من طرفيها، بحيث يُمثِّل أحدهما القاعدة الأولى ($B_1$)، و يُمثِّل الآخر القاعدة الثانية ($B_2$)؛ لذا يسمى أحيانًا بالترانزستور ذي القاعدتين. أمّا السطح الآخر من الشريحة فيوصل به موصل من الألمنيوم يُمثِّل باعث الترانزستور (E)، ويوصل بالشريحة (p)، ويكون الباعث أقرب إلى القاعدة الثانية ($B_2$) منها إلى القاعدة الأولى ($B_1$)، وتتكوَّن وصلة (p-n) عند منطقة الاتصال بين الباعث والقاعدة الثانية، وتكون القاعدة الثانية ذات فولتية موجبة بالنسبة إلى القاعدة الأولى، وبذلك يكون الترانزستور أحادي الوصلة عنصرًا ثلاثي الأطراف، انظر الشكل (3-5).




الشكل (3-5): تركيب الترانزستور، ورمزه.

**تذكَّر**

يكون الباعث في الترانزستور أحادي الوصلة أقرب إلى القاعدة الثانية.

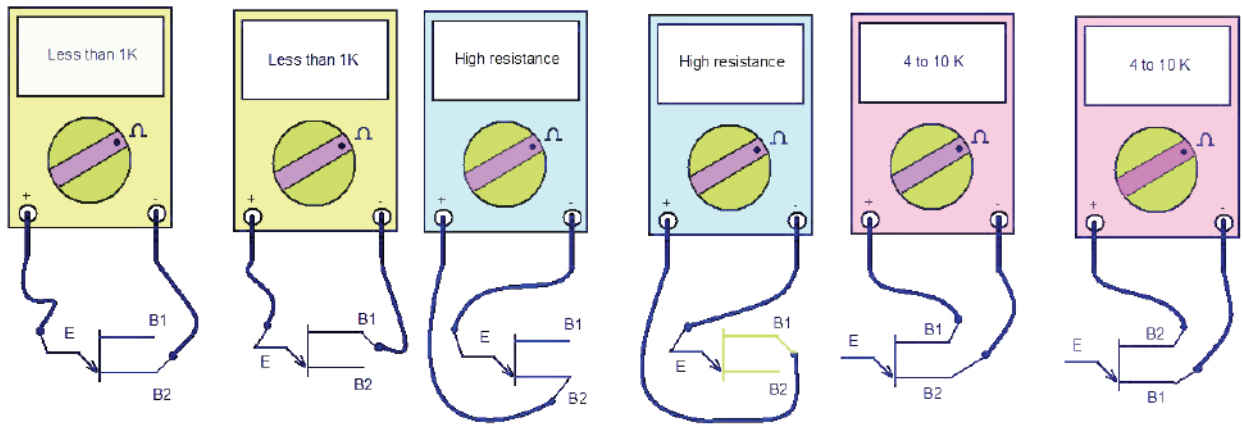
## 2- استخدامات الترانزستور أحادي الوصلة (UJT):

يُستخدَم الترانزستور أحادي الوصلة (UJT) في الدارات الإلكترونية الآتية:

مولد إشارة سن المنشار، ودارات التوقيت، ودارات كشف المستوى، والمذبذبات، ووحدات التغذية منظمة التيار والفولتية، ودارات القدح.

## 3- فحص الترانزستور أحادي الوصلة:

يُفحَص الترانزستور أحادي الوصلة باستخدام جهاز الأوميتر، انظر الشكل (3-6).




الشكل (3-6): فحص الترانزستور أحادي الوصلة باستخدام جهاز الأوميتر.

**الإثراء والتوسع**

- ابحث أنت وزملاؤك في شبكة الإنترنت عن مفهوم معامل الابتعاد الجوهري الخاص بالترانزستور أحادي الوصلة، ثم اكتب تقريرًا عنه، ثم اعرضه على المعلم.
- مستعينًا بالمراجع العلمية المتوافرة في مكتبة مدرستك، ابحث أنت وزملاؤك عن الترانزستور أحادي الوصلة المبرمج (PUT) الذي يُستخدَم في قدح المقوم السيليكوني المحكوم، ثم اكتب تقريرًا عنه، ثم اعرضه على المعلم.

## التمرين الأول: فحص الترانزستور أحادي الوصلة, وتحديد أطرافه

### نتاجات التمرين

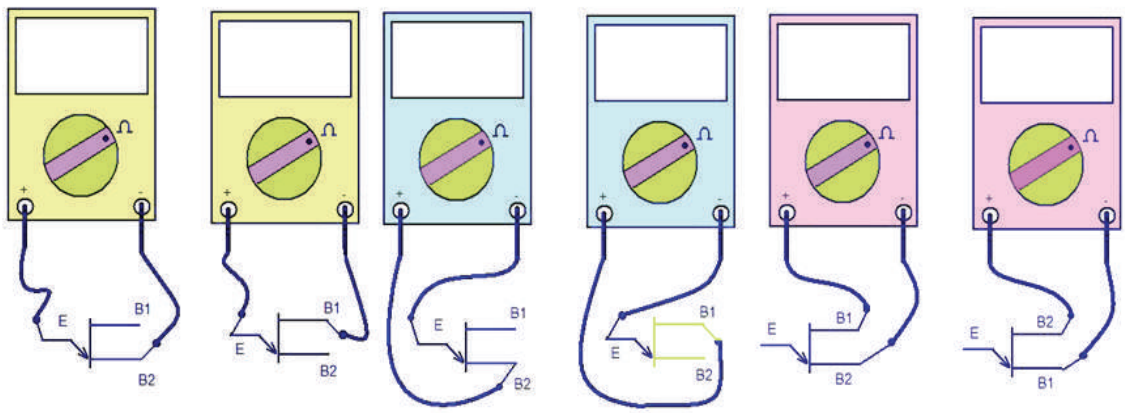
يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

1- يحدد أطراف الترانزستور.

2- يفحص صلاحية الترانزستور أحادي الوصلة.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- مجموعة منوعة من ترانزستورات أحادي الوصلة مثل (2N2646).<br>2- لوح توصيل.<br>3- كتيب المواصفات والبدائل الخاص بالترانزستور. | 1- جهاز أفوميتر تماثلي (Analogue) متعدد التدريج.<br>2- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM). |

**الرسوم التوضيحية**




الشكل (1).

**خطوات العمل**

**أولًا: فحص الترانزستور باستخدام جهاز الأفوميتر التماثلي في وضع المقاومة.**

1- ثبِّت الترانزستور أحادي الوصلة على لوح التوصيل في وضع يسهل فحصه.

**خطوات العمل**

2- اضبط الجهاز على تدريج المقاومة، ثم اختر تدريج القياس المناسب للفحص (X10)، ثم صفِّر الجهاز قبل البدء بعملية القياس.

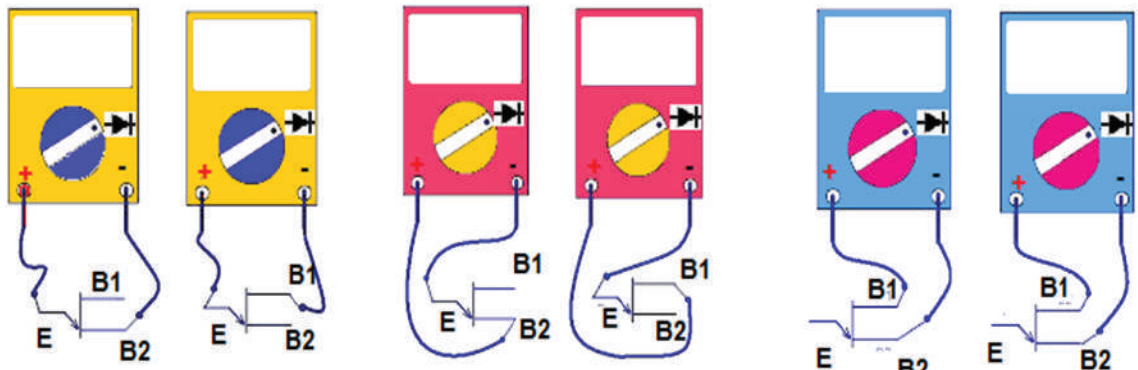
3- حدِّد أطراف الترانزستور المُستخدَم في التمرين باستعمال كتيب المواصفات والبدائل.

4- صِلْ طرفي الجهاز كما في الشكل (1) لكل حالة من حالات القياس.

5- دَوِّن قيم القراءة لكل حالة من الحالات في دفتر إجابتك كما في الجدول الآتي:

| حالات التوصيل | 1 | 2 | 6 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| القيمة المقيسة | | | | | | |

**الرسوم التوضيحية**




الشكل (2).

**خطوات العمل**

**ثانيًا: فحص الترانزستور باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).**

1- ثبِّت الترانزستور أحادي الوصلة على لوح التوصيل في وضع يسهل فحصه.

2- اضبط الجهاز على تدريج الثنائي.

3- حدِّد أطراف الترانزستور المُستخدَم في التمرين باستعمال كتيب المواصفات والبدائل.

4- صِلْ طرفي الجهاز كما في الشكل (2) لكل حالة من حالات القياس.

5- دَوِّن قيم القراءة لكل حالة من الحالات في دفتر إجابتك كما في الجدول الآتي:

| حالات التوصيل | 1 | 2 | 6 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| القيمة المقيسة | | | | | | |

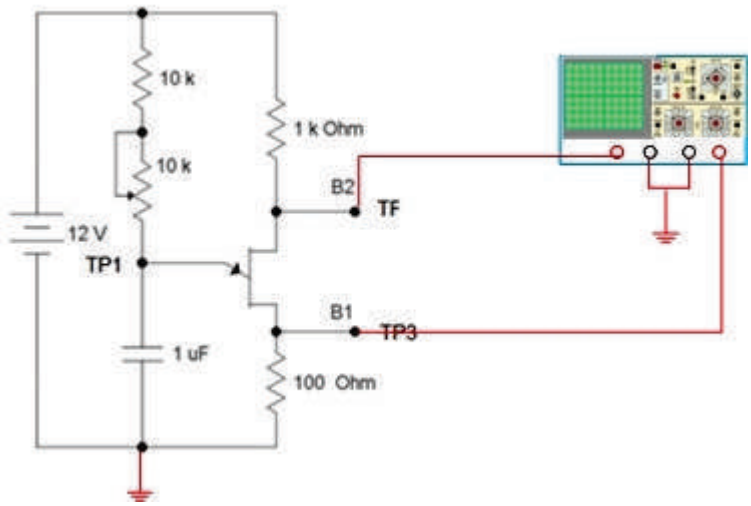
## نتاجات التمرين

يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

1- يبني دارة مذبذب تراخٍ يُستخدَم فيها ترانزستور أحادي الوصلة.

2- يحدد تأثير تغيير قيم بعض عناصر الدارة في تردد إشارة الخرج.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- ترانزستور أحادي الوصلة (2N2646).<br>2-مقاومةكربونية(10kΩ,1KΩ,100Ω)(0.5W).<br>3- مقاومة متغيرة (10KΩ)،1 واط.<br>4- مواسع (1µF)، (25) فولت.<br>5- أسلاك توصيل.<br>6- لوحة توصيل.<br>7- لحام قصدير. | 1- مصدر فولتية مباشرة (0-30) فولت/ 1 أمبير.<br>2- راسم إشارة، قناتان، (20) ميغاهيرتز.<br>3- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).<br>4- كاوي لحام (30-40) واط. |
| **الرسوم التوضيحية** | |




الشكل (1).

**خطوات العمل**

1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2- اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على الفولتية المناسبة، ثم صِلْه بالدارة.

3- صِلِ القناة الأولى لجهاز راسم الإشارة عند نقطة الفحص (TP1) لمشاهدة شكل إشارة الدخل كما في الشكل (1)، ثم ارسم شكل إشارة الدخل، ثم احسب ترددها وفولتيتها، ثم دَوِّن ما تتوصَّل إليه في دفترك.

4- صِلِ القناة الثانية لجهاز راسم الإشارة لمشاهدة شكل إشارة الخرج عند نقطة الفحص (TP2) كما في الشكل (1)، ثم ارسم شكل الموجة، ثم احسب ترددها وفولتيتها، ثم دَوِّن ما تتوصَّل إليه في دفترك.

5- غيِّر قيمة المقاومة المتغيرة، مُلاحِظًا أثر هذا التغير في إشارة الخرج، وتردد إشارة الخرج.

6- غيِّر قيمة المواسع (0.1µF) بقيمة أعلى، ثم أعد تنفيذ الخطوتين (4) و(5).

7- صِلِ القناة الثانية لجهاز راسم الإشارة لمشاهدة شكل إشارة الخرج عند نقطة الفحص (TP3) كما في الشكل (1)، ثم ارسم شكل الموجة، ثم احسب ترددها وفولتيتها، ثم دَوِّن ما تتوصَّل إليه في دفترك.

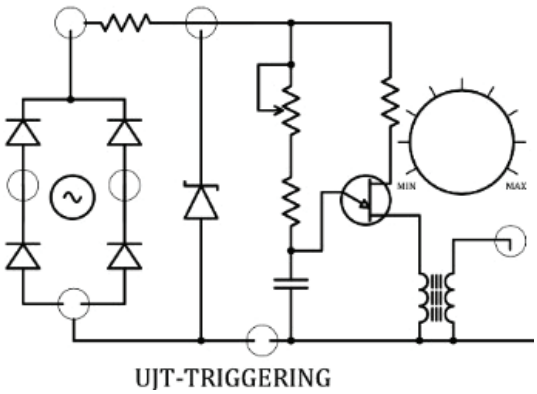
8- غيِّر قيمة المقاومة المتغيرة، مُلاحِظًا أثر هذا التغير في إشارة الخرج، وتردد إشارة الخرج.

9- غيِّر قيمة المواسع (0.1µF) بقيمة أعلى، ثم أعد تنفيذ الخطوتين (7) و(8).

10- اكتب تقريرًا مفصلًا عمّا قمت به في دفترك.

**نشاط عملي**

- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (2) على لوحة التجارب (PET AH –129 trainer) المتوافرة في المشغل، مستعينًا بالكتاب الخاص بتنفيذ التجارب، وبإشراف المعلم.
- اكتب تقريرًا مفصلًا عمّا قمت به في دفترك.




الشكل (2).

# ثالثًا: الدياك والترياك
# (Diac and Triac)

**النتاجات الخاصة بالدرس**

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذا الدرس أن:

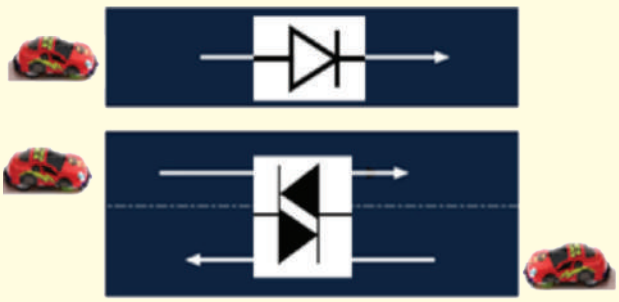
- يتعرف تركيب كلٍّ من الدياك والترياك.
- يتعرف مبدأ عمل كلٍّ من الدياك والترياك.
- يتعرف استخدامات كلٍّ من الدياك والترياك.

**انظر وتساءل**

انظر الشكل (3-7)، ماذا تلاحظ؟

الطريق الأول مسرب واحد؛ أي إن المركبات لا تمر فيه إلا في اتجاه واحد فقط، والطريق الثاني مسربان.

تحتوي بعض الدارات الإلكترونية على عناصر إلكترونية تعمل على إمرار التيار الكهربائي في اتجاه واحد، أو في اتجاهين.



الشكل (3-7): الطريق ذو اتجاه، وذو اتجاهين.

**استكشف**

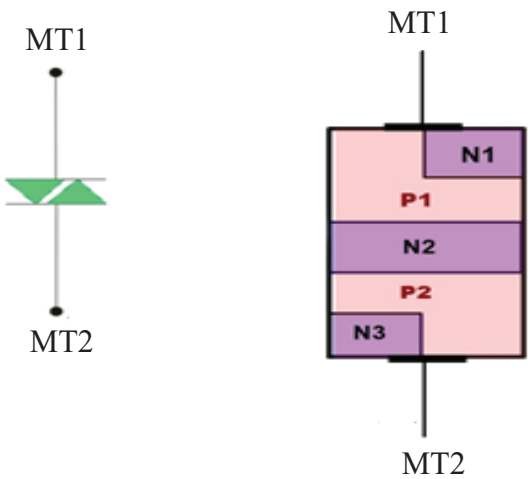
- كيف يمكن إمرار التيار الكهربائي في اتجاهين؟

**اقرأ وتعلَّم**

تُستخدَم في الدارات الإلكترونية عناصر تعمل على إمرار التيار الكهربائي في اتجاهين، وأهم هذه العناصر الدياك، والترياك.

## 1- الدياك:

عنصر له طرفان، وهو يحتوي على خمس طبقات، ويعد عنصرًا ثنائي الاتجاه، ويمكنه التحوُّل من حالة القطع (OFF) إلى حالة التوصيل (ON) بصرف النظر عن اتجاه القطبية عبر طرفيه.




الشكل (3-8): تركيب الدياك، ورمزه.

### أ - تركيب الدياك:

الدياك أحد عناصر عائلة الثايرستور، وهو عنصر يتكوَّن من خمس طبقات من المواد شبه الموصلة $(n_1\text{-}p_1\text{-}n_2\text{-}p_2\text{-}n_3)$، ولا يوجد له

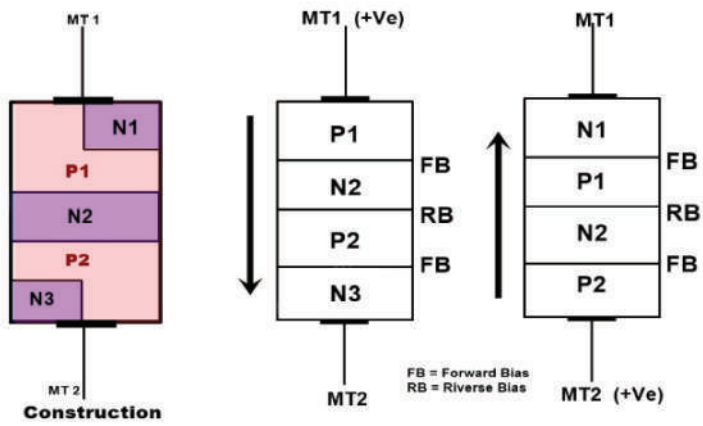
مصعد أو مهبط، وله طرفان، هما: ($MT_1$) و($MT_2$)، انظر الشكل (3-8) الذي يبين تركيب الدياك ورمزه. وكلمة (دياك Diac) مشتقة من اللغة الإنجليزية (Diode for Alternating Current)، وتعني المفتاح ثنائي الاتجاه للتيار المتناوب. وفي الدياك يكون تركيز حاملات الشحنة متماثلًا (بخلاف الترانزستور)؛ لتوفير خصائص متماثلة في اتجاهي التوصيل، ولذلك لا يوجد للدياك مصعد أو مهبط.

**تذكَّر**

لا يحتاج الدياك إلى دارة قدح.

**ب- مبدأ عمل الدياك:**

يغلق الدياك في أي من الاتجاهين عن طريق زيادة الفولتية بين المصعد والمهبط عند قيمة أكبر من فولتية الانهيار الأمامي. فإذا كان الطرف ($MT_1$) موصولًا بالقطب الموجب لمصدر الفولتية، والطرف ($MT_2$) موصولًا بالطرف السالب لمصدر الفولتية كما في الشكل (3-9)، وقيمة الفولتية عالية؛ فإن مسار التيار المار بالدياك يكون من الطرف ($MT_1$) إلى الطرف ($MT_2$)، والعكس صحيح.



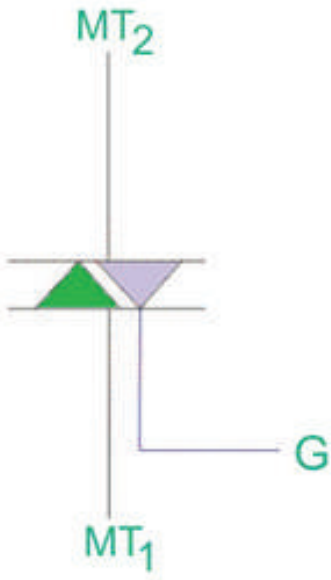

الشكل (3-9): توصيل الدياك بمصدر الفولتية.

**جـ -استخدامات الدياك:**

يُستخدَم الدياك مفتاحًا للتيار المتناوب في اتجاهين، ويُستخدَم في دارات التحكم الإلكتروني بوصفه عنصرًا مساعدًا للتحكم في قدح المقوم السيليكوني المحكوم والترياك، ويُستخدَم أيضًا في دارات توليد النبضات.

## 2- التريـاك:

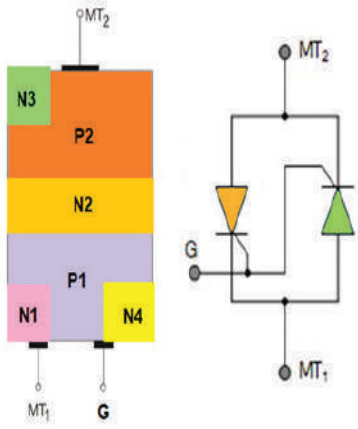
من العيوب الرئيسة للمقوم السيليكوني المحكوم، التي يشترك فيها مع الثنائي، عدم قدرته على التعامل مع التيار المتناوب؛ فهو عنصر أحادي الاتجاه يُمرِّر التيار في اتجاه واحد فقط من المصعد إلى المهبط؛ ما يتطلَّب تطوير عنصر جديد قادر على حل هذه المشكلة، وهو التريـاك (Triac)، فما الذي يميز هذا العنصر عن المقوم السيليكوني المحكوم؟




الشكل (3-10): رمز التريـاك.

التريـاك مفتاح ثلاثي الأطراف وثنائي الاتجاه، وهو يتحكم في مرور التيار الكهربائي في اتجاهين متعاكسين، ويُشبِه المقوم السيليكوني المحكوم، لكنه يمتاز عنه بقدرته على إمرار التيار في الاتجاهين؛ أي يمكن استخدامه في دارات التيار المتناوب بوصفه مفتاحًا إلكترونيًّا فاعلًا، وهو مصمم بحيث يعمل في حالة الوصل (ON)، أو حالة الفصل (OFF)، وله ثلاثة أطراف، هي: البوابة (G)، وطرفان يُطلَق عليهما اسم ($MT_1$) و($MT_2$)، انظر الشكل (3-10).

### أ - تركيب التريـاك:




الشكل (3-11): تركيب التريـاك.

يكافئ التريـاك زوجًا من المقومات السيليكونية المحكومة (SCR)، انظر الشكل (3-11)، والمقوم السليكوني المحكوم الأول ($SCR_1$) ($p_2$-$n_2$-$p_1$-$n_1$) يُمثِّل الطرف ($MT_2$) المتصل بالشريحة الموجبة ($P_2$)، وهو مصعد المقوم، والطرف الثاني ($MT_1$) المتصل بالشريحة السالبة ($n_1$) يُمثِّل مهبطه. أمّا الطرف (G) فيُمثِّل البوابة لهذا العنصر. يعمل هذا المقوم في منطقتي التوصيل الأمامي أو الحجز الأمامي عندما يكون منحازًا انحيازًا أماميًّا في النصف الموجب لفولتية المصدر الذي يكون تيارًا متناوبًا، وتُحدَّد منطقة عمل هذا المقوم عن طريق دارة البوابة.

المقوم الثاني ($SCR_2$) ($n_3$-$_2p$-$_2n$-$_1p$) يُمثِّل الطرف ($MT_1$) المتصل بالشريحة الموجبة ($p_1$)، وهو مصعد المقوم (K)، والطرف ($MT_2$) المتصل بالشريحة السالبة ($n_3$) يُمثِّل مهبطه. أمّا الطرف

(G) فيُمثِّل البوابة لهذا العنصر. يعمل هذا المقوم في منطقتي التوصيل الأمامي أو الحجز الأمامي عندما يكون منحازًا انحيازًا أماميًّا في النصف السالب لفولتية المصدر المتناوب، وتُحدَّد منطقة عمل هذا المقوم عن طريق دارة البوابة، انظر الشكل (3-11).

**فسِّر**

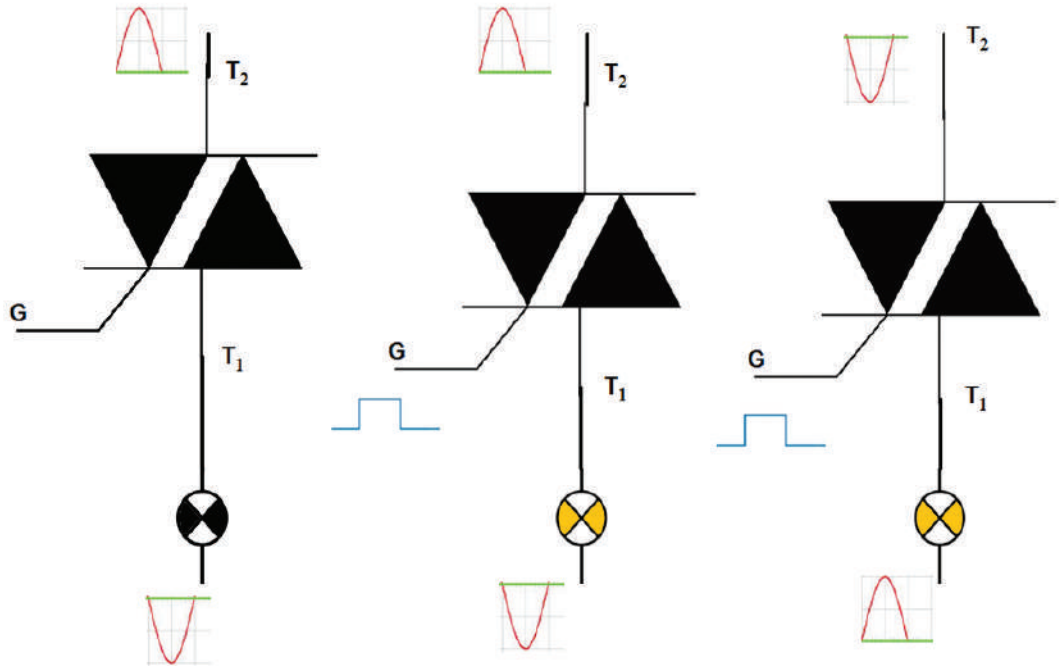
يُطبَّق على بوابة الترياك فولتية موجبة أو فولتية سالبة تبعًا لجهة التوصيل المطلوبة.

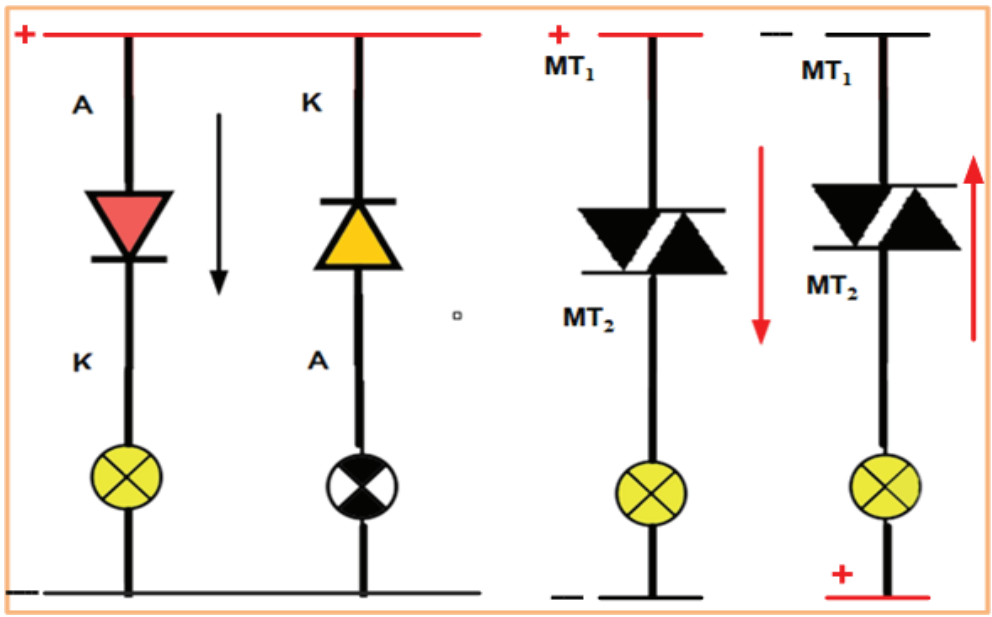
**ب ـ استخدامات الترياك:**

يُستخدَم الترياك مفتاحًا في الدارات الكهربائية، ويُستخدَم للتحكم في القدرة، وفي دارات التحكم في شدة الإضاءة، وفي دارات التحكم في محركات التيار المتناوب.

- ابحث أنت وزملاؤك في شبكة الإنترنت عن تركيب المفتاح السيليكوني المزدوج (SBS)، ورمزه، واستخداماته، وأهم تطبيقاته، ثم اكتب تقريرًا مفصلًا عن ذلك، ثم اعرضه على المعلم.
- ابحث أنت وزملاؤك في شبكة الإنترنت عن تركيب العنصر رباعي الطبقات (ثنائي شوكلي)، ورمزه، واستخداماته، وأهم تطبيقاته، ثم اكتب تقريرًا مفصلًا عن ذلك، ثم اعرضه على المعلم.

حالات وصل الترياك بمصدر فولتية متناوبة



## التمرين الأول

## دارة كهربائية لدراسة العلاقة بين الفولتية والتيار في الدياك

### نتاجات التمرين

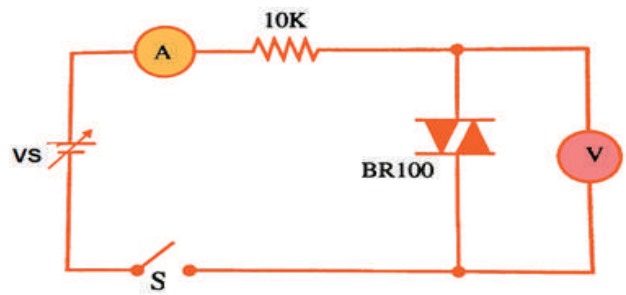
يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

1- يبني دارة كهربائية لدراسة العلاقة بين الفولتية والتيار في الدياك.

2- يستنتج منحنى خصائص الدياك.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- مقاومة كربونية (10kΩ)، (0.5W).<br>2- مفتاح توصيل.<br>3- دياك (BR100).<br>4- لوح توصيل.<br>5- أسلاك توصيل. | 1- مصدر فولتية مباشرة (0-60) فولت/ 1 أمبير.<br>2- راسم إشارة، قناتان، (20) ميغاهيرتز.<br>3- جهازا متعدد القياس الرقمي (DMM).<br>4- كاوي لحام (30-40) واط. |

**الرسوم التوضيحية**




الشكل (1).

**خطوات العمل**

1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2- أغلق المفتاح (S).

**خطوات العمل**

3- اضبط مصدر الفولتية المباشرة على (5) فولت.

4- غيِّر فولتية المصدر ($V_S$) بحسب القيم المبينة في الجدول (1)، ثم دَوِّن قيمة قراءة كلٍّ من جهاز الأفوميتر وجهاز الأميتر لكل قيمة من قيم مصدر الفولتية في الجدول (1).

5- ارسم العلاقة بين فولتية الدياك وتياره (منحنى الخصائص).

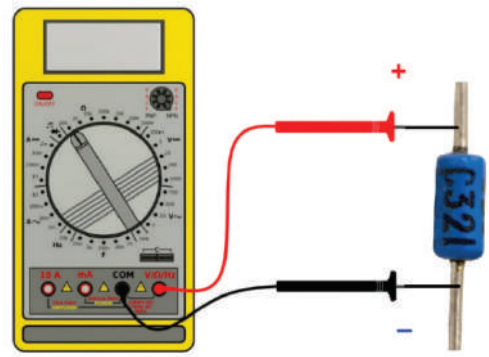
6- حدِّد فولتية قدح الدياك.

| VS | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| قراءة جهاز الأميتر | | | | | | | | | | |
| قراءة جهاز الفولتميتر | | | | | | | | | | |

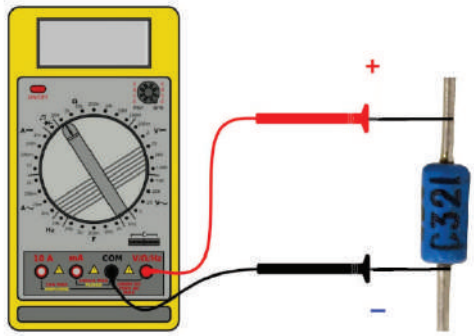
الجدول (1).

## نشاط عملي

- اضبط جهاز القياس على وضع المقاومة.
- صِلْ طرفي الدياك كما في الشكل (2)، ثم دَوِّن قيمة القراءة.
- اعكس طرفي الدياك كما في الشكل (3).
- كرِّر الخطوات السابقة، ثم افحص مجموعة من عناصر الدياك التي في المشغل.
- حدِّد فولتية القدح لكل العناصر التي فُحِصت.




الشكل (2).




الشكل (3).

## التمرين الثاني: دارة مذبذب تراخٍ باستخدام الدياك

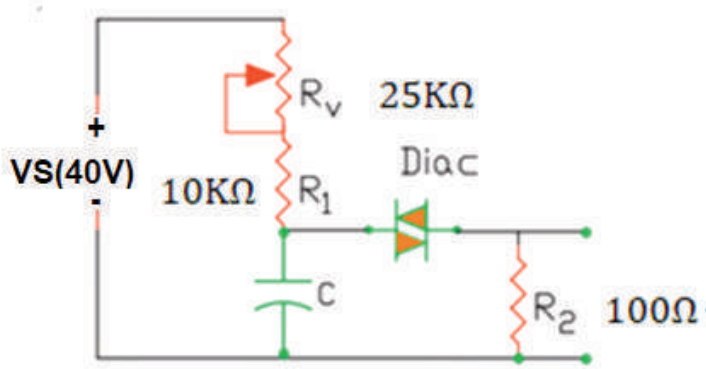
### نتاجات التمرين

يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

يبني دارة مذبذب تراخٍ باستخدام الدياك.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- مقاومة كربونية (100Ω,10kΩ)، (0.5W).<br>2- مقاومة متغيرة (25kΩ).<br>3- مفتاح توصيل.<br>4- دياك (BR100).<br>5- مواسع (0.1µf) 100 فولت.<br>6- لوح توصيل.<br>7- أسلاك توصيل. | 1- مصدر فولتية (مباشرة 0-40) فولت/ 1 أمبير.<br>2- راسم إشارة، قناتان، (20) ميغاهيرتز.<br>3- جهازا متعدد القياس الرقمي (DMM).<br>4- كاوي لحام (30-40) واط. |

**الرسوم التوضيحية**




الشكل (1).

**خطوات العمل**

1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2- اضبط مصدر الفولتية المباشرة على (40) فولت.

**خطوات العمل**

3- اضبط المقاومة المتغيرة على أدنى قيمة لها.

4- صِلِ القناة الأولى لجهاز راسم الإشارة لمشاهدة شكل الإشارة على طرفي المواسع (C)، ثم احسب قيمة التردد والفولتية، ثم ارسم شكل الموجة في كل حالة في دفترك.

5- صِلِ القناة الثانية لجهاز راسم الإشارة لمشاهدة شكل الإشارة على طرفي المقاومة (R2) أوم، احسب قيمة التردد والفولتية، ثم ارسم شكل الموجة في كل حالة في دفترك.

6- غيِّر قيمة المقاومة المتغيرة بحسب الجدول (1)، ثم احسب قيمة التردد والفولتية، ثم ارسم شكل الموجة في كل حالة في دفترك.

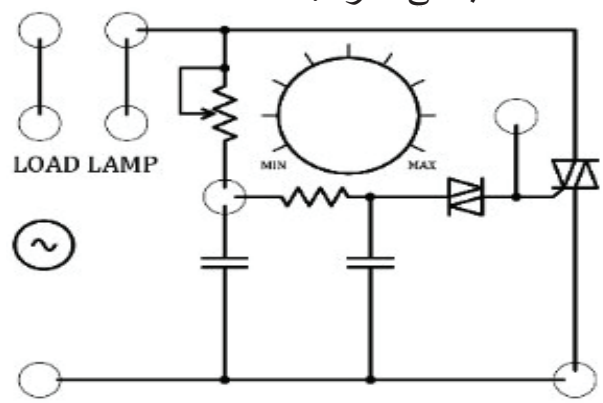
| قيمة المقاومة المتغيرة | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |
|---|---|---|---|---|---|
| شكل الإشارة على طرفي المواسع | | | | | |
| شكل الإشارة على طرفي المقاومة | | | | | |

الجدول (1).

**نشاط عملي**

1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (2) على لوحة التجارب (PET AH –129 trainer) المتوافرة في مشغلك، مستعينًا بالكتاب الخاص بتنفيذ التجارب، بإشراف المعلم.

2- اكتب تقريرًا مفصلًا عمّا قمت به في دفترك.




FULL WAVE PHASE CONTROL

الشكل (2).

## التمرين الثالث: فحص صلاحية التريك, وتحديد أطرافه

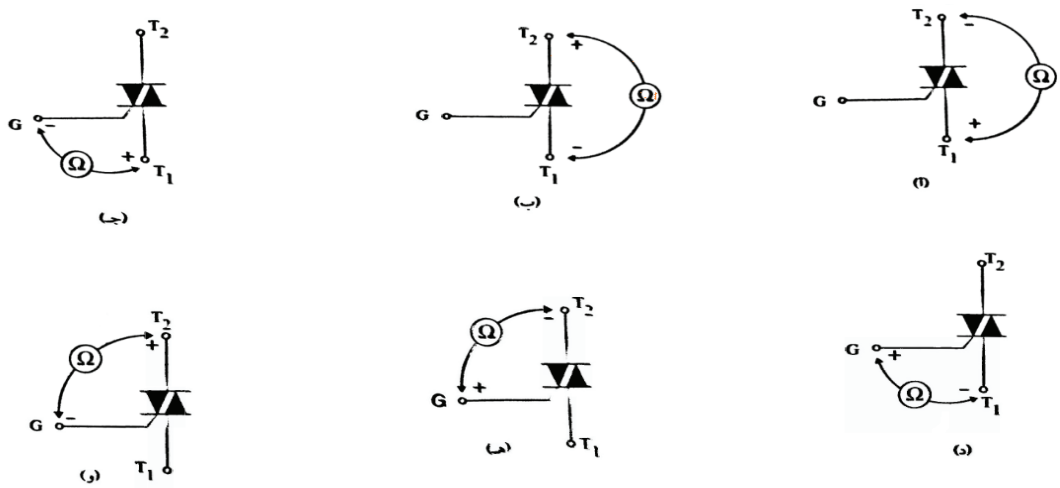
### نتاجات التمرين

يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

1- يفحص التريك، ويحدد أطرافه باستخدام جهاز الأوميتر.

2- يختبر صلاحية التريك عن طريق القدح.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- تريك (BT139).<br>2- لوح توصيل.<br>3- أسلاك توصيل.<br>4- كتيب المواصفات والبدائل. | 1- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).<br>2- جهاز متعدد القياس التماثلي. |
| **الرسوم التوضيحية** | |




الشكل (1).

**خطوات العمل**

أولًا: تحديد أطراف الترياك باستخدام جهاز الأوميتر.

1- ثبِّت الترياك المراد فحصه على لوح التوصيل في وضع يسهل فحصه.

2- اضبط جهاز متعدد القياس التماثلي على تدريج الأوم، ثم اختر مدى المقاومة ($X_1$) عند قياس المقومات بين أطراف الترياك.

3- صِلِ الطرف الأحمر الذي يُمثِّل القطب الموجب بالطرف ($T_2$)، ثم صِلِ الطرف الأسود الذي يُمثِّل القطب السالب بالطرف ($T_1$) كما في الشكل (1/أ)، ثم دَوِّن قيمة قراءة الجهاز في الجدول.

4- صِلِ الطرف الأسود الذي يُمثِّل القطب السالب بالطرف ($T_2$)، ثم صِلِ الطرف الأحمر الذي يُمثِّل القطب الموجب بالطرف ($T_1$) كما في الشكل (1/ب)، ثم دَوِّن قيمة قراءة الجهاز في الجدول.

5- صِلِ الطرف الأحمر الذي يُمثِّل القطب الموجب بالطرف ($T_1$)، ثم صِلِ الطرف الأسود الذي يُمثِّل القطب السالب بالطرف (G) كما في الشكل (1/ج)، ثم دَوِّن قيمة قراءة الجهاز في الجدول.

6- صِلِ الطرف الأسود الذي يُمثِّل القطب السالب بالطرف ($T_1$)، ثم صِلِ الطرف الأحمر الذي يُمثِّل القطب الموجب بالطرف (G) كما في الشكل (1/د)، ثم دَوِّن قيمة قراءة الجهاز في الجدول.

7- صِلِ الطرف الأسود الذي يُمثِّل القطب السالب بالطرف ($T_2$)، ثم صِلِ الطرف الأحمر الذي يُمثِّل القطب الموجب بالطرف (G) كما في الشكل (1/هـ)، ثم دَوِّن قيمة قراءة الجهاز في الجدول.

8- صِلِ الطرف الأحمر الذي يُمثِّل القطب الموجب بالطرف ($T_2$)، ثم صِلِ الطرف الأسود الذي يُمثِّل القطب السالب بالطرف (G) كما في الشكل (1/ و)، ثم دَوِّن قيمة قراءة الجهاز في الجدول.

9- حدِّد أطراف الترياك بناءً على نتائج القياس.

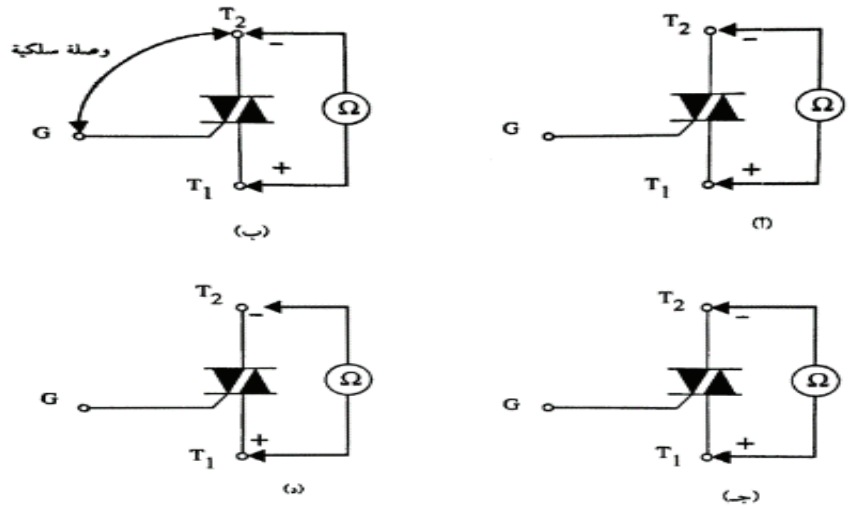
10- استخدم كتيب المواصفات والبدائل لتحديد أطراف الترياك.

11- دَوِّن جميع القراءات في الجدول.

12- اكتب تقريرًا مفصلًا عمّا قمت به في دفترك.

| حالة التوصيل | أ | ب | ج | د | ه | و |
|---|---|---|---|---|---|---|
| قراءة الجهاز | | | | | | |

**الرسوم التوضيحية**




الشكل (2).

**خطوات العمل**

**ثانيًا: اختبار صلاحية الترياك عن طريق القدح السالب.**

1- اضبط جهاز متعدد القياس التماثلي على وضع الأوم، ثم اختر مدى المقاومة ($X_1$) عند قياس المقومات بين طرفي الترياك.

2- صِلِ الطرف الأحمر الذي يُمثِّل القطب الموجب بالطرف ($T_1$)، ثم صِلِ الطرف الأسود الذي يُمثِّل القطب السالب بالطرف ($T_2$) كما في الشكل (2/أ)، ثم دَوِّن قيمة قراءة الجهاز.

3- صِلِ الطرف (G) بالطرف ($T_2$) باستخدام سلك قصير كما في الشكل (2/ب)، ثم دَوِّن ملاحظاتك.

4- افصل الوصلة السلكية الواصلة بين البوابة والطرف ($T_2$) كما في الشكل (2/ج)، ثم دَوِّن ملاحظاتك.

5- افصل طرف الجهاز المتصل بالطرف ($T_2$)، ثم أعد وصله مرة أخرى كما في الشكل (2/د)، ثم دَوِّن ملاحظاتك.

6- اكتب تقريرًا مفصلًا عمّا قمت به في دفترك.

## التمرين الرابع: دارة تحكم في تشغيل مصباح باستخدام التريك

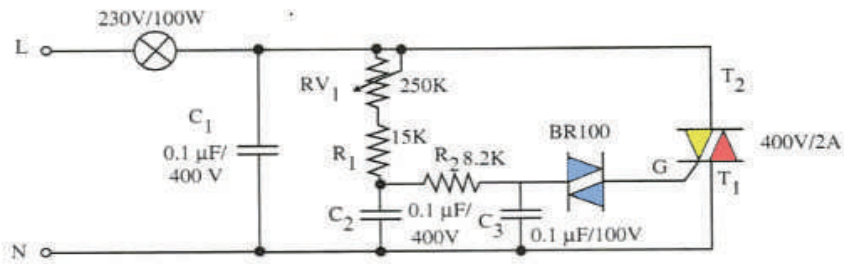
### نتاجات التمرين

يتوقع من الطالب بعد إنهاء هذا التمرين أن:

1- يبني دارة تحكم في شدة إضاءة مصباح يُستخدَم فيها التريك.

2- يتحقق من عمل الدارة.

| متطلبات تنفيذ التمرين | |
|---|---|
| **المواد** | **الأدوات والتجهيزات** |
| 1- تريك (400 فولت/ أمبير).<br>2- دياك (BR100).<br>3- مصباح (230) فولت، (100) واط.<br>4- مقاومة كربونية (15KΩ,8.2KΩ) ½ واط.<br>5- مقاومة متغيرة (250KΩ)، (1) واط.<br>6- مواسعان كيميائيان (1.0µF) (400) فولت.<br>7- مواسع كيميائي (1.0µF)، (100) فولت.<br>8- لوح توصيل.<br>9- أسلاك توصيل.<br>10- كتيب المواصفات والبدائل. | 1- مصدر فولتية متناوبة (220) فولت/ 2 أمبير، (50) هيرتز.<br>2- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).<br>3- كاوي لحام (30-40) واط. |
| **خطوات العمل** | |




الشكل (1).

**خطوات العمل**

1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2- صِلِ الدارة بمصدر الفولتية المتناوبة.

3- اضبط مصدر الفولتية المتناوبة على تدريج (220) فولت.

4- اضبط المقاومة المتغيرة ($R_{V1}$) للحصول على أعلى شدة إضاءة للمصباح.

5- اضبط جهاز متعدد القياس الرقمي على وضع الفولتية المتناوبة، ثم اختر التدريج المناسب.

6- قِسِ الفولتية بين الطرف ($T_2$) والطرف ($T_1$)، وكذلك الفولتية بين طرفي المواسع ($C_3$)، ثم دَوِّن القراءات في دفترك.

7- اضبط المقاومة المتغيرة ($R_{V1}$) للحصول على أقل شدة إضاءة للمصباح.

8- قس الفولتية بين الطرف ($T_2$) والطرف ($T_1$)، وكذلك الفولتية بين طرفي المواسع ($C_3$)، ثم دَوِّن القراءات في دفترك.

9- اضبط المقاومة المتغيرة ($R_{V1}$) على القيم المبينة في الجدول، مُكرِّرًا الخطوات (6-8) لكل حالة.

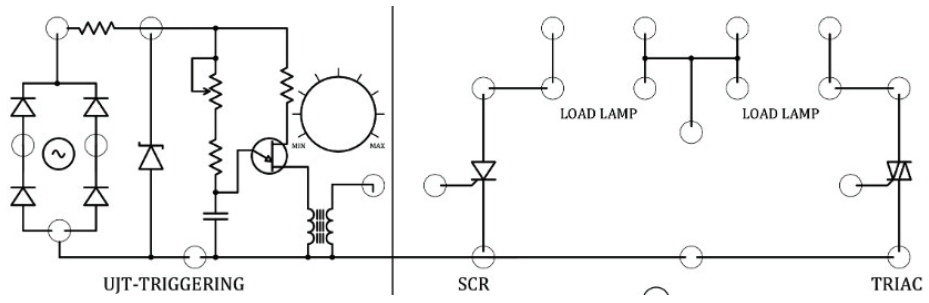
10-اكتب تقريرًا مفصلًا عمّا قمت به في دفترك.

| قيمة المقاومة المتغيرة | 0KΩ | 5KΩ | 10KΩ | 15KΩ | 20KΩ | 25KΩ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| مقدار الفولتية بين ($T_1$) و($T_2$) | | | | | | |
| مقدار الفولتية بين طرفي المواسع ($C_3$) | | | | | | |
| شدة إضاءة المصباح | | | | | | |

## نشاط عملي

1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (2) على لوحة التجارب (PET AH –129 trainer) المتوافرة في مشغلك، مستعينًا بالكتاب الخاص بتنفيذ التجارب، بإشراف المعلم.

2- اكتب تقريرًا مفصلًا عمّا قمت به في دفترك.




الشكل (2).

## التقويم الذاتي

يمكنني بعد دراسة هذه الوحدة أن:

| الرقم | مؤشر الأداء | التقدير | | |
|---|---|---|---|---|
| | | ممتاز | جيد | بحاجة إلى تحسين |
| 1 | أُميِّز عمليًّا بين الأنواع المختلفة من المقومات السيليكونية المحكومة. | | | |
| 2 | أفحص الأنواع المختلفة من المقومات السيليكونية المحكومة. | | | |
| 3 | أبني دارة تحكم في حمل باستخدام المقومات السيليكونية المحكومة. | | | |
| 4 | أتعرَّف الترانزستورات أحادية الوصلة. | | | |
| 5 | أفحص الترانزستورات أحادية الوصلة، وأُحدِّد أطرافها. | | | |
| 6 | أبني دارة مذبذب تراخٍ باستخدام الترانزستور أحادي الوصلة. | | | |
| 7 | أفحص الأنواع المختلفة من الدياك. | | | |
| 8 | أبني دارة كهربائية لدراسة العلاقة بين الفولتية والتيار للدياك. | | | |
| 9 | أبني دارة مذبذب تراخٍ باستخدام الدياك. | | | |
| 10 | أفحص الأنواع المختلفة من التراياك. | | | |
| 11 | أبني دارة تحكم في شدة إضاءة مصباح باستخدام التراياك. | | | |

## أسئلة الوحدة

1 - اختر رمز الإجابة الصحيحة لكلٍّ ممّا يأتي:

(1) عندما يكون المقوم السيليكوني المحكوم في حالة توصيل تكون ممانعته للتيار:

أ - ما لانهاية ب- صغيرة. جـ- متوسطة. د- صفرًا تقريبًا.

(2) المقوم السيليكوني المحكوم هو عنصر:

أ -غير مستقر. ب- مستقر. جـ - أحادي الاستقرار. د - ثنائي الاستقرار.

(3) يمتاز المقوم السيليكوني المحكوم من الثنائي بـ:

أ - إمكانية التحكم في زمن توصيله للتيار. ب- إمرار التيار في اتجاهين.

جـ- العمل بالتيار المتناوب. د - أنه عنصر مستقر.

(4) يتكوَّن المقوم السيليكوني المحكوم من:

أ - أربع طبقات شبه موصلة. ب- ثلاث طبقات شبه موصلة.

جـ- خمس طبقات شبه موصلة. د - طبقتين شبه موصلتين.

(5) طبقة المصعد في المقوم السيليكوني المحكوم هي:

أ – طبقة موجبة، ومتوسطة السُّمْك، وكثيرة الكثافة.

ب – طبقة سالبة، ومتوسطة السُّمْك، ومتوسطة الكثافة.

جـ – طبقة موجبة، ومتوسطة السُّمْك، ومتوسطة الكثافة.

د – طبقة موجبة رقيقة، وذات كثافة متوسطة.

(6) طبقة الحجز في المقوم السيليكوني المحكوم هي:

أ – طبقة موجبة متوسطة السُّمْك، وكثيرة الكثافة.

ب – طبقة سالبة، وأكثر الطبقات سُمْكًا، وأقلها كثافةً.

جـ – طبقة سالبة، ومتوسطة السُّمْك، ومتوسطة الكثافة.

د – طبقة موجبة رقيقة، وذات كثافة متوسطة.

(7) طبقة التحكم في المقوم السيليكوني المحكوم هي:

أ – طبقة موجبة متوسطة السُّمْك، وكثيرة الكثافة.

ب – طبقة سالبة، وأكثر الطبقات سُمْكًا، وأقلها كثافةً.

جـ – طبقة موجبة رقيقة، وذات كثافه متوسطة.

د – طبقة موجبة رقيقة، وذات كثافة عالية جدًّا.

(8) طبقة المهبط في المقوم السيليكوني المحكوم هي:

أ – طبقة موجبة متوسطة السُّمْك، وكثيرة الكثافة.

ب – طبقة سالبة، وأكثر الطبقات سُمْكًا، وأقلها كثافةً.

جـ – طبقة سالبة رقيقة جدًّا، وذات كثافه عالية.

د – طبقة موجبة رقيقة، وذات كثافة متوسطة.

(9) يمكن تمثيل المقوم السيليكوني المحكوم على شكل:

أ – ترانزستورين (pnp) موصولين بشكل معين.

ب – ترانزستورين (npn) موصولين بشكل معين.

جـ – ترانزستورين (npn) و(pnp) موصولين بشكل معين.

د – ثنائيين (pn) و(np) موصولين بشكل معين.

(10) واحدة من التالية ليس من طرائق قدح المقوم السيلكوني المحكوم:

أ – الفولتية العكسية. ب – البوابة.

جـ – الفولتية الأمامية. د – الضوء.

(11) يتكوَّن الترانزستور أحادي الوصلة من:

أ - شريحة شبه موصلة من نوع (N)، وشريحة شبه موصلة من نوع (P).

ب- شريحة شبه موصلة من نوع (N)، وقضيب من الألمنيوم.

جـ – أربع طبقات (PNPN).

د – خمس طبقات ($P_1N_2P_2N_3N_4$).

(12) تكون القاعدة الثانية في الترانزستور أحادي الوصلة ذات قطبية:

أ – موجبة بالنسبة إلى القاعدة الأولى.

ب – سالبة بالنسبة إلى القاعدة الأولى.

جـ - سالبة بالنسبة إلى قضيب الألمنيوم.

د - موجبة بالنسبة إلى قضيب الألمنيوم.

(13) الدياك عنصر:

أ - أحادي الاستقرار. ب - أحادي الاتجاه.

جـ - ثنائي الاتجاه. د – ثنائي الاستقرار.

(14) يكافئ الدياك زوجًا من:

أ - الثنائيات موصولين على التوالي.

ب- الثنائيات موصولين على التوازي.

جـ- ثنائيات شوكلي موصولين على التوازي، وبشكل متعاكس.

د - ثنائيات شوكلي موصولين على التوالي، وبشكل متعاكس.

(15) الترياك مفتاح:

أ - ثلاثي الأطراف، وأحادي الاتجاه. ب - ثنائي الأطراف، وأحادي الاتجاه.

جـ - ثلاثي الأطراف، وثنائي الاتجاه. د - ثنائي الأطراف، وثنائي الاتجاه.

(16) الترياك مناسب:

أ - لدارات التيار المتناوب؛ لأنه يوصل التيار في اتجاه واحد.

ب- لدارات التيار المتناوب؛ لأنه يوصل التيار في اتجاهين.

جـ- لدارات التيار المباشر؛ لأنه يوصل التيار في اتجاهين.

د - لدارات التيار المباشر؛ لأنه يوصل التيار في اتجاه واحد.

(17) يكافئ الترياك زوجًا من:

أ - ثنائيين موصولين على التوالي.

ب- ثنائيين موصولين على التوازي.

جـ- ثايرستورين موصولين على التوازي، وبشكل متعاكس.

د - ثنائيي شوكلي موصولين على التوازي، وبشكل متعاكس.

(18) يمكن قدح الترياك بتطبيق فولتية على البوابة، قد تكون:

أ - موجبة فقط.　　ب - موجبة، أو سالبة.

جـ - سالبة فقط.　　د - متغيرة.

2 - أ - بيِّن تركيب المقوم السيليكوني المحكوم (SCR)، ومبدأ عمله.

ب - اذكر طرائق قدح المقوم السيليكوني المحكوم.

جـ - اذكر تطبيقات المقوم السيليكوني المحكوم.

3 - أ - بيِّن تركيب الدياك.

ب- عرِّف الترياك، مُبيِّنًا رمزه، وتركيبه.

جـ - اذكر أهم الاستخدامات العملية للترياك.

# مسرد المصطلحات

| A | |
|---|---|
| Acceptors | الشوائب المتقبلة |
| Active Region | المنطقة الفعالة |
| Alternating Current | التيار المتناوب |
| Alternating Voltage | الفولتية المتناوبة |
| Amplifier | المضخم |
| Analogue Signal | الإشارة التماثلية |
| Analogue Avometer | الأفوميتر التماثلي |
| Angular Frequency | التردد الزاوي |
| Anode | المصعد |
| Anode Layer | طبقة المصعد |
| Atomic Structure | التركيب الذري |
| Average Value | القيمة المتوسطة |
| **B** | |
| Barrier Potential | فولتية الحاجز |
| Base | القاعدة |
| Battery | البطارية |
| Bias | الانحياز |
| Binary System | النظام الثنائي |
| Bipolar Junction Transistor | الترانزستور ثنائي القطبية |

| | |
|---|---|
| Blocking Layer | طبقة الحجز |
| Breadboard | لوح التوصيل |
| Breakdown Voltage | فولتية الانهيار |
| Bridge | القنطرة |
| Bridge Full-Wave Rectifier | دارة تقويم موجة كاملة (القنطرة) |
| **C** | |
| Capacitance | المواسعة |
| Capacitor | المواسع |
| Carbon Resistor | المقاومة الكربونية |
| Carry | الحمل |
| Cathode | المهبط |
| Channel | القناة |
| Characteristic Curve | منحنى خصائص |
| Charge Carriers | حاملة للشحنات |
| Charging and Discharging | الشحن والتفريغ |
| Chip | الرقاقة |
| Clamper Circuit | دارة التثبيت |
| Clipper Circuit | دارة التحديد |
| Clock | الساعة |
| Coil | الملف |
| Collector | المجمع |

| | |
|---|---|
| Common Base | القاعدة المشركة |
| Common Collector | المجمع المشترك |
| Common Drain | المصرف المشترك |
| Common Emitter | الباعث المشترك |
| Common Gate | البوابة المشتركة |
| Common Source | المنبع المشترك |
| Complement Metal Oxide Semiconductor (CMOS) | شبه الموصل ذو الأكسيد المعدني المتمم |
| Composite Connection | التوصيل المركب |
| Conduction State | حالة التوصيل |
| Conductive Materials | المواد الموصلة |
| Control Layer | طبقة التحكم |
| Covalent Bonds | الروابط التشاركية |
| Crystalline Structure | التركيب البلوري |
| Cut-off Region | منطقة القطع |
| **D** | |
| D.C Power Supply | مصدر القدرة المباشرة |
| Data Sheet | لوحة البيانات |
| Depletion Area | منطقة الاستنزاف |
| Depletion Mode MOSFET | ترانزستور تأثير المجال الاستنزافي |
| Diac | الدياك |

| | |
|---|---|
| Digit | الرقم |
| Digital Avometer | الأفوميتر الرقمي |
| Depletion | الاستنزاف |
| Digital Input | المدخل الرقمي |
| Diode | الثنائي |
| Direct Voltage | الفولتية المباشرة |
| Directivity | الاتجاهية |
| Donors | الشوائب المانحة |
| Doping | التطعيم |
| Drain | المصرف |
| **E** | |
| Effective Value | القيمة الفعالة |
| Electric Load | الحمل الكهربائي |
| Electric Motor | المحرك الكهربائي |
| Electrical Circuit | الدارة الكهربائية |
| Electronic Switch | المفتاح الإلكتروني |
| Electrolytic Capacitors | المواسع الإكتروليتي |
| Electromagnetic | الكهرومغناطيسية |
| Electromagnetic Relay | المرحلات الكهرمغناطيسية |
| Electronic Switch | المفتاح الإلكتروني |
| Electrons | الإلكترونات |

| | |
|---|---|
| Emitter | الباعث |
| Emitter Follower | تابع الباعث |
| Enhancement Mode MOSFET | ترانزستور تأثير المجال التعزيزي |
| **F** | |
| Field Effect Transistor | ترانزستور تأثير المجال |
| Fixed Capacitor | المواسعات الثابتة السعة |
| Forward Bias | الانحياز الأمامي |
| Forward Breakdown Voltage | فولتية الانهيار الأمامي |
| Forward Current | تيار الانحياز الأمامي |
| Forward Resistance | المقاومة الأمامية |
| Free Electrons | الإلكترونات الحرة |
| Free Holes | الفجوات الحرة |
| Frequency | التردد |
| Full Adder | الجامع التام |
| Full wave Rectification | تقويم الموجة الكاملة |
| Full-Wave Voltage Doubler | دارات مضاعف فولتية الموجة الكاملة |
| Fuse | المصهر |
| **G** | |
| Gain | الكسب |
| Gate | البوابة |
| Gate Current | تيار البوابة |

| | |
|---|---|
| **H** | |
| Half Wave Rectification | تقويم نصف الموجة |
| Head Phone | سماعة الرأس |
| Holding Current | تيار الإمساك |
| Holding Voltage | فولتية الإمساك |
| Hole | الفجوات |
| **I** | |
| input | المدخل |
| Input Resistance | مقاومة الدخل |
| Insulating Materials | المواد العازلة |
| Integrated Circuit (I.C) | الدارة المتكاملة |
| **K** | |
| Kirchhoff's Laws | قانونا كيرشوف |
| **L** | |
| Lamp | المصباح |
| Latching Current | تيار الإمساك |
| Light-Emitting Diode | الثنائي الباعث للضوء |
| Logic Circuit | الدارة المنطقية |
| **M** | |
| Majority Charge Carriers | حاملات الشحنة الأكثرية |
| Maximum Value | القيمة العظمى |

| | |
|---|---|
| Measurement | القياس |
| Metallic Oxide Transistor | ترانزستور الأكسيد المعدني |
| Micro Switch | المفاتيح المايكروية |
| Minimum Value | القيمة الصغرى |
| Minority Charge Carriers | حاملات الشحنة الأقلية |
| Multiplexer | متعدد القنوات |
| Mutual Inductance | الحث المتبادل |
| **N** | |
| Negative Resistance Region | منطقة المقاومة السالبة |
| Negative Temperature Coefficient | المعامل الحراري السالب |
| **O** | |
| Ohm's Law | قانون أوم |
| Ohmic Region | المنطقة الأومية |
| Open Circuit | الدارة المفتوحة |
| Optical Diode | الثنائي الضوئي |
| Oscillator | المذبذب |
| Oscilloscope | راسم الإشارة |
| Output | المخرج |
| Output Resistance | مقاومة الخرج |
| Over Load | زيادة الحمل |

| P | |
|---|---|
| Parallel | التوازي |
| Peak to Peak | القيمة من القمة إلى القمة |
| Peak Voltage | فولتية القمة |
| Periodic Time | الزمن الدوري |
| Phase Angle | زاوية الطور |
| Pin | الطرف |
| Positive Temperature Coefficient | المعامل الحراري الموجب |
| Power | القدرة |
| Power Electronics | إلكترونيات القوى |
| Pre-amplifier | المضخم الأولي |
| Primary Coil | الملف الابتدائي |
| Probe | المجس |
| Programmable Unijunction Transistor | ترانزستور أحادي الوصلة المبرمج |
| Pulse | النبضة |
| Pulse Wave | الموجة النبضية |
| Push Button Switch | مفاتيح الزر الانضغاطي |
| **R** | |
| Rectification Circuits | دارات التقويم |
| Relaxation Oscillator | مذبذب تراخٍ |
| Relay | المرحل |

| | |
|---|---|
| Reset | الإرجاع |
| Resistance | المقاومة |
| Resistivity | المقاومية |
| Resonant Circuits | دارات الرنين |
| Reverse Bias | الانحياز العكسي |
| Reverse Breakdown Voltage | فولتية الانهيار العكسي |
| Reverse Leakage Current | تيار التسرب العكسي |
| Ripple | التموج (التعرج) |
| **S** | |
| Saturation Region | منطقة التشبع |
| Sawtooth Wave Form | موجة سن المنشار |
| Screen | الشاشة |
| Secondary Coil | الملف الثانوي |
| Selectivity | الانتقائية |
| Semiconductor Material | المادة شبه الموصلة |
| Semiconductor Diode | الثنائي شبه الموصل |
| Semiconductor Materials | المواد شبه الموصلة |
| Sensitivity | الحساسية |
| Sensors | المجسات |
| Series | التوالي |
| Set | الوضع |

| | |
|---|---|
| Shockley Diode | ثنائي شوكلي |
| Short Circuit | دارة القصر |
| Signal | الإشارة |
| Signal Generator | مولد الإشارة |
| Silicon – Controlled Rectifier | المقوم السيليكوني المحكوم |
| Smoothing Circuit | دارات التنعيم (الترشيح) |
| Sinusoidal Signal | الإشارة الجيبية |
| Soldering Iron | كاوي الحام |
| Source | المنبع |
| Square Signal | الإشارة المربعة |
| Square Wave | الموجة المربعة |
| Stepper Motor | محرك الخطوة |
| Switch | المفتاح |
| **T** | |
| Test Point | نقطة الفحص |
| Thermal Relay | المرحلات الحرارية |
| Thyristor | الثايرستور |
| Transformer | المحول |
| Tunnel Diode | الثنائي النفقي |
| Transition Region | منطقة الانتقال |
| Triac | الترياك |

| | |
|---|---|
| Triangular Signal | الإشارة المثلثة |
| Triangular Wave Form | الموجة المثلثة |
| Trigger | القدح |
| Triggering Angle | زاوية القدح |
| **U** | |
| Unijunction Transistor (UJT) | ترانزستور أحادي الوصلة |
| **V** | |
| Valence Electrons | إلكترونات التكافؤ |
| Valley Point | نقطة الوادي |
| Varactor Diode | الثنائي السعوي |
| Variable Capacitor | المواسع المتغير السعة |
| Variable Resistor | المقاومة المتغيرة |
| Vertical | العمودي |
| Voltage | الفولتية |
| Voltage Filter | مرشح الفولتية |
| Voltage Gain | كسب الفولتية |
| Voltage Level | مستوى الفولتية |
| Voltage Multiplier | مضاعف الفولتية |
| Voltage Multipliers Circuits | دارات مضاعفات الفولتية |
| Voltage Quadruple | دارات مضاعفة الفولتية أربعة أضعاف |
| Voltage Regulator | منظم الفولتية |

| | |
|---|---|
| Voltage Stabilization | تثبيت الفولتية |
| Voltage Tripler | دارات مضاعفة الفولتية ثلاثة أضعاف |
| **W** | |
| Wire Resistor | المقاومة السلكية |
| **Z** | |
| Zener Diode | الثنائي زينر |

# قائمة المراجع

## أولًا: المراجع العربية


1- م. علي العابد وزملاؤه، **صيانة الأجهزة المكتبية والحاسوب**، العلوم الصناعية والتدريب العملي، المستوى الأول، وزارة التربية والتعليم، 2013م.

2- م. محمد الهندي وزملاؤه، **أساسيات الكهرباء والإلكترونيات**، الجمهورية اليمنية، 2015م.

3- مارتن بلونوس، **الاتصالات والإلكترونيات**، ترجمة: حاتم النجدي، المنظمة العربية للترجمة، 2015م.

4- م. محمد الهندي وزملاؤه، **بناء دارات الترانزستور أحادي الوصلة**، الجمهورية العربية السورية، 2015م.

5- م. سامي قرامي، **العناصر الإلكترونية**،2017م.


## ثانيًا: المراجع الأجنبية


1- ROBERT BOYLESTAD, Electronic Device and Circuit Theory, Seven Edition, 2015.

2- TJE Miller, Power Electronic Control in Electrical System.

3- ANDRAZEJ M.TRZYNADLOWSKI, Introduction to Modern Electronics, Third Edition, 2016.

4- ALBERT MALVINO & DAVID BATES, Electronic Principles, 2015.

5- Dr. HAZEM FALAH SAKEEK ,Electronic Fundamentals ,2015

6- B.L. THERAJA Electrical Technology, Volume 1, Volume 2 , 2015.

7- Louis E.Frenzel Jr Electronic Communication Systems Fourth Edition,2016.

تم بحمد الله تعالى