المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

دعم فني

أساسيات الكهرباء والإلكترونيات

١١١ دعم

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الحمد لله وحده، والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد وعلى آله وصحبه، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي، لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته ، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية " أساسيات الكهرباء والالكترونيات " لمتدربي قسم" دعم فني " للكليات التقنية موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص.

والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله عز وجل أن تسهم بشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، وبالاستعانة بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات.

والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه، إنه سميع مجيب الدعاء.

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

يعتبر الإلمام بمبادئ الكهرباء والإلكترونيات عنصراً أساسياً لمتخصص الدعم الفني للحاسب الآلي، حيث تتطلب صيانة الحاسب معرفة عمل دوائر التغذية الكهربية للحاسب والمكونات الإلكترونية الأساسية التي يعمل بها الحاسب.

وقد تم التطرق في هذه الحقيبة للمبادئ الأساسية للكهرباء والإلكترونيات حيث تم التركيز على المفاهيم الأساسية وتجنب الإطالة في المواضيع وذلك حتى يُلِم المتدرب بما سوف يفيده إن شاء الله في مجال عمله في المستقبل.

وتُقسم هذه الحقيبة إلى أربعة تقسيمات هي كالتالي: -

١. **دوائر التيار المستمر**

وتغطي الوحدات الأولى والثانية والثالثة الدوائر المفاهيم الأساسية في الكهرباء والقوانين والعلاقات التي تُفسر عمل دوائر التيار المستمر.

٢. **دوائر التيار المتغير**

حيث تُغطي الوحدات الرابعة والخامسة بعرض نظريات عمل المكثفات، وتوليد التيار المتغير.

٣. **العناصر الإلكترونية**

في الوحدات السادسة والسابعة والثامنة والتاسعة تم شرح العناصر الإلكترونية مثل الموحدات والترانزستورات وتطبيقاتها المختلفة.

٤. **الدوائر الإلكترونية المتكاملة**

وتتطرق الوحدات العاشرة والحادية عشر والثانية عشر لشرح عمل الدوائر الإلكترونية المتكاملة.

أساسيات الكهرباء والإلكترونيات

الكميات و العناصر الكهربية

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة:

الإلمام بالتعريفات العلمية للشحنة الكهربية، التيار، الفولت و المقاومة.

الأهداف:

عندما تكمل هذه الوحدة تكون قادراً على:

١. تعريف الفولت وخصائصه.
٢. تعريف التيار وخصائصه.
٣. تعريف المقاومة و خصائصها.

مستوى الأداء المطلوب:

أن لا تقل نسبة إتقان هذه الجدارة عن ٧٠٪.

الوقت المتوقع للتدريب:

ساعتان دراسيتان.

الوسائل المساعدة:

تنفيذ التدريبات العملية في المعمل.

متطلبات الجدارة:

لا يوجد متطلبات سابقة.

الكميات و العناصر الكهربية

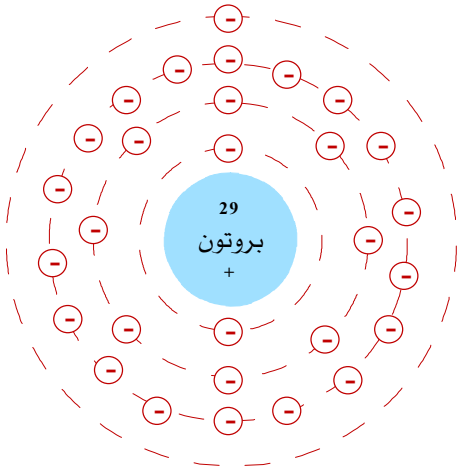
١ - ١ الشحنة الكهربية

تتكون الشحنات الكهربية من نوعين اتفق على تسميتها بالكهربية السالبة والكهربية الموجبة، حيث تتكون الشحنة الكهربية على جسيم ما أو في الفراغ إما بزيادة الكهربية السالبة أو الموجبة، وبالتالي فإن الجسم يسمى سالب الشحنة إذا زادت الكهربية السالبة وموجب الشحنة إذا زادت الكهربية الموجبة.

أما المادة فتحتوي على عدد كبير من الذرات التي ترتبط مع بعضها البعض بعدة أنواع من الروابط. وتحتوي ذرة كل عنصر من عناصر الطبيعة على ثلاثة مكونات رئيسية هي:

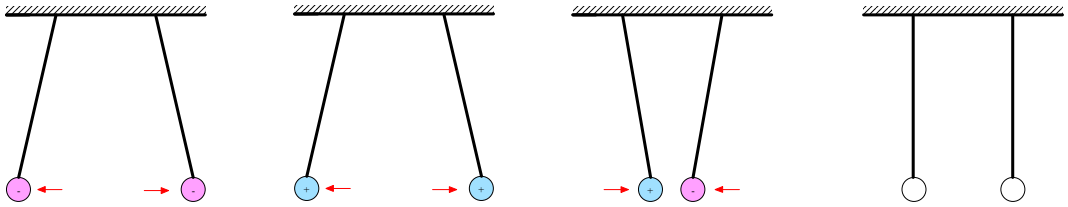
١. الإلكترونات وهو جسيم مشحون بكمية من الكهربية السالبة.
٢. البروتونات وهو جسيم مشحون بكمية من الكهربية الموجبة.
٣. النيوترونات وهو جسيم لا يحتوي على شحنة ولذا يكون متعادل كهربياً.

وشكل (١ - ١) يوضح تركيب ذرة عنصر النحاس، حيث تتكون ذرة النحاس من ٢٩ إلكتروناً سالب الشحنة، و٢٩ بروتوناً موجب الشحنة، ولكي تكون الذرة متعادلة كهربياً فإن عدد الإلكترونات يساوي عدد البروتونات. أما إذا زاد عدد البروتونات عن عدد الإلكترونات فإن الذرة تكون أيوناً موجباً، وإذا زاد عدد الإلكترونات عن عدد البروتونات فإن الذرة تكون أيوناً سالباً.



شكل(١ - ١)

ولكي نستطيع فهم الشحنة الكهربية ووحدتها فإنه يجب علينا أن نلاحظ تأثيرها على الأجسام المشحونة كهربياً، وخير مثال على ذلك هو شكل (١ - ٢). حيث توجد كرتان معدنيتان معلقتان لا تحملان أية شحنة ولكن عندما نضع شحنة سالبة على إحدى الكرات وشحنة موجبة على الكرة الأخرى فإن الكرتين تنجذبان إلى بعضهما البعض. أما إذا وضع شحنتان متشابهتان فإن الكرتين تبتعدان عن بعضهما البعض.



شكل(١ -٢)

وهذا يقودنا إلى معرفة خاصية مهمة من خصائص الشحنة الكهربية وهي أن الشحنات المتشابهة تتنافر والشحنات الموجبة تتجاذب.

وتقاس الشحنة الكهربية بوحدة الكولوم ويرمز لها بالرمز C. وجدير بالذكر فإن الشحنة على الإلكترون تساوي $1.6\times10^{-19}C$

ويُعرف الكولوم بأنه مجموع الشحنات Q على عدد $6.25\times10^{18}C$ إلكترون .

ويمكن تمثيل التعريف السابق بالعلاقة الرياضية التالية:

$$Q=\frac{n}{6.25\times10^{18}elec/C} \qquad .....(١ - ١)$$

حيث: n هي عدد الإلكترونات.

مثال (١ -١):

إذا كان لدينا 102×10^{16} إلكتروناً، فكم يبلغ مجموع الشحنات الكهربية؟

الحل:

باستخدام العلاقة رقم (١ -١)

$$Q=\frac{102\times10^{16}}{6.25\times10^{18}elec/C}$$

$$Q=163.2\times10^{-3}C$$

١ -٢ الجهد الكهربي

يعتبر فرق الجهد بين نقطتين في موصل هو مقدار الشغل المنجز لكي يتم نقل كولوم واحد من الشحنة من النقطة الأولى إلى النقطة الأخرى. لكي تنتقل الشحنات الكهربية يجب أن يتوفر فرق جهد كهربي يمثل القوة التي تدفع هذه الشحنات إلى التحرك من مكان إلى آخر داخل الموصل.

ويُرمز للجهد الكهربي بالرمز V ويقاس بوحدة الفولت ويمكن حسابه بالعلاقة التالية:

$$V = \frac{W}{Q} \qquad \text{.....(١ -٢)}$$

حيث:

W هي الطاقة بالجول (J)

Q هي الشحنة الكهربية بالكولوم (C)

مثال(١ -٢):

إذا احتجنا إلى (50J) من الطاقة لنقل (10C) من الشحنة، ما هو فرق الجهد؟

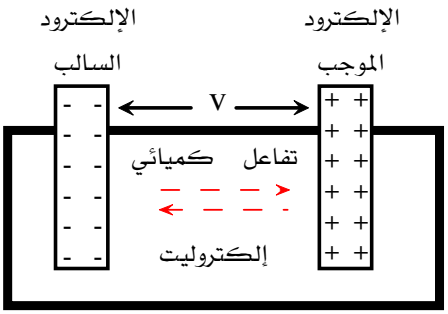
الحل:

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

$$V = \frac{50J}{10C}$$

$$V = 5V$$

يمكننا الحصول على فرق الجهد الكهربي من مصادر متعددة مثل البطاريات ومولدات الجهد الكهربي وكمثال على ذلك هي البطارية الإلكتروليتية المستعملة في السيارة كما في شكل (١ -٣).



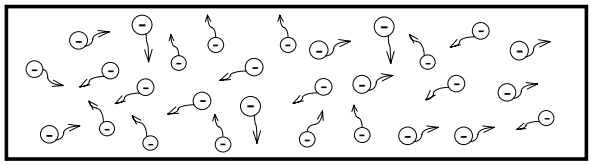
شكل(١ -٣)

ولكي يحدث فرق جهد كهربي بين قطبي البطارية الموجب والسالب فإن تفاعلاً كيميائياً يحدث داخل المحلول الإلكتروليتي يؤدي إلى تراكم الشحنات الموجبة على القطب الموجب وتراكم الشحنات السالبة على القطب السالب.

وبتوصيل قطبي البطارية في دائرة كهربية يحدث تحرك للشحنات من القطب السالب إلى القطب الموجب مما يؤدي إلى الاستفادة من هذه الطاقة الكهربية ومرور التيار الكهربي.

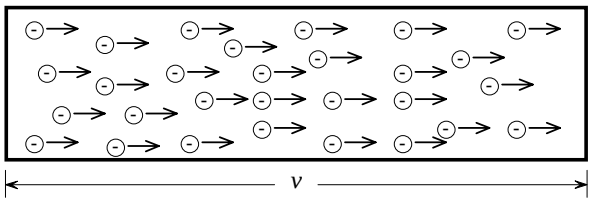
١ -٣ التيار الكهربي

تحتوي الإلكترونات ذات الشحنات السالبة على طاقة كامنة تجعلها تتحرك بصورة دائمة وعشوائية في جميع الاتجاهات داخل الموصلات كما هو موضح في شكل (١ -٤)



شكل(١ -٤)

ولكن عند وضع فرق جهد كهربي بين أطراف الموصل، بحيث يكون أحد الأطراف موجباً والآخر سالباً، فإن الإلكترونات تبدأ في التحرك باتجاة القطب الموجب وذلك لخاصية انجذاب الشحنات المختلفة كما هو في شكل (١ -٥)



شكل(١ -٥)

حركة الإلكترونات الحرة من القطب السالب إلى القطب الموجب تُسمى بالتيار الكهربي ويرمز له بالرمز I ويُقاس بوحدة تسمى الأمبير.

ويكون التيار المار في موصل هو معدل سريان الشحنات بالنسبة إلى الزمن:

$$I = \frac{Q}{t} \qquad \text{.....} (١ -٣)$$

حيث:

Q مقدار الشحنة بالكولوم

t مقدار الزمن بالثانية

وعلى هذا فإن أمبير واحد يساوي معدل سريان التيار عندما يمر عدد من الإلكترونات تحمل شحنة كولوم واحد خلال نقطة معينة في الموصل في ثانية واحدة.

مثال(١ -٣):

يعبر 30 كولوم من الشحنات خلال نقطة معينة في موصل خلال 6 ثواني. ما هو مقدار التيار بالأمبير ؟

الحل:

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

$$I = \frac{30c}{6t}$$

$$I = 5A$$

ولكي يتحقق مرور التيار في موصل يجب أن تتوفر الشروط التالية:

١. أن تكون هناك دائرة كاملة تتحرك فيها الإلكترونات لأنه إذا لم تستطع الإلكترونات العودة إلى نقطة بدايتها فإن مرور التيار يتوقف.
٢. وجود مؤثر يحرك الإلكترونات ويجعل مرور التيار مستمراً ويمثل هذا المؤثر مصدر الطاقة الكهربية.

١ -٤ المقاومة الكهربية

كما مر بنا سابقاً ، فإن وجود فرق جهد كهربي بين نقطتين في موصل يسبب سريان التيار بينهما. ولكن لكل موصل خاصية معينة تجعله يُعرقل مرور التيار ، هذه الخاصية تُسمى بالمقاومة ويرمز لها بالرمز Ω وتُقاس بوحدة الأوم.

لكل موصل مقاومية تعتمد على مادة الموصل ومقدار الشوائب الموجودة فيها وتسمى بالمقاومة النوعية ويرمز لها بالرمز ρ. وتعتمد مقاومة الموصل على هذه المقاومة النوعية وطول الموصل ومساحة مقطعه العرضية كما هو موضح بالعلاقة التالية:

$$R = \rho \frac{L}{A} \qquad \text{.....(١ -٤)}$$

حيث:

ρ المقاومة النوعية للموصل

L طول الموصل بالمتر

A مساحة المقطع العرضية بالمتر

مثال(١ -٤):

أوجد المقاومة النوعية لسلك من النحاس ذي مقاومة نوعية $1.59\times10^{-8}\,\Omega$m حيث إن طول السلك 100m وقطره 2mm.

الحل:

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

$$A=\pi r^2$$

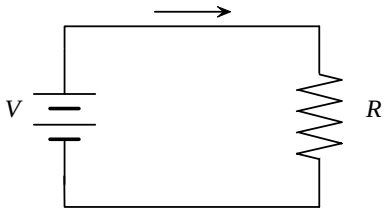
$$A=\pi(1\times10^{-3})^2=3.14\times10^{-6}m^2$$

$$R=\frac{1.59\times10^{-8}\times100}{3.14\times10^{-6}}$$

$$R=0.51\Omega$$

١ -٥ الدائرة الكهربية

تتكون الدائرة الكهربية من مصدر للجهد الكهربي يرمز له بالرمز V يقاس بالفولت ومقاومة كهربية R تقاس بالأوم حيث يمر تيار كهربي I يقاس بالأمبير كما هو موضح بالشكل (١ -٦)



شكل(١ -٦)

في الشكل السابق لاحظنا أن اتجاه مرور التيار في الدائرة هو من القطب الموجب إلى القطب السالب وهذا الاتجاه يسمى اتجاه التيار الاصطلاحي وهو عكس اتجاه التيار الصحيح. ويرجع ذلك إلى بداية ظهور علم الكهرباء حيث كان يُعتقد أن التيار يسري باتجاه القطب السالب ولكن الاكتشافات الحديثة أثبتت عكس ذلك.

ولتوحيد اتجاه التيار فإننا سوف نستخدم اتجاه التيار الاصطلاحي وهو المستخدم في أغلب كتب الهندسة الكهربية.

تمارين

١. ما هي مجموع الشحنة بالكولوم التي يحملها 50×10^{31} إلكترون ؟

٢. ما هو عدد الإلكترونات التي تحمل شحنة مقدارها $80\mu C$ ؟

٣. اسُتخدم 500J من الطاقة لنقل 100C من الشحنات خلال مقاومة، ما هو مقدار الجهد على هذه المقاومة ؟

٤. ما هو مقدار الطاقة التي تحتويها بطارية سيارة ذات 12V لتنقل 2.5C خلال دائرة كهربية؟

٥. ما هو مقدار التيار عندما تمر شحنات مقدارها $\frac{1}{6}$ كولوم خلال نقطة في الدائرة في زمن 3sec ؟

٦. ما هو مقدار الشحنة بالكولوم عند مرور تيار مقداره 1.5A في نقطة ما في الدائرة في زمن 0.1sec ؟

٧. ما هو مقدار المقاومة لسلك من الفضة طوله 1Km ونصف قطره 5mm ؟

٨. ما هو مقدار طول سلك من النحاس ذي مقاومة 10Ω وقطر 1mm ؟

أساسيات الكهرباء والإلكترونيات

قانون أوم

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة:

الإلمام بقانون أوم واستخداماته في حساب التيار و الفولت والمقاومة.

الأهداف:

عندما تكمل هذه الوحدة تكون قادراً على:

١. تعريف قانون أوم.
٢. استخدام قانون أوم لحساب التيار و الفولت والمقاومة.
٣. حساب القدرة المفقودة في دائرة كهربية.

مستوى الأداء المطلوب:

أن لا تقل نسبة اتقان هذه الجدارة عن ٩٠٪.

الوقت المتوقع للتدريب:

ساعتان دراسيتان

الوسائل المساعدة:

تنفيذ التدريبات العملية في المعمل.

متطلبات الجدارة:

معرفة التيار والجهد والمقاومة.

قانون أوم

٢ -١ قانون أوم

كما مر بنا سابقاً في الوحدة الأولى بأن المقاومة في الدائرة الكهربية تُعيق مرور التيار في الموصل وباستخدام هذه الخاصية قام العالم أوم بإجراء بعض التجارب على الدوائر الكهربية ووجد بالتجربة أن مرور التيار في دائرة ما يعتمد على قيمة المقاومة في الدائرة وعلى فرق الجهد بين طرفي المقاومة، ولقد بينت هذه التجارب أن هذه العلاقة هي علاقة خطية أي أن بزيادة قيمة المقاومة يكون مقدار النقص في التيار مماثلاً، والعكس صحيح أيضاً.

يمكننا تمثيل هذه العلاقة كما يلي:

$$V \alpha I \qquad \text{.....(٢ -١)}$$

أي انه هنالك علاقة طردية بين التيار والجهد

$$I = \frac{V}{R} \qquad \text{.....(٢ -٢)}$$

والقانون السابق هو قانون أوم وينص على:

أن التيار المار في دائرة يتناسب طردياً مع فرق الجهد وعكسياً مع المقاومة. وهو أهم قانون في الكهربية حيث يعتمد عليه في تحليل الدوائر الكهربية.

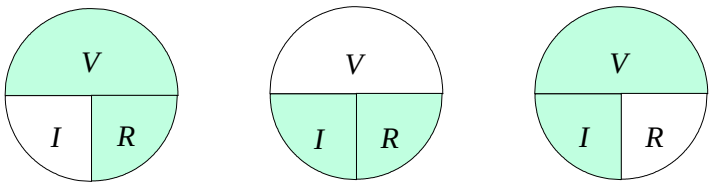
ومن القانون السابق يمكننا إيجاد العلاقات التالية:

$$V = IR \qquad \text{.....(٢ -٣)}$$

و

$$R = \frac{V}{I} \qquad \text{.....(٢ -٤)}$$

والشكل التالي يُسهل علينا تذكر قانون أوم



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

شكل (٢ -١)

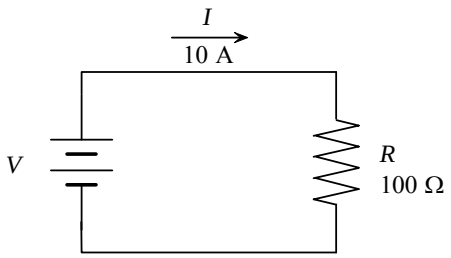
مثال(٢ -١):

استخدم قانون أوم لحساب فرق الجهد على مقاومة 100 أوم عندما يمر خلالها تيار مقداره 2 أمبير.

الحل:

$$V = IR$$
$$V = 2A \times 100\Omega$$
$$V = 200v$$

ولبيان العلاقة الخطية بين التيار وفرق الجهد نقوم بإجراء التجربة على الدائرة التالية:



شكل (٢ -٢)

حيث نقوم بزيادة الجهد زيادة تدريجية ثم نقوم بقياس التيار المار في الدائرة.

مما سبق يمكننا عمل الجدول التالي:

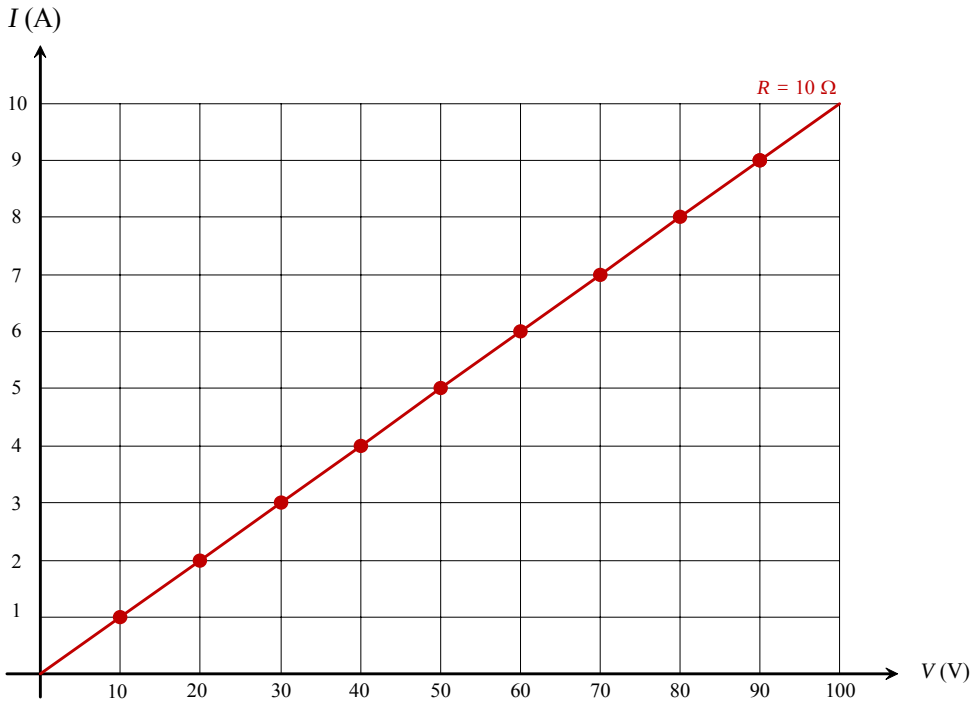
$R = 100\Omega$

V	I
10	1
20	2
30	3
40	4
50	5
60	6
70	7
80	8
90	9
100	10

ثم نقوم برسم العلاقة التالية بين التيار والجهد حيث يكون التيار هو الإحداثيات الصادية والجهد هو الإحداثيات السينية.

V	I
10 V	1 A
20 V	2 A
30 V	3 A
40 V	4 A
50 V	5 A
60 V	6 A
70 V	7 A
80 V	8 A
90 V	9 A
100 V	10 A

$$I = \frac{V}{10\Omega}$$



شكل (٢ -٣)

ولحساب قيمة المقاومة نقوم بحساب ميل المنحنى حيث يمثل فرق الإحداثيات الصادية على فرق الإحداثيات السينية.

$$\text{الميل} = \frac{\text{فرق الإحداثيات الصادية}}{\text{فرق الإحداثيات السينية}} \quad \text{.....(٢ -٥)}$$

$$M = \frac{5-4}{50-40}$$

$$M = \frac{1}{10}$$

هذه القيمة تُمثل $\frac{1}{R}$ وهو مقلوب المقاومة ومن ثم تكون قيمة المقاومة هي 10Ω.

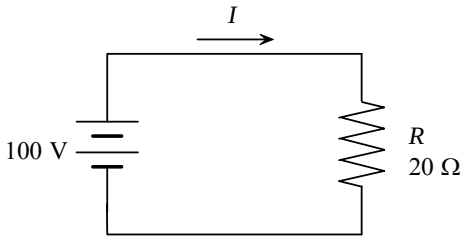
٢ -٢ تطبيقات قانون أوم

لقانون أوم أهمية كبرى في تحليل الدوائر الكهربية و ذلك لغرض معرفة التيارات أو المقاومات أو مصادر الجهد المجهولة، ولتوضيح ذلك نقوم بعرض الاحتمالات الثلاثة للمجاهيل الثلاثة في الدائرة الكهربية.

أ - تحديد التيار عندما تكون قيمة الجهد والمقاومة معلومتين

مثال(٢ -٢):

في الدائرة التالية ما هو مقدار التيار I المار في الدائرة



شكل (٢ -٤)

الحل:

باستخدام قانون أوم

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

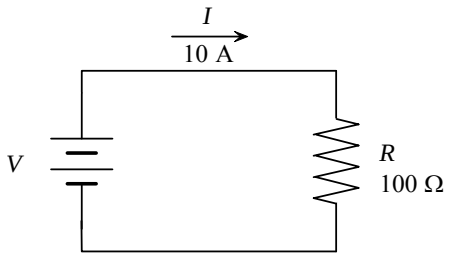
$$I = \frac{100}{20}$$

$$I = 5A$$

ب - تحديد الجهد عندما تكون قيمة التيار والمقاومة معلومتين

مثال(٢ -٣):

كم يبلغ مقدار الجهد في الدائرة التالية عندما يمر تيار مقداره 10A.



شكل (٢ -٤)

الحل:

باستخدام قانون أوم

$$V = IR$$

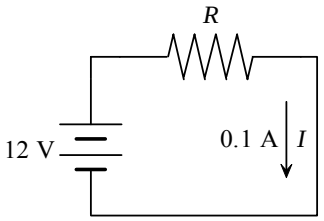
$$V = 10A \times 100\Omega$$

$$V = 1000V$$

ج - تحديد المقاومة عندما تكون قيمة الجهد و التيار معلومتين

مثال(٢ -٤):

أوجد قيمة المقاومة R عندما يمر فيها تيار مقداره $0.1A$.



شكل (٢ -٥)

الحل:

باستخدام قانون أوم

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

$$R = \frac{12}{0.1}$$

$$R = 120\Omega$$

٢ -٣ الطاقة والقدرة في الدوائر الكهربية

تُعرف الطاقة بأنها القابلية لأداء الشغل بينما تُعرف القدرة بأنها معدل استخدام الطاقة بالنسبة للزمن كما هو موضح بالعلاقة التالية:

$$P = \frac{W}{t}$$ .....(٢ -٦)

حيث إن:

W : هي الطاقة وتقاس بالجول

P : القدرة وتقاس بالوات

t : الزمن ويُقاس بالثانية

أما في الدائرة الكهربية فإن إعاقة التيار الممثل بحركة الإلكترونات بواسطة المقاومة ينتج عنه حرارة بسبب تحول طاقة الإلكترونات الحركية إلى طاقة حرارية، وهذه هي الطاقة المفقودة في الدوائر الكهربية.

تعتمد قيمة الطاقة في الدائرة الكهربية على قيمة التيار والمقاومة بحيث كلما زادت قيمة التيار أو قيمة المقاومة زادت قيمة الطاقة المبددة بواسطة الدائرة الكهربية.

ولهذا فإن القدرة الكهربية P تساوي:

$$P = I^2R \quad \text{.....(٢ -٧)}$$

ويمكن التعبير عنها أيضاً بواسطة الجهد

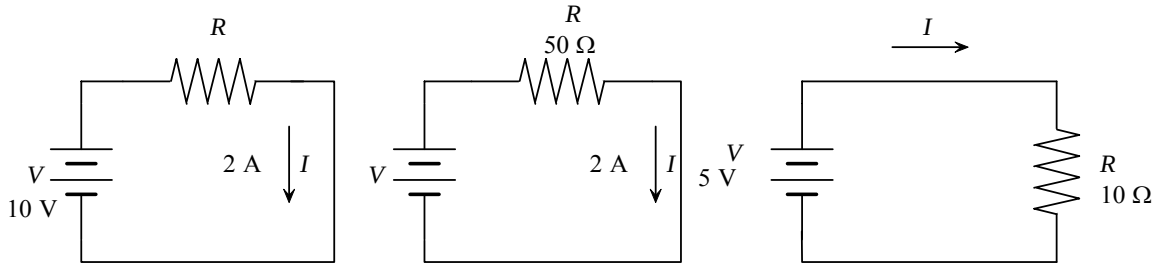
$$P = \frac{V^2}{R} \quad \text{.....(٢ -٨)}$$

أو

$$P = VI \quad \text{.....(٢ -٩)}$$

مثال(٢ -٥):

احسب قيمة القدرة الكهربية في الدوائر التالية:



شكل (٢ -٦)

الحل:

باستخدام قانون حساب القدرة الكهربية فإن:

$$a) P = IV = 2A \times 10V = 20W$$

$$b) P = I^2R = (2A)^2 \times 50\Omega = 200W$$

$$C) P = \frac{V^2}{R} = \frac{(5V)^2}{10\Omega} = 2.5W$$

تمارين

١ - يبلغ التيار في الدائرة 1A ، حدد قيمة التيار عندما:

a. تضاعف الجهد 3 مرات

b. نقص الجهد بمقدار 80%

c. زاد الجهد بمقدار 50%

٢ - يبلغ التيار في الدائرة 10mA ، كم سيكون التيار عندما يتضاعف الجهد مرتين و المقاومة مرتين أيضاً؟

٣ - حدد قيمة التيار في الحالات التالية:

$V = 5v, R = 1\Omega$

$V = 15v, R = 10\Omega$

$V = 50v, R = 100\Omega$

$V = 30v, R = 15K\Omega$

$V = 250v, R = 10M\Omega$

٤ - مقاومة 10Ω موصلة ببطارية 12V ، ما هو مقدار التيار المار في المقاومة؟

٥ - جهاز كهربائي ذو مقاومة غير معروفة ، وأنت تملك بطارية 12V وجهاز أميتر . كيف يمكنك معرفة مقاومة الجهاز المجهولة؟ ارسم الدائرة اللازمة لذلك؟

٦ - احسب قيمة المقاومة لكلٍ من قيم V,I التالية:

$V = 10v, I = 2A$

$V = 90v, I = 45A$

$V = 150v, I = 0.5A$

٧ - سخان كهربي يعمل على 115V ويسحب تياراً مقداره 3A ، ما هو مقدار القدرة التي يستخدمها؟

أساسيات الكهرباء والإلكترونيات

دوائر التيار المستمر المحتوية على مقاومات

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة:

توصيل المقاومات على التوالي والتوازي، و تحليل دوائر التيار المستمر المحتوية على مقاومات.

الأهداف:

عندما تكمل هذه الوحدة، تكون قادراً على:

١. حساب قيمة التيار و الفولت و القدرة في دوائر التوازي و التوالي
٢. تطبيق قانون أوم و كيرشوف في دوائر التوالي والتوازي.
٣. تعريف مقسمات الفولت والتيار

مستوى الأداء المطلوب:

أن لا تقل نسبة إتقان هذه الجدارة عن ٩٠٪.

الوقت المتوقع للتدريب:

ثلاث ساعات دراسية

الوسائل المساعدة:

تنفيذ التدريبات العملية في المعمل.

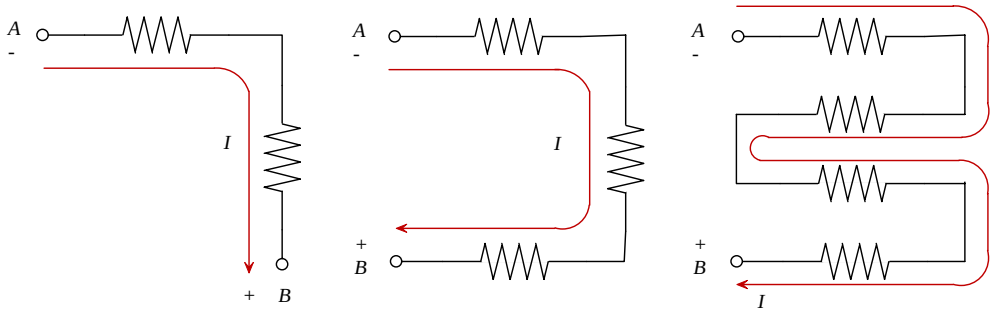
متطلبات الجدارة:

التمكن من استخدام قانون اوم

دوائر التيار المستمر المحتوية على مقاومات

٣ -١ دوائر المقاومات على التوالي

في أي دائرة كهربية، تعتبر مقاومتان أو أكثر موصلتان بالتوالي إذا كان نفس التيار يمر بكل مقاومة، أي أن للتيار مسار واحد فقط للمرور خلال المقاومات الموصلات بين نقطتين في الدائرة الكهربية يتضح لنا هذا في الشكل التالي:



شكل (٣ -١)

في جميع الدوائر السابقة نلاحظ أن التيار I المار بين نقطتين A و B هو نفسه المار في جميع المقاومات وبالتالي فإن المقاومات موصلة على التوالي.

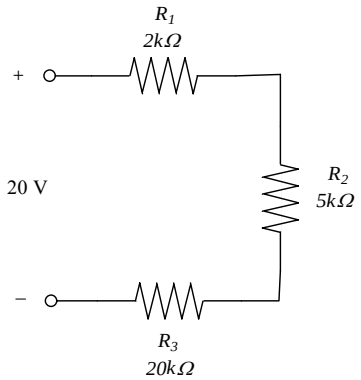
ويتم حساب قيمة المقاومة الكلية في الدائرة للمقاومات الموصلة على التوالي بجمع قيم المقاومات واعتبارها مقاومة واحدة تسمى R_T.

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + ... + R_n \quad .....(٣ -١)$$

حيث R_n ترمز لعدد المقاومات الموصلة على التوالي.

مثال(٣ -١):

في الدائرة التالية أوجد قيمة المقاومة الكلية R_T ، ثم احسب قيمة التيار المار في الدائرة.



شكل (٣ -٢)

الحل:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_T = 2K\Omega + 5K\Omega + 20K\Omega = 27K\Omega$$

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

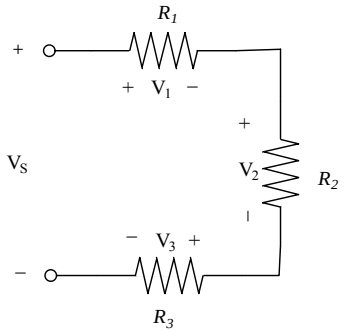
$$I = \frac{20V}{27K\Omega} = 0.74mA$$

٣ -٢ قانون كيرشوف للجهد

قانون كيرشوف للجهد من القوانين الأساسية في تحليل الدوائر الكهربية، وينص على:
أن المجموع الجبري لفرق الجهد على كل مقاومة في دائرة مغلقة يساوي مجموع الجهود في نفس الدائرة.
أي أن مجموع الجهود يساوي صفراً.

$$V_S + V_1 + V_2 + V_3 + ... + V_n = 0 \quad .....(٣ -٢)$$

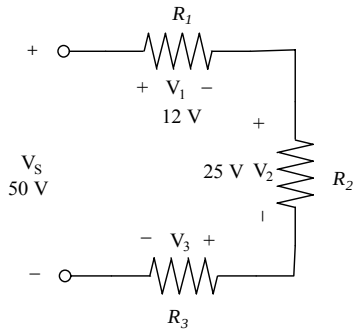
ويتضح لدينا هذا القانون بالنظر إلى الدائرة في شكل (٣ -١)



شكل (٣ -٣)

مثال(٣ -٢):

أوجد فرق الجهد V_3 في الدائرة التالية باستخدام قانون كيرشوف للجهد.



شكل (٣ -٤)

الحل:

$$-V_S + V_1 + V_2 + V_3 = 0$$

$$V_3 = V_S - V_1 - V_2$$

$$V_3 = 50 - 12 - 25 = 13V$$

ولوضع إشارة الجهد على كل مقاومة نفترض أن النقطة التي يدخل فيها التيار إلى المقاومة هو الجزء الموجب والنقطة التي يخرج منها هو الجزء السالب، ولذا فإنه في الدائرة السابقة وإذا بدأنا من الجهد على المقاومة R_1 فإن إشارات الجهود هي:

$+V_1$
$+V_2$
$+V_3$
$-V_S$

٣ -٣ تقسيم الجهد

بما أن التيار المار في مقاومات موصلة على التوالي يكون متساوياً فإن هذا يؤدي إلى أن هبوط الجهد على كل مقاومة حسب قانون أوم يعتمد على قيمة المقاومة.

فمن هذا البيان يتضح لنا، أن الجهد المطبق في الدائرة الموصلة على التوالي سوف يُقسم على المقاومات حسب قيمة كلٍ منها، فالأكبر يكون هبوط الجهد عليها كبيراً وهكذا.

ولحساب قيمة الجهد على مقاومة في الدائرة فإننا نطبق العلاقة التالية:

$$V_X = (\frac{R_X}{R_T})V_S \quad \text{.....(٣- ٣)}$$

حيث:

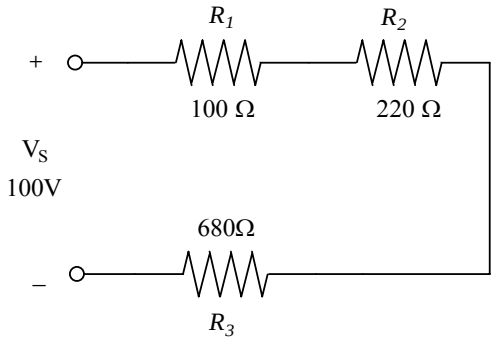
V_X هبوط الجهد المجهول على المقاومة R_X

R_T المقاومة الكلية

V_S جهد المصدر

مثال(٣ -٣):

في الدائرة التالية أوجد قيمة الجهد على المقاومة R_3



شكل (٣ -٥)

الحل:

$$V_{R3} = V_S(\frac{R_X}{R_T})$$

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_T = 100\Omega + 220\Omega + 680\Omega = 1K\Omega$$

$$V_{R3} = 100(\frac{100\Omega}{1K\Omega}) = 10V$$

٣ -٤القدرة في دوائر التوالي

كما مر بنا سابقاً في الوحدة الثانية فإن قيمة القدرة المفقودة في الدائرة تساوي:

$$P = I^2R \quad \text{.....(٣ -٤)}$$

وحيث أن R في العلاقة السابقة تُمثل قيمة المقاومة في دوائر التوالي فإن القدرة المفقودة في دوائر التوالي هي مجموع القدرة المفقودة على كل مقاومة:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \ldots\ldots\ldots + P_n \quad \text{.....(٣ -٥)}$$

$$P = I^2R_T \quad \text{.....(٣ -٦)}$$

وبهذا فإنه لمعرفة قيمة القدرة المفقودة في دوائر التوالي يجب أن نعرف قيمة المقاومة الكلية.

مثال (٣ -٤):

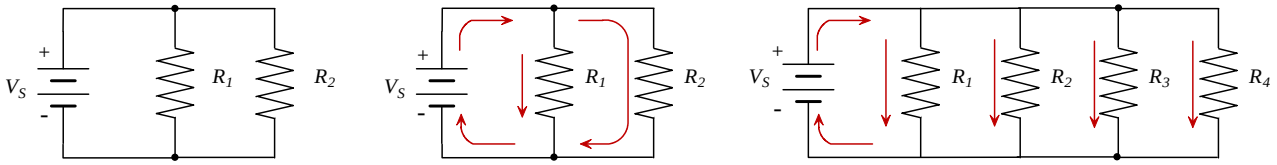
في المثال السابق أوجد القدرة المفقودة في الدائرة

$$P = \frac{V_S^{\,2}}{R_T}$$

$$P = \frac{(100)^2}{1K\Omega} = 10W$$

٣ -٥ توصيل المقاومات على التوازي

تكون مقاومتان أو أكثر موصلة على التوازي إذا كان أطراف المقاومتان موصلة في نقطتين مشتركتين ويتضح هذا من الشكل التالي:



شكل (٣ -٦)

حيث إنه في الدوائر السابقة تكون جميع المقاومات أحد أطرافها موصل بالنقطة A والطرف الآخر موصل بالنقطة B.

ويتم حساب المقاومة الكلية بالعلاقة التالية:

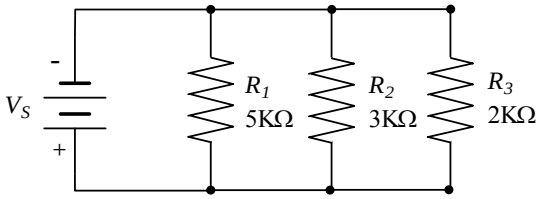
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \ldots + \frac{1}{R_n} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٣ -٧)$$

أو

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \ldots + \frac{1}{R_n}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٣ -٨)$$

مثال(٣ -٥):

أوجد المقاومة الكلية في الدائرة التالية:



شكل (٣ -٧)

الحل:

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

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{5k\Omega} + \frac{1}{3k\Omega} + \frac{1}{2k\Omega}$$

$$\frac{1}{R_T} = (0.2\times10^{-3}) + (0.33\times10^{-3}) + (0.5\times10^{-3})$$

$$\frac{1}{R_T} = (1.03\times10^{-3})$$

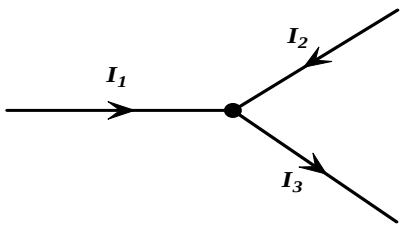
$$R_T = 971\Omega$$

ويمكن بشكل عام إذا كان لدينا مقاومتان على التوازي فإن المقاومة الكلية لهما هي:

$$R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \qquad \text{.....(٣ -٩)}$$

٣ -٦ قانون كيرشوف للتيار

في أي نقطة في الدائرة فإن المجموع الجبري للتيارات يساوي الصفر. أي أن مجموع التيارات الداخلة إلى النقطة والخارجة من النقطة تساوي الصفر. ويتضح هذا من الشكل التالي:



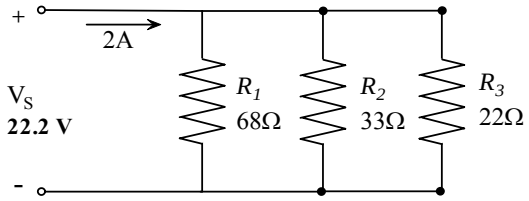
شكل (٣ -٨)

ويمكن اعتبار أن إشارة التيار الداخل إلى النقطة تكون سالبة وإشارة التيار الخارج من النقطة تكون موجبة وبالتالي:

$$I_3 - I_2 - I_1 = 0 \quad \text{.....(٣ -١٠)}$$

مثال (٣ -٦):

استخدم قانون كيرشوف للتيار لإثبات أن التيار الكلي في الدائرة I_T يكون متساوياً.



الحل:

$$I_{R1} = \frac{V_S}{R_1}$$

$$I_{R1} = \frac{22.2}{68}$$

$$I_{R1} = 0.326A$$

$$I_{R2} = \frac{V_S}{R_2}$$

$$I_{R2} = \frac{22.2}{33}$$

$$I_{R1} = 0.673A$$

$$I_{R3} = \frac{V_S}{R_3}$$

$$I_{R3} = \frac{22.2}{22}$$

$$I_{R3} = 1.01A$$

$$I_T = 2A$$

$$I_T = I_{R1} + I_{R2} + I_{R3}$$

$$I_T = 0.326 + 0.673 + 1.01 = 2A$$

تقسيم التيار

بما أن الجهد المطبق على مقاومات موصلة على التوازي يكون متساوياً ، فإنه حسب قانون أوم يكون التيار المار في كل مقاومة معتمداً على قيمة المقاومة.

أي أن التيار سوف ينقسم في دوائر المقاومات الموصلة على التوازي بحسب قيمة كل مقاومة. فالمقاومة الأكبر تأخذ تياراً أقل والمقاومة الأصغر تأخذ تياراً أعلى.

ولحساب قيمة التيار المار في مقاومات التوازي فإننا نطبق العلاقة التالية:

$$I_X = (\frac{R_T}{R_X})I_T \qquad .....(٣ - ١١)$$

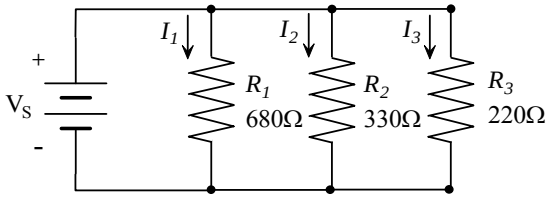
حيث:

I_X التيار المجهول المار في المقاومة R_X

I_T التيار الكلي

مثال(٣ -٧):

في الدائرة التالية. أوجد قيمة التيار المار في المقاومة R_2.



شكل (٣ -٨)

الحل:

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

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{680\Omega} + \frac{1}{330\Omega} + \frac{1}{220\Omega}$$

$$\frac{1}{R_T} = (9\times10^{-3})$$

$$R_T = 111\Omega$$

$$I_X = (\frac{R_T}{R_2})I_T$$

$$I_X = (\frac{111}{330})10$$

$$I_X = 3.36A$$

القدرة في دوائر التوازي

يتم حساب القدرة في دوائر المقاومات الموصلة على التوازي بجمع القدرة المبددة على كل مقاومة في الدائرة .

أي أن:

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + ... + P_n \quad .....(٣-١٢)$$

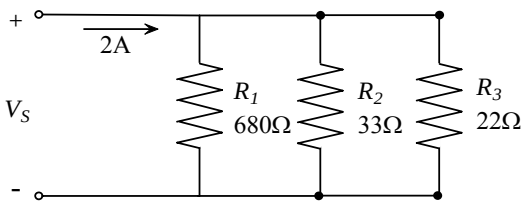
حيث:

P_T القدرة الكلية المبددة في الدائرة

P_n القدرة المبددة على المقاومة n

مثال(٣-٨):

حدد مقدار القدرة الكلية في الدائرة التالية:



شكل (٣-٨)

الحل:

المقاومة الكلية للدائرة

$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{68\Omega} + \frac{1}{33\Omega} + \frac{1}{22\Omega}}$$

$$R_t = 11.1\Omega$$

$$P_t = I_t^{\,2}\, R_t$$

$$P_t = (2)^2 (11.1) = 44.4W$$

دوائر التوالي والتوازي

عندما يكون لدينا مقاومات في دائرة كهربية موصلة على التوالي والتوازي فإنه لحساب المقاومة الكلية فإننا نجري الخطوات التالية:

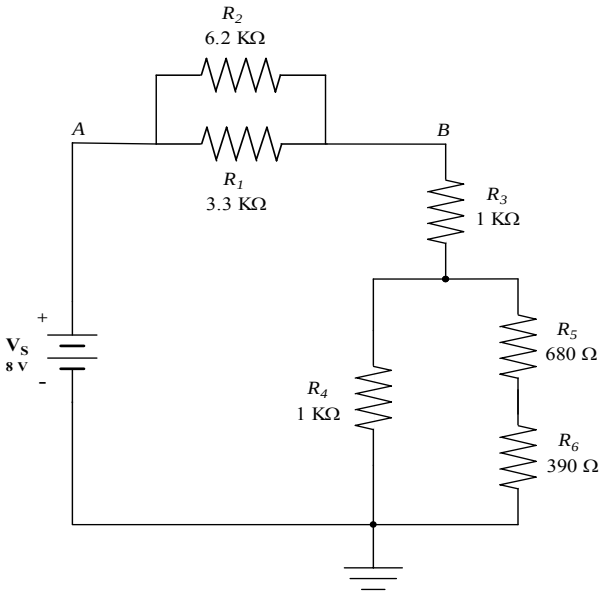
١ - نُوجد المقاومة الكلية للمقاومات الموصلة على التوالي مع ملاحظة أن ينطبق عليها شروط ربط المقاومات على التوالي.

٢ - نوجد المقاومة الكلية للمقاومات الموصلة على التوازي مع ملاحظة أن ينطبق عليها شروط ربط المقاومات على التوازي.

٣ - نكرر العمليات السابقة حتى نصل إلى المقاومة الكلية المطلوبة.

مثال(٣ -٩):

حدد هبوط الجهد على كل مقاومة في الدائرة التالية:



شكل (٣ -٩)

الحل:

$$R_{AB} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_{AB} = \frac{(3.3K\Omega)(6.2K\Omega)}{3.3K\Omega + 6.2K\Omega}$$

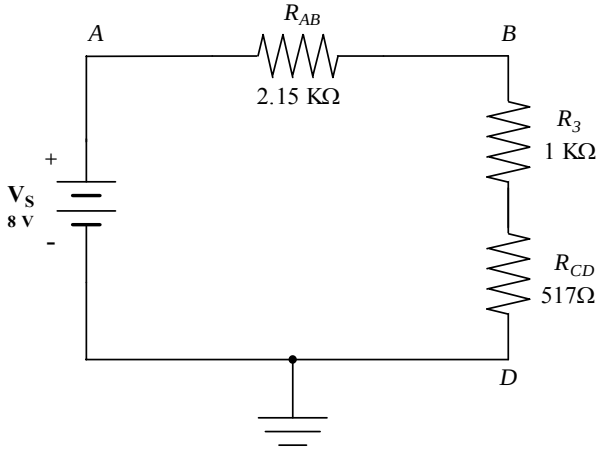
$$R_{AB} = 2.15K\Omega$$

$$R_{CD} = \frac{R_4(R_5 + R_6)}{R_4 + R_5 + R_6}$$

$$R_{CD} = \frac{1K\Omega(1.07K\Omega)}{1K\Omega + 1.07K\Omega}$$

$$R_{CD} = 517\Omega$$

وبالتالي فإن الدائرة تصبح كالتالي:



شكل (٣ -١٠)

$$R_t = R_{AB} + R_3 + R_{CD}$$

$$R_t = 2.15k\Omega + 1k\Omega + 517\Omega$$

$$R_t = 3.6k\Omega$$

$$V_{AB} = \frac{R_{AB}}{R_t} V_S$$

$$V_{AB} = \frac{2.15K\Omega}{3.67K\Omega} 8v$$

$$V_{AB} = 4.69v$$

$$V_{CD} = \frac{R_{CD}}{R_t} V_S$$

$$V_{CD} = \frac{517\Omega}{3.67K\Omega} 8v$$

$$V_{CD} = 1.13v$$

$$V_{R3} = \frac{R_3}{R_t} V_S$$

$$V_{R3} = \frac{1K\Omega}{3.67K\Omega} 8v$$

$$V_{R3} = 2.18v$$

$$V_{R1} = V_{R2} = V_{AB} = 4.69v$$

$$V_{R4} = V_{CD} = 1.13v$$

$$V_{R5} = \frac{R_5}{R_5 + R_6} V_{CD}$$

$$V_{R5} = (\frac{680}{1070})1.13v$$

$$V_{R5} = 718mv$$

$$V_{R6} = \frac{R_6}{R_5 + R_6} V_{CD}$$

$$V_{R6} = (\frac{390}{1070})1.13v$$

$$V_{R6} = 412mv$$

تمارين

١. تصوَّر وارسم الدوائر التالية:

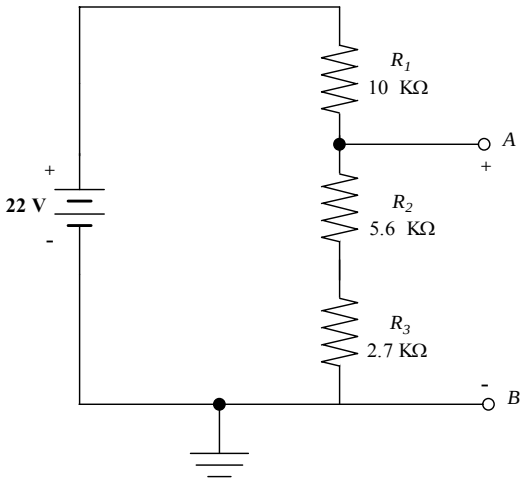
أ: R_1 على التوالي مع توازي R_2 و R_3

ب: R_1 على التوازي مع توالي R_2 و R_3

ج: R_1 على التوازي مع فرع يحتوي على توازي R_2 مع أربع مقاومات أخرى.

٢. في دائرة توازي. المقاومة الكلية تساوي 66KΩ وقيمة أحد المقاومات 1KΩ. فما هي قيمة المقاومة الثانية؟

٣. في الدائرة التالية، ما هو التيار الذي يزوده المصدر إذا كان ليس هناك حمل على جهد الخرج V_{out} فما هو جهد الحمل في هذه الحالة؟ وإذا أضفنا مقاومة مقدارها 10kΩ على الخرج. ما هو التيار المار في هذه المقاومة؟ وما هو التيار الكلي؟ وما هو جهد الخرج؟



شكل (٣ -١٠)

٤. يوجد لدينا ٦ لمبات إضاءة موصلة على التوازي على جهد 110V وكل لمبة لها قدره مقدارها 75W ما مقدار التيار المار في كل لمبة؟ وما هو مقدار التيار الكلي؟

أساسيات الكهرباء والإلكترونيات

المكثفات

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة:

الإلمام بفكرة عمل المكثف و الدوائر التي يستخدم فيها المكثفات.

الأهداف:

عندما تكمل هذه الوحدة تكون قادراً على:

١. فكرة المكثف من شحن وتفريغ
٢. توصيل المكثفات على التوالي والتوازي
٣. أنواع المكثفات
٤. تحليل دائرة تيار مستمر تحتوي على مقاومة و مكثف.

مستوى الأداء المطلوب:

أن لا تقل نسبة إتقان هذه الجدارة عن ٨٠٪.

الوقت المتوقع للتدريب:

ساعتان دراسيتان.

الوسائل المساعدة:

تنفيذ التدريبات العملية في المعمل.

متطلبات الجدارة:

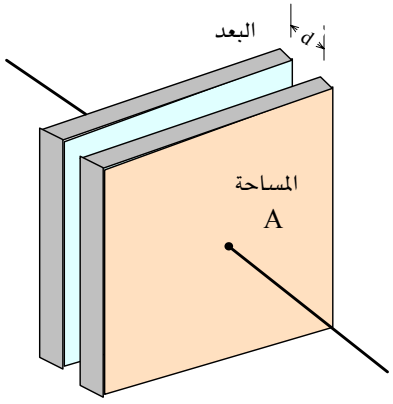
لا يوجد متطلبات سابقة.

المكثفات

(٤ -١) التركيب الأساسي للمكثفات

يعتبر المكثف من العناصر الأساسية في الدوائر الكهربية والإلكترونية حيث يستخدم في تخزين الطاقة الكهربية اعتماداً على شحنها ثم تفريغها في توقيتات زمنية معينة تعتمد على ظروف الدائرة والغرض منها.

وعادة ما يسمى المكثف حسب المواد الداخلة في تصنيعه أو حسب نظرية عمله . ويتكون المكثف الكهربائي في أبسط صورة من لوحين موصلين ومعزولين عن بعضهما بعازل، ويكون البعد صغيراً بقدر الإمكان كما في شكل (٤ -١)



التركيب الأساسي للمكثف

شكل (٤ -١)

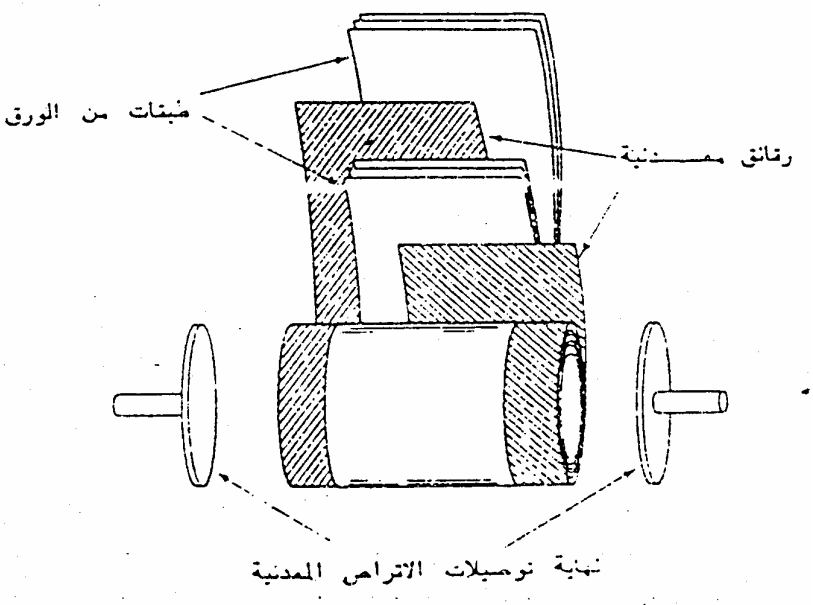
(٤ -٢) أنواع المكثفات

يتم تصنيف المكثفات الكهربية تبعا لنوع المادة العازلة في المكثف والتي تكون غالبا من الهواء أو الورق أو الميكا .....الخ وفيما يلي عرضا لأهم أنواع المكثفات الواسعة الانتشار:

(٤ -٢ -١) المكثفات الورقيه المعدنية

وهذه المكثفات تحتوي على طبقات معدنية رقيقة ترسب على أورق بالتبخير وتحت التفريغ حتى يتلاشى الفراغ الموجودين الألواح والعازل ويتم التوصيل بين ألواح المكثف المعدنية والدائرة الخارجية عن

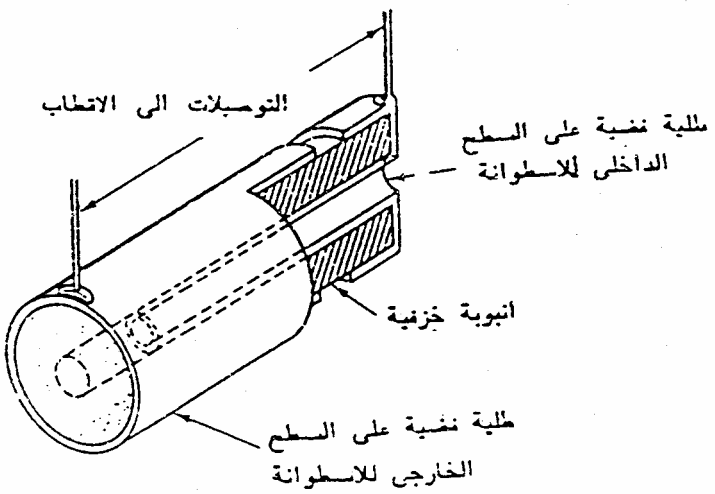
طريق التلامس بالضغط ومن مميزات هذا النوع من المكثفات صغر حجمه وصلاحيته حتى ولو حدث انهيار في طبقات العازل كما في شكل(٤ -٢).



شكل (٤ -٢)

(٤ -٢ -٢) المكثفات ذات العازل الخزفي

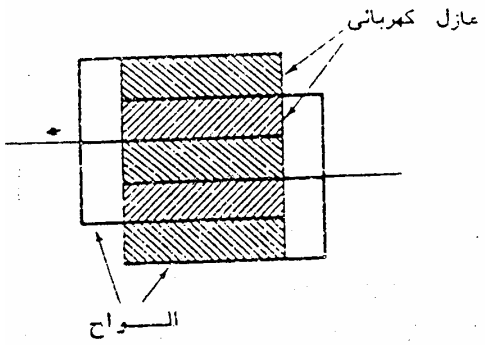
وهذا النوع من المكثفات قد يكون على شكل قرص أو أنبوب أو أسطوانة حيث إن الألواح تصنع من طبقة من الفضة الملصقة على عازل خزفي وهذا النوع من المكثفات يعطي سعة صغيرة عند الذبذبات العالية ويكون معامل الفقد في هذا النوع صغير جداً ، و شكل (٤ -٣). يوضح هذا النوع.



شكل (٤ -٣)

(٤ -٢ -٣) المكثفات ذات عازل الميكا

وفي هذا النوع من المكثفات يلصق غشاء من الميكا بين ألواح فضية لتكون على هيئة مكثف متعدد الألواح مكونة وحدة متماسكة وهذا النوع غالبا ما يستخدم في السعات الصغيرة التي تتراوح من $50pf$ إلى $500pf$. وشكل(٤ -٤) يوضح تركيبة الألواح المتداخلة.



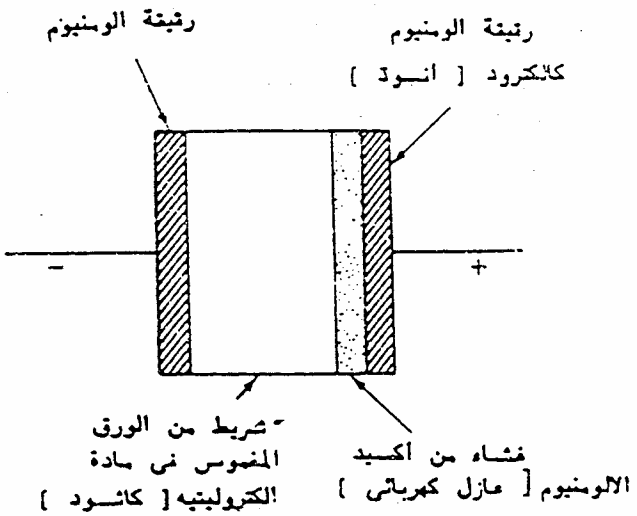
شكل (٤ -٤)

(٤ -٢ -٤) المكثفات الإلكتروليتية

وهذه المكثفات تتكون من صفيحتين من الألمنيوم أو التيتانيوم ويكون العازل في هذا النوع من المكثفات عبارة عن غشاء أكسيدي رقيق يتم ترسيبه على أحد لوحي المكثف أو عليهما جميعاً بحيث لا يتعدى سمك الغشاء جزءاً من المليون لذلك فإن هذه المكثفات لها سعة كبيرة وتكون تكلفتها قليلة.

وهذا النوع من المكثفات يكون مستقطباً .. بمعنى أن لها طرفين (+) و(-) ويجب أن يكون توصيل فرق الجهد بين طرفيها صحيح فلو عكست القطبية فإنها لا تعمل وقد يحدث لها انهيار في طبقات العزل ومن عيوب هذه المكثفات أنها تتحلل بالتخزين . حيث تزيد تيارات التسرب إذا تم تخزينها لفترة طويلة .

و شكل (٤ -٥)يوضح هذا النوع.



شكل (٤ -٥)

(٤ -٢ -٥) المكثفات المتغيرة

وهي تتكون من مجموعتين من الألواح المعزولة بالهواء بحيث يمكن إدارة مجموعة الألواح التي تكون قابلة للدوران أما المجموعة الأخرى فتظل ثابتة . ويمكن تغيير سعتها عن طريق تحريك ذراع التدوير وتزيد السعة عندما تتداخل الألواح بشكل كامل .

ويستخدم هذا النوع من المكثفات لانتقاء المحطات الإذاعية في أجهزة الاستقبال.

(٤ -٣) نظرية عمل المكثف

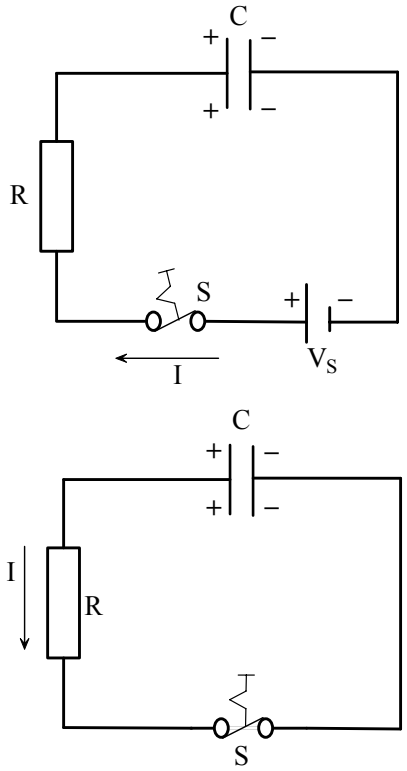
عندما يكون المكثف غير متصل بمصدر الجهد (البطارية) فإن كلاً من لوحي المكثف يحتوي على كمية متساوية من الإلكترونات (لا يوجد طاقة كهربية مخزنة في المكثف). وعندما يتم توصيل تيار مستمر من مصدر الجهد (حالة الشحن) فإن إحدى طبقتي المكثف تتصل بالقطب الموجب للبطارية والأخرى تتصل بالقطب السالب.

حيث تتدفق الإلكترونات من القطب السالب للبطارية إلى اللوح السالب فيتكون فائض من الإلكترونات على اللوح السالب ويحدث العكس في اللوح الموجب حيث يسحب منه عدد من الإلكترونات مساوياً لعددها حول اللوح السالب فيفقد هذا اللوح الإلكترونات ويصبح موجب الشحنة وبذلك يصبح المكثف مشحونا بشحنة كهربية وهي عبارة عن كميه الإلكترونات المنتقلة من أحد اللوحين إلى اللوح الآخر.

وبسبب وجود الطبقة البينية العازلة فإنه لا يمكن للإلكترونات أن تمر من خلال المكثف ونتيجة لحركة الإلكترونات ينشأ تيار يسمى بتيار الشحن (يتناقص كلما تراكمت الشحنة على لوحي المكثف) فإذا ما انتهى الشحن فإن جهد أطراف المكثف يتساوى مع جهد المنبع وينشأ بين اللوحين ما يعرف بالمجال الكهربائي.

وتساوي الشحنة المخزنة في المكثف= (Q) تيار الشحن (I) x زمن الشحن (t).

ويبقى المكثف محتفظاً بشحنه حتى لو فصل من مصدر الجهد. وشكل(٤ -٦)يوضح دائرة تتكون من مكثف ومقاومة ومصدر جهد ومفتاح.



شكل (٤ -٦)

ونلاحظ أن جهد المكثف =جهد المنبع V_S وذلك عندما يكون تيار الشحن مساويا للصفر $I = 0$ والمنحنى بين التيار وفرق الجهد والزمن يأخذ شكل لوغاريتمي. حيث إنه بعد زمن $t = RC$ ثانية فإن الجهد على طرفي المكثف يصعد إلى $0.63\ V_S$ والتيار يهبط إلى حاصل ضرب $RC = \frac{0.36V_S}{R}$ ويسمى الثابت الزمني للدائرة حيث R المقاومة و C سعة المكثف ويوضح المنحنى علاقة الجهد والتيار مع الزمن عند شحن وتفريغ المكثف.

ويتبع منحنى الجهد في الشحن العلاقة التالية:

$$V_C = V_S(1 - e^{-t/RC}) \quad \text{.....(٤ -١)}$$

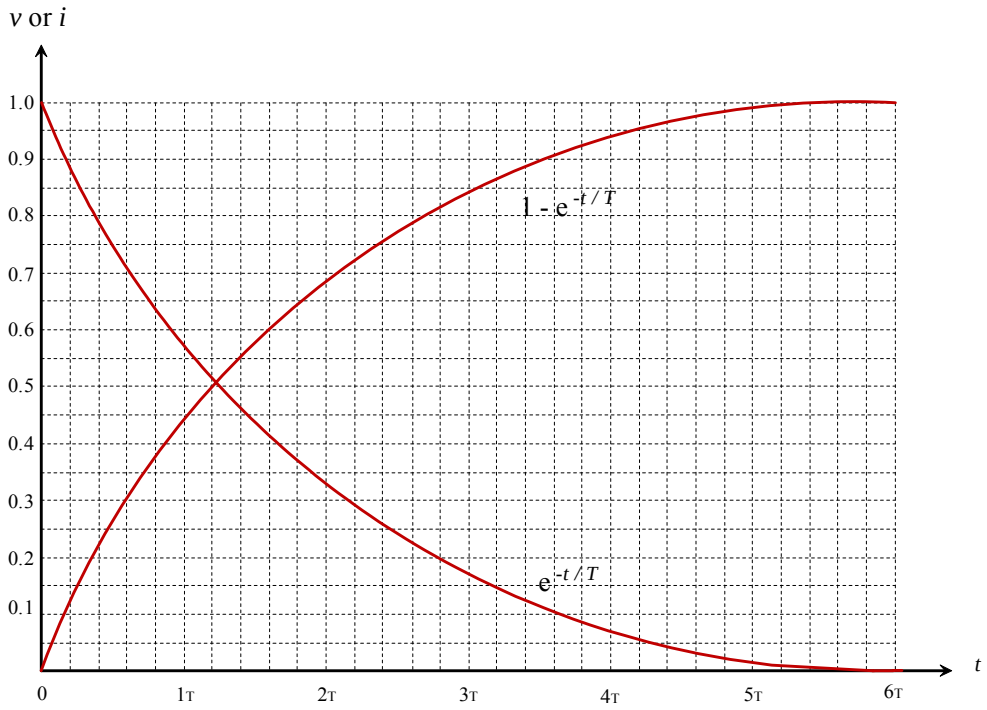
أي أن الجهد يزيد بعلاقة لوغاريتمية مع الزمن (علاقة طردية).

أما منحنى التيار في حالة الشحن فهو يتبع العلاقة التالية:

$$I = V_S / R = e^{-t/RC} \quad \text{.....(٤ -٢)}$$

أي أن التيار ينخفض مع مرور الزمن متبعاً بذلك علاقة لوغاريتميه (علاقة عكسية).

وعندما يتم قفل المفتاح في الدائرة الموضحة بشكل (٤ -٦) (حالة تفريغ المكثف)، فإن التيار ينساب خارجا من اللوح الموجب للمكثف ومتجها إلى اللوح السالب للمكثف مروراً بالمقاومة R وعندما يصل جهد المكثف إلى($V_C = 0$) فإن مرور التيار ينقطع وتأخذ منحنيات التفريغ لجهد وتيار المكثف شكل لوغاريتمي كما موضح بالشكل (٤ -٧)



شكل (٤ -٧)

(٤ -٤) توصيل المكثفات

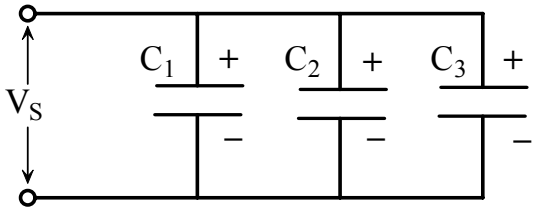
توصل المكثفات على التوالي وعلى التوازي أو على التضاعف وذلك حسب الغرض منها في الدائرة الكهربية. ولكل نوع من أنواع التوصيل خصائصاً تميزه عن غيره وسوف نتعرض لكل منها .

(٤ -٤ -١) توصيل المكثفات على التوازي

يبين الشكل(٤ -٨) ثلاثة مكثفات متصلة على التوازي ونلاحظ بأن لكلاً منها فرق الجهد نفسه أما الشحنات المتجمعة على صفيحة من صفائح المكثف فمختلفة . حيث إن الشحنة الداخلة إلى عدد من المكثفات المتصلة على التوازي يساوي مجموع الشحنات المتجمعة على كل مكثف .

وعلى ذلك فإن:

$$C_t = C_1 + C_2 + C_3 \quad \text{.....(٤ -٣)}$$



شكل (٤ -٨)

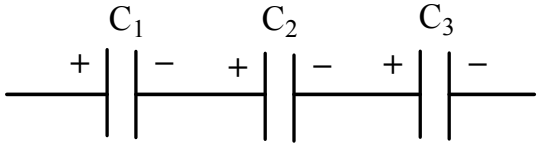
(٤ -٤ -٢) توصيل المكثفات على التوالي

يوضح الشكل (٤ -٩) ثلاثة مكثفات متصلة على التوالي وبتطبيق قانون الجهد لكرشوف نجد أن فرق الجهد الكلي يساوي مجموع الجهود الثلاثة.

فإذا تصورنا أن التيار هو معدل الشحنات المارة على فترة زمنية معينة وأن التوصيل على التوالي يعني مرور التيار واحد في عناصر مختلفة .

فإن المكثفات المتصلة على التوالي تتسبب في تجمع شحنات متساوية على صفيحتيها كما يوضح ذلك الشكل التالي لذلك فإن فرق الجهد عبر كل منها هو عبارة عن النسب بين شحناتها المتساوية وسعاتها المختلفة وعلى ذلك فإن:

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \quad \text{.....(٤ -٤)}$$

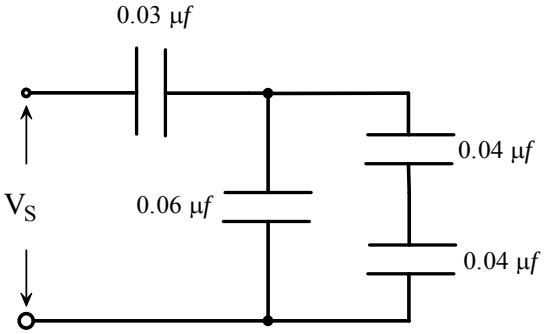


شكل (٤ -٩)

وتوضح المعادلة الأخيرة أن مقلوب السعة المكافئة لعدد من المكثفات المتصلة على التوالي يساوي مجموع مقلوب سعاتها . أما في الدوائر المحتوية على مكثفات متصلة على التوازي والتوالي فإنه يجب إيجاد السعة المكافئة حسب طريقة توصيل الدائرة .

مثال(٤ -١):

ما هي السعة الكلية المكافئة لمكثفات تربط كما في الشكل التالي:



شكل (٤ -١٠)

الحل:

يربط المكثفات C_2 و C_1 على التوالي وبالتالي:

$$C_{(12)} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

$$C_{12} = \frac{0.04 \times 0.04}{0.04_1 + 0.04}$$

$$C_{(12)} = 0.02\mu f$$

$$C_{3(12)} = C_{(12)} + C_3 = 0.06 + 0.02 = 0.08\mu f$$

$$C_{eq} = \frac{C_4 C_{3(12)}}{C_4 + C_{3(12)}}$$

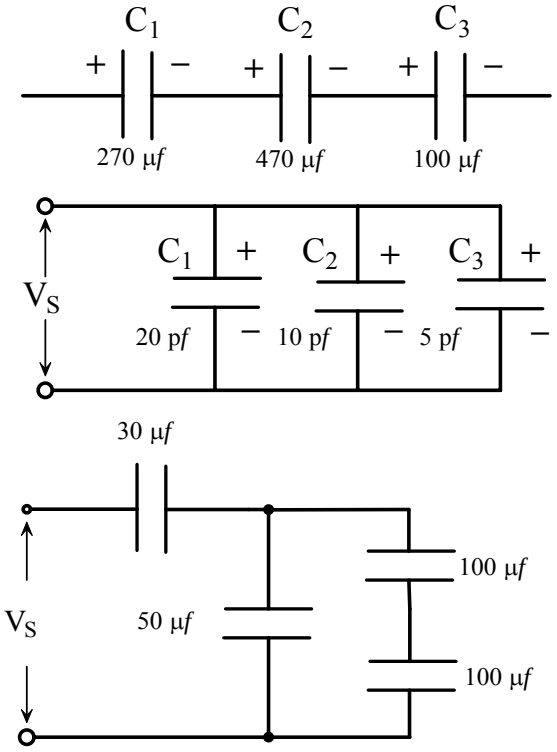
$$C_{eq} = \frac{0.03 \times 0.08}{0.03 + 0.08}$$

$$C_{eq} = 0.0128\mu f$$

تمارين

١. ما نوع المكثفات التي لها أعلى ثابت عزل؟

٢. أوجد السعة المكافئة للدوائر التالية:



شكل (٤ -١١)

أساسيات الكهرباء والإلكترونيات

دوائر التيار المتغير

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة:

التعرف على دوائر التيار المتغير ، تحليل دوائر التيار المتغير باستخدام قانون أوم وقوانين كيرشوف.

الأهداف:

عندما تكمل هذه الوحدة تكون قادراً على:

١. حساب قيمة الفولت و التيار في دوائر التيار المتغير
٢. تطبيق القوانين الأساسية في تحليل دوائر التيار المتغير
٣. تحليل دوائر التيار المتغير المحتوية على مقاومات ومكثفات

مستوى الأداء المطلوب:

أن لا تقل نسبة إتقان هذه الجدارة عن ٨٠٪.

الوقت المتوقع للتدريب:

٦ ساعات دراسية.

الوسائل المساعدة:

تنفيذ التدريبات العملية في المعمل.

متطلبات الجدارة:

التمكن من استخدام قانون اوم.

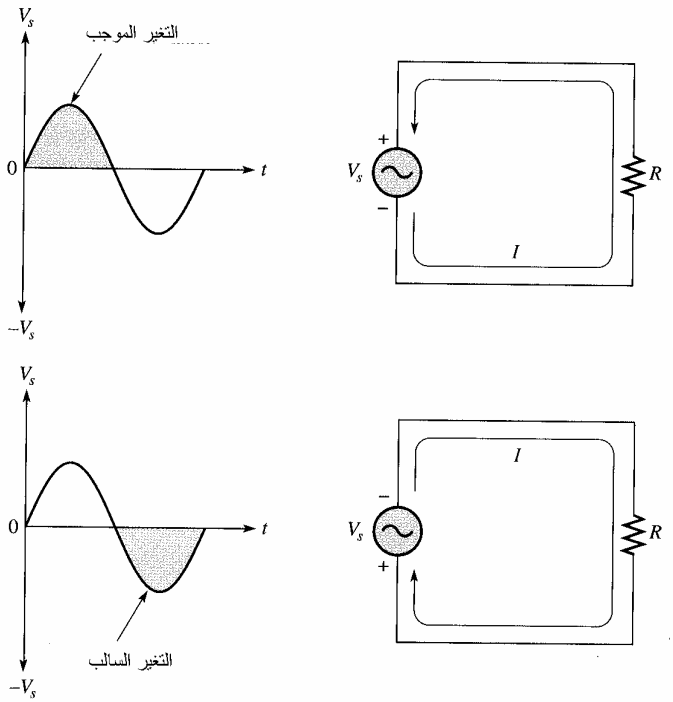
دوائر التيار المتغير

يستخدم التيار المتغير في مجالات واسعة في جميع مرافق الحياة المختلفة، وذلك لسهولة توليده وتحويله ونقله واستغلاله.

فمولدات التيار المتغير هي مكائن كهربية خاصة تسمى مولدات تزامنية تعمل على مبدأ الحث الكهرومغناطيسي لتوليد القوة الدافعة الكهربية.

(٥ -١) توليد التيار المتغير

الكمية المتغيرة هي التي تتغير قيمتها باستمرار وتتبدل إشارتها واتجاهها من الموجب إلى السالب بفترات منتظمة كما هو موضح بالشكل (٥ -١).

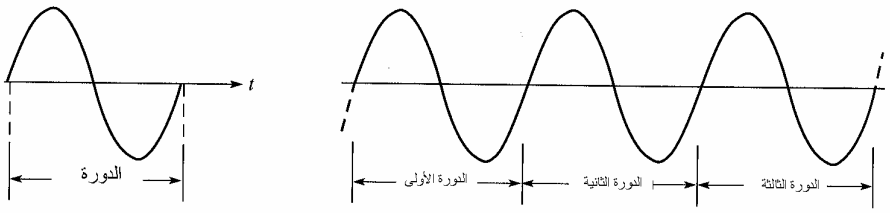


شكل (٥ -١)

وشكل الموجة المولدة من مولدات التيار المتغير هي موجة جيبية Sinewave.

(٥ -٢) دورة الموجة الجيبية

تُعَرَف الدورة بأنها الزمن اللازم للموجة الجيبية لإكمال دورة كاملة. أي أن تكمل شكل الموجة الجيبية كاملاً. كما في شكل(٥ -٢).



شكل (٥ -٢)

أما تردد الموجة الجيبية فهو عدد الدورات التي تعملها الموجة في زمن مقداره ثانية واحدة.
والعلاقة بين هذين التعريفين يمثل كالتالي:

$$F = \frac{1}{T}$$ .....التردد (٥ -١)

$$T = \frac{1}{F}$$ .....الدورة (٥ -٢)

مثال(٥ -١):
إذا كانت الدورة لإحدى الموجات الجيبية هي 10ms فما هو التردد؟
الحل:

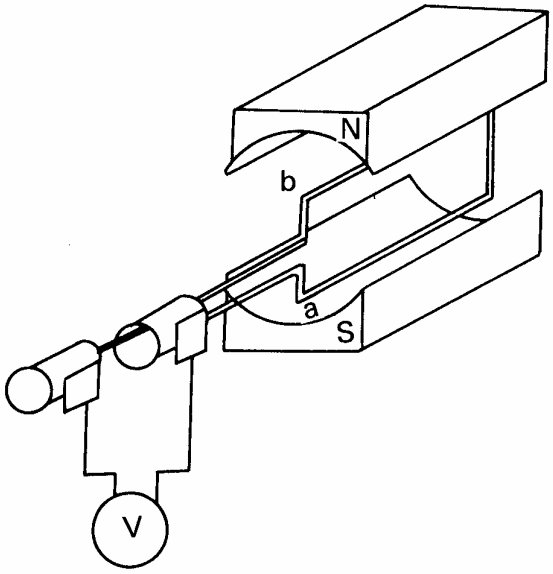
$$F = \frac{1}{T}$$

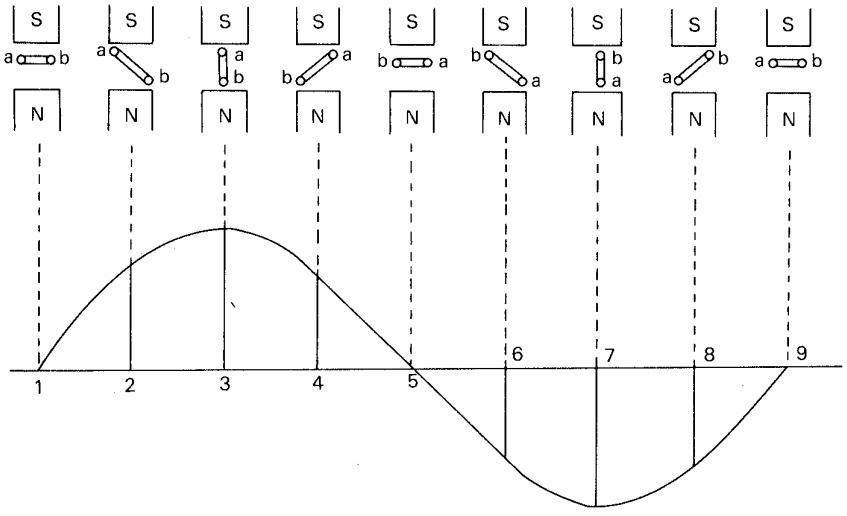
$$F = \frac{1}{10ms}$$

$$F = \frac{1}{10 \times 10^{-3}}$$

$$F = 100HZ$$

ولتوضيح عملية توليد الموجات الجيبية للتيار المتغير فإن شكل (٥ -٣) يبين أحد المولدات التي تقوم بتوليد التيار المتغير.





شكل (٥ -٣)

وهو يتكون من ملف على شكل إطار مستطيل مُثَبَت على محور يتحرك بسرعة زاويَّة ثابتة بين قطبين مغناطيسيين شمالي وجنوبي والإطار المستطيل هو موصل من النحاس يُربط طرفاه إلى حلقات توصيل نحاسية معزولة تسمى حلقات انزلاقية.

ونتيجة دوران الملف وتقاطع جانبيه مع خطوط القوى المغناطيسية تنحث فيه قوة دافعة كهربية تتحدد قيمتها بكثافة الفيض المغناطيسي B بالطول الفعال للملف والواقع ضمن هذا المجال L ، بسرعة دوران V وأخيراً بمقدار الزاوية المتكونة من اتجاه الدوران مع اتجاه خطوط القوى المغناطيسية .

والتعبير التالي لأي لحظة زمنية هو:

$$e = 2BL \sin \theta \quad \text{.....(٥ -٣)}$$

ولما كانت جميع المقادير في المعادلة ثابتة ما عدا الزاوية θ فإن المعادلة تُصبح :

$$e = k \sin \theta \quad \text{.....(٥ -٤)}$$

حيث k هي قيمة ثابتة تعتمد على المقادير التي ذكرت سابقاً.

(٥ -٣) مصطلحات ومفاهيم أساسية

(٥ -٣ -١) القيمة اللحظية

بالنظر إلى الشكل السابق فإن للقوة الدافعة الكهربية e قيمة مُعيَّنة عند أي لحظة زمنية تسمى القيمة اللحظية ويرمز لها عادةً بالرموز الصغيرة للدلالة على قيمتها اللحظية، والمعادلة رقم (٥ -٤) تمثل القيمة اللحظية للقوة الدافعة الكهربية.

(٥ -٣ -٢) القيمة القصوى

إن أكبر قيمة تبلغها القيمة اللحظية تسمى القيمة القصوى ويرمز لها عادةً بحروف كبيرة، وللقيم الجيبية عادةً قيمتان عظمى وهي عندما تكون الزاوية $\theta = 90°$ وتكون موجبة والثانية عندما تكون $\theta = 270°$ وتكون سالبة، وهذه القيمة هي الواحد الصحيح وبالتالي فإن المعادلة السابقة تُصبح:

$$E_m = k \quad \text{.....(٥ -٥)}$$

وإذا عوضنا عن k بـ E_m فإن:

$$e = E_m \sin \theta \quad \text{.....(٥ -٦)}$$

ولما كانت الموجة الجيبية تتغير زاويتها بدوران المولد للتيار المتغير خلال الفترة الزمنية t فإنه يمكن التعبير عن الزاوية θ كما يلي:

$$\theta = \omega t \quad \text{.....(٥ -٧)}$$

$$w = 2\pi f \quad \text{.....(٥ -٨)}$$

مثال(٥ -٢):

إذا علمت أن القيمة اللحظية للجهد هي: $V = 100\sin 100t$

فاحسب: التردد ، القيمة القصوى ، الزمن المطلوب لكي تُصبح قيمة الجهد تساوي 50v.

الحل:

أ) التردد

$$w = 100$$

$$F = \frac{\omega}{2\pi}$$

$$F = \frac{100}{2\pi}$$

$$F = 15.92Hz$$

ب) القيمة العظمى

$$V_m = 100v$$

$$50 = 100\sin 100t$$

$$\sin 100t = \frac{50}{100} = 0.5$$

$$100t = 30°$$

$$100t = 30° \times \frac{\pi}{180} = 0.523rad$$

$$\therefore t = \frac{0.523}{100} = 5.23m\sec$$

(٥ -٣ -٣) القيمة الفعالة

إن مهمة التيار المتغير والتيار المستمر هو نقل الطاقة الكهربية من أحد أجزاء الدائرة إلى جزء آخر في نفس الدائرة. ولذلك عند مقارنة هذين التيارين فإن القيمة الفعالة للتيار المتغير هي التي تساوي قيمة التيار المستمر الذي ينتج نفس كمية الحرارة عندما يوفر نفس المقاومة لنفس الفترة الزمنية. ولذا إذا كانت القدرة المستهلكة في المقاومة R نتيجة مرور تيار مستمر فيها هي:

$$P_1 = I^2R \qquad \text{.....(٥ -٩)}$$

والقدرة نفسها بالنسبة للتيار المتغير i

$$P_2 = i^2R \qquad \text{.....(٥ -١٠)}$$

ومن مفهوم القيمة الفعالة للتيار المتغير يتضح أن القدرتين يجب أن تتساوى

$$I^2 = i^2 = I_m{}^2 \sin wt \qquad \text{.....(٥ -١١)}$$

وبالتالي فإن القيمة الفعالة للتيار

$$I_{eff} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \qquad \text{.....(٥ -١٢)}$$

وتسمى أيضاً جذر متوسط المربعات.

(٥ -٣ -٤) القيمة المتوسطة

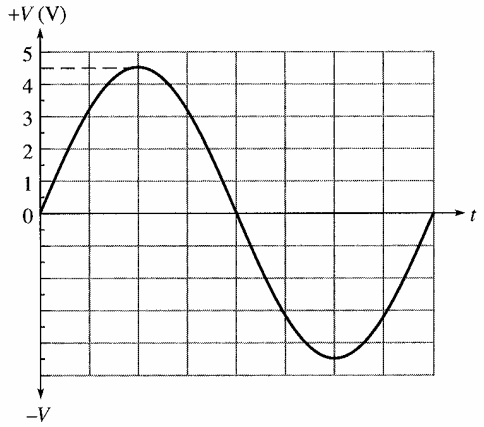
القيمة المتوسطة للموجة الجيبية -عندما تؤخذ للدورة الكاملة - تساوي الصفر لأن الجزء السالب من الموجة يلغي الجزء الموجب من الموجة، ولغرض المقارنة فإن القيمة المتوسطة لنصف دورة للموجة الجيبية تساوي:

$$V_{avg} = \frac{2}{\pi}V_m \qquad \text{.....(٥ -١٣)}$$

$$V_{avg} = 0.637V_m \qquad \text{.....(٥ -١٤)}$$

مثال(٥ -٣):

أوجد $V_{avg}, V_P, V_{PP}, V_{rms}$ لنصف الموجة الجيبية التالية؟



شكل (٥ -٤)

الحل:

من الرسم $V_P = 4.5v$

$$V_{PP} = 2V_P = 2(4.5) = 9v$$

$$V_{rms} = 0.707V_P = 0.707(4.5) = 3.18v$$

$$V_{avg} = 0.637V_P = 0.637(4.5) = 2{,}87v$$

(٥ -٤) دوائر التيار المتغير

أ) مقاومة فقط

كما مر بنا سابقاً في دوائر التيار المستمر فإن التيار يُعبر عنه بالعلاقة التالية:

$$I = \frac{V}{R} \qquad \text{.....(١٥- ٥)}$$

وبالنسبة للتيار المتغير فإن العلاقة السابقة لقانون أوم تطبق أيضاً .

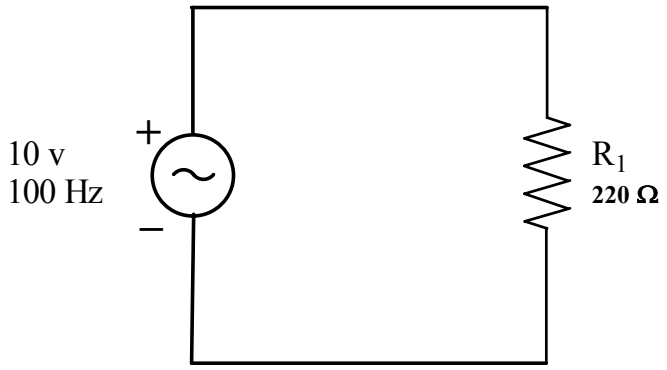
$$i = \frac{V_m \sin wt}{R} \qquad \text{.....(١٦- ٥)}$$

$$I_m = \frac{V_m}{R} \qquad \text{.....(١٧- ٥)}$$

أي أن في الدائرة المحتوية على مقاومة فقط فإن الجهد يتطابق مع التيار أي أنه لهما نفس الزاوية.

مثال(٥ -٤):

في الدائرة التالية أوجد القيمة اللحظية والقيمة الفعالة للتيار المار في المقاومة



الحل:

القيمة اللحظية للجهد هي: $v = \sqrt{2}10\sin 2\pi 100$

$v = 14.14\sin 628V$

القيمة اللحظية للتيار هي: $i = \frac{14.14}{220}\sin 628v$

$i = 0.062\sin 628A$

القيمة الفعالة للتيار هي: $I_{eff} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$

$I_{eff} = \frac{0.062}{\sqrt{2}}$

$I_{eff} = 0.044A$

ب) مكثف فقط

إذا تم وضع جهد متغير على مكثف فإن قيمته اللحظية تساوي:

$V = V_m \sin wt$ .....(٥ -١٨)

ولما كان المكثف سيقوم بالتفريغ والشحن بشكل دوري فإن هذا سيؤدي إلى مرور تيار متغير تتحدد قيمته كما يلي:

$$i = \frac{dq}{dt} \quad .....(١٩-٥)$$

$$i = C\frac{dv}{dt} \quad .....(٢٠-٥)$$

$$i = CV_m \frac{d\sin\omega t}{dt} \quad .....(٢١-٥)$$

$$i = wCV_m \cos\omega t \quad .....(٢٢-٥)$$

$$i = I_m \cos\omega t \quad .....(٢٣-٥)$$

$$i = I_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) \quad .....(٢٤-٥)$$

ونستخلص من هذه المعادلة أن التيار المار خلال مكثف نقي في دوائر التيار المتغير يتقدم على الجهد بزاوية مقدارها $90°$. والقيمة القصوى للتيار في المعادلة السابقة هي:

$$I_m = \omega CV_m \quad .....(٢٥-٥)$$

$$I_m = \frac{V_m}{\frac{1}{\omega c}} \quad .....(٢٦-٥)$$

وتسمى الكمية $\frac{1}{\omega c}$ بالمفاعلة السعوية ويرمز لها بالرمز X_C

$$X_C = \frac{1}{\omega c} = \frac{1}{2\pi f} \quad .....(٢٧-٥)$$

ج) مقاومة ومكثف على التوالي

عندما نطبق جهد متغير على دائرة مقاومة ومكثف على التوالي فإن تياراً متغيراً سيمر في هذه المكونات مسبباً هبوطاً للجهد على كلٍ منهما.

هبوط الجهد على المقاومة يكون متطابقاً في الاتجاه مع التيار الذي يسببه، بينما يكون هبوط الجهد على المكثف متأخراً بزاوية $\frac{\pi}{2}$.

ولما كانت جميع المقادير الكهربية أعلاه ذات قيمة اتجاهية فيمكن تطبيق المعادلات التالية للوصول إلى قيم التيار.

$$V = \sqrt{V_R{}^2 + V_C{}^2} \quad \text{.....(٢٨- ٥)}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C{}^2} \quad \text{.....(٢٩- ٥)}$$

$$\theta = \tan^{-1}\frac{X_C}{R} \quad \text{.....(٣٠- ٥)}$$

مثال(٥ -٥):

مقاومة مقدارها 10Ω موصلة على التوالي مع مكثف سعته $100\mu f$ وجهد الدخل يساوي $10v$ بتردد $100HZ$ ، أوجد القيمة اللحظية للتيار؟

المفاعلة السعوية

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

$$X_C = \frac{1}{2\times\pi\times100\times100\times10^{-6}}$$

$$X_C = 15.92$$

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

$$Z = \sqrt{10^2 + 15.92^2}$$

$$Z = 18.8\Omega$$

∴ التيار المار هو

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

$$I = \frac{10}{18.8} = 0.532A$$

وزاوية الطور θ تساوي:

$$\theta = \tan^{-1}\frac{X_C}{R}$$

$$\theta = \tan^{-1}(\frac{15.92}{10})$$

$$\theta = 57.85°$$

د) مقاومة ومكثف على التوازي

في هذه الحالة يكون الجهد المطبق على المقاومة يساوي الجهد المطبق على المكثف ولكن تكون التيارات المارة في الفروع مختلفة في القيمة والزاوية. ويكون التيار المار في المقاومة والمكثف.

$$I_R = \frac{V}{R} \qquad .....(٣١- ٥)$$

$$I_C = \frac{V}{X_C} \qquad .....(٣٢- ٥)$$

$$\theta = \frac{\pi}{2} \qquad .....(٣٣- ٥)$$

$$I = \sqrt{I_R{}^2 + I_C{}^2} \qquad .....(٣٤- ٥)$$

$$Z = \frac{RX_C}{R + X_C} \qquad .....(٣٥- ٥)$$

$$\theta = \tan^{-1}\frac{I_C}{I_R} \qquad .....(٣٦- ٥)$$

$$\theta = \tan^{-1}\frac{R}{X_C} \qquad .....(٣٧- ٥)$$

مثال(٥ -٦):

أوجد التيار الكلي وزاوية الطور في دائرة مكثف $0.02\mu f$ مع مقاومة مقدارها $2.2K\Omega$ على التوازي ومصدر الجهد يساوي $10v$ بتردد $1.5KHZ$؟

الحل:

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

$$X_C = \frac{1}{2\times\pi\times(1.5\times10^3)(0.02\times10^{-6})}$$

$$X_C = 5.31K\Omega$$

$$Z = \frac{RX_C}{R + X_C}$$

$$Z = \frac{2.2\times10^3\times5.3\times10^3}{2.2\times10^3 + 5.3\times10^3}$$

$$Z = 1554.7\Omega$$

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

$$I = \frac{10}{1554.6}$$

$$I = 4.92mA$$

$$\theta = \tan^{-1}\frac{R}{X_C}$$

$$\theta = \frac{2.2}{5.31}$$

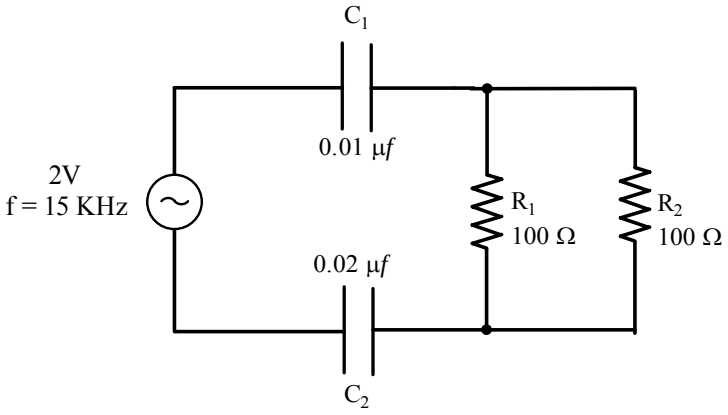
$$\theta = 22.5°$$

تمارين

١. مقاومة مقدارها 270Ω مربوطة على التوالي مع مكثف 100μf والجهد المطبق يساوي 10v بتردد 20HZ ، أوجد التيار المار في المقاومة؟

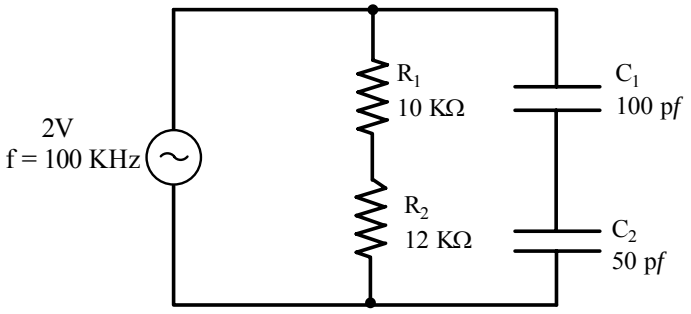
٢. مقاومتان $R_1 = 100K\Omega$ و $R_2 = 74K\Omega$ مربوطتان على التوالي مع مكثف $C_1 = 0.01\mu F$ و مكثف $C_2 = 0.02\mu F$ وجهد المصدر يساوي 50v بتردد 100HZ ، أوجد المقاومة الكلية والجهد على كل مقاومة ومكثف؟

٣. أوجد التيار الكلي في الدائرة التالية:



شكل (٢ -١)

٤. أوجد التيار المار في المكثف C_2 والجهد على المكثف في الدائرة التالية؟



شكل (٢ -١)

أساسيات الكهرباء والإلكترونيات

أشباه الموصلات

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة:

التعرف على التركيب الذري لأشباه الموصلات من نوع N و نوع P.

الأهداف:

عندما تكمل هذه الوحدة تكون قادراً على:

١. وصف أشباه الموصلات من النوع N و النوع P
٢. وصف تركيب وصلة PN و كيفية عملها

مستوى الأداء المطلوب:

أن لا تقل نسبة إتقان هذه الجدارة عن ٨٠٪.

الوقت المتوقع للتدريب:

٣ ساعات دراسية

الوسائل المساعدة:

تنفيذ التدريبات العملية في المعمل.

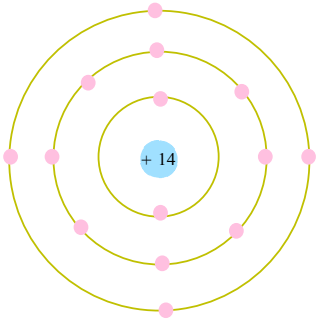
متطلبات الجدارة:

لا يوجد متطلبات سابقة.

أشباه الموصلات

٦ -١مقدمة

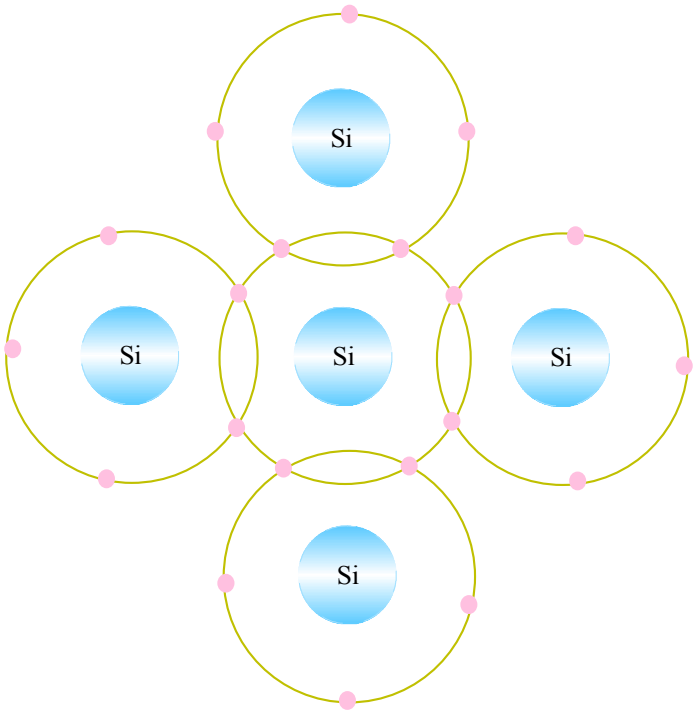
أشباه الموصلات تعتبر من أهم عناصر الإلكترونيات الحديثة . ويوحي اسم أشباه الموصلات بأنها المواد أو العناصر التي في مقدرتها توصيل التيار الكهربائي لكن ليس بجودة توصيل الموصلات الجيدة (مثل النحاس) ولكنها أفضل من العوازل الجيدة (مثل المايكا). إن أكثر المواد والعناصر المستخدمة في صناعة أشباه الموصلات هما عنصري السيلكون (Si) ، والجرمانيوم (Ge). ولكن شرحنا هنا سوف يقتصر على عنصر السيلكون وحده بوصفه أكثر العناصر المستخدمة في هذا المجال .



شكل (٦ -١)

٦ -٢إلكترون التكافؤ والإلكترون الحر

يمثل شكل (٦ -١) التكوين الذري لذرة السيلكون . ذرة السيلكون تتكون من النواة التي تحتوي على ١٤بروتون (شحنه موجبه) ، ١٤إلكترون موزعة على ثلاثة مدارات والمدار الأخير والأبعد عن النواة يحتوي على ٤ إلكترونات وتسمى بإلكترونات التكافؤ التي لها الفضل في كثير من الخصائص الكيمائية والفيزيائية العنصر .



شكل (٦ -٢)

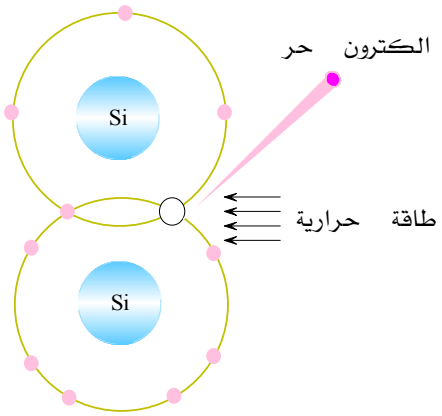
شكل (٦ – ٢) يبين جزء صغير من بلورة سيلكون ويلاحظ في هذا الشكل وجود إلكترونات التكافؤ فقط ، وتعمل ذرة السيلكون شأنها في ذلك شأن ذرات المواد الأخرى على أن يحتوي مدارها الأخير على ثمانية إلكترونات لذا فإن ذارت السيلكون تعتمد على الاتحاد فيما بينها عن طريق ترابط إلكترونات التكافؤ للذرات المتجاورة معاً وتُكَوِن هنا ما يسمى برابطة تساهمية كما هو مبين بشكل (٦ – ٢) . عند ازدياد درجة حرارة ذرة السيلكون نجد أن بعض إلكترونات التكافؤ تستطيع بفضل الطاقة المكتسبة أن تخرج من قوى الربط الذري الذي يربطها بالذرة الأم وتصبح بذلك إلكترون حراً . أن عدد وفير من الإلكترونات الحرة هي التي تحدد مدى قابلية العنصر لسريان التيار . ومعلوم أن التيار الكهربائي هو معدل سريان الإلكترونات الحاملة للشحنة بالنسبة للزمن $I = \frac{dq}{dt}$ إذن فإن بلورة السيلكون عند درجة حرارة الصفر المطلق تكون عازل جيد نتيجة لعدم وجود أي إلكترون حر ، ولا تكون بلورة السيلكون النقية شبة موصل إلا بعد ارتفاع درجة الحرارة .

تنقسم أشباه الموصلات وذلك من حيث التركيب الداخلي إلى نوعين أساسين هما : -

١ - شبة الموصل النقي

٢ - شبه الموصل الغير النقي

١ - شبة الموصل النقي



شكل (٦ -٣)

إن السيلكون النقي أو الجرمانيوم النقي هو ما يمثل هذا النوع من أشباه الموصلات ، ويمثل الشكل (٦ – ٣) بلورة سيلكون نقية ونلاحظ أنه نتيجة ارتفاع درجة الحرارة استطاع إلكترون التكافؤ أن يخرج من مدارة ليصبح إلكتروناً حراً ويمكن تخيل مكانه السابق بتواجد فجوة . لاحظ تكسر الرابطة التساهمية في موضع تكون الفجوة . إذا كان الإلكترون يحمل شحنة سالبة فيمكن تصور أن الفجوة تحمل شحنة موجبة وهي تعمل على جذب إلكترون من ذرة مجاورة لها وبالتالي تتكون فجوة أخرى . ويمكن أن نتصور الفجوة ذات الشحنة الموجبة تتحرك في الاتجاه المعاكس لاتجاه الإلكترون الحر . وعليه يمكن اعتبار الفجوة عبارة عن شحنة موجبة ذات وجود .

ويبين شكل (٦ -٣) إنه بزيادة درجة حرارة شبه موصل النقي تؤدي إلى زيادة حاملات الشحن الموجبة والسالبة . ونلاحظ أن عدد الإلكترونات الحرة تساوي عدد الفجوات في هذا النوع من أشباه الموصلات أيضاً يمكن نستنتج بأن مقاومة شبه الموصل تنخفض مع زيادة درجة الحرارة بعكس الموصلات الجيدة عندما نوصل مصدر جهد بعنصر سيلكون نقي، فإن الإلكترونات الحرة تنجذب نحو القطبية الموجبة بينما تنجذب الفجوات نحو القطبية السالبة ، والتيار الناشئ صغير ، وكما سبق الإشارة فإن زيادة درجة الحرارة تؤدي إلى زيادة تولد أزواج الإلكترونات الحرة والفجوات وبالتالي زيادة التيار .

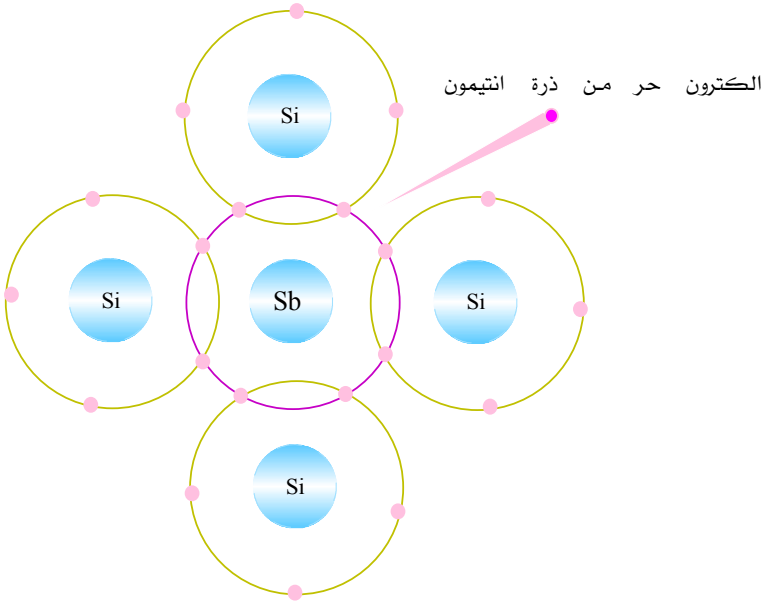
إن أشباه الموصلات النقية لا تستخدم في الصناعة وذلك لأن زيادة حاملات الشحن تعتمد على ازدياد درجة الحرارة فكلما ارتفعت درجة الحرارة ارتفع عدد حاملات الشحن ولكن وفي الغالب فإننا نريد أن تعمل الأجهزة الإلكترونية في درجة الحرارة . ويتم ذلك بواسطة شبه الموصل غير النقي .

٢ - شبه الموصل غير النقي

هذا النوع من أشباه الموصلات يصنع عملياً بعمليه تسمى الحقن (التطعيم) وهذه العملية عبارة عن إضافة كمية محدودة من الشوائب بغرض زيادة عدد حاملات الشحن بصورة كبيرة . الشوائب المستخدمة هي ذرات عناصر خماسية التكافؤ أو ثلاثية التكافؤ بمعنى وجود خمس أو ثلاث إلكترونات تكافؤ في مدارها الأخير . إن نسبة الشوائب المستخدمة تقع في المدى بين واحد ذرة شائب في كل 10^6 ذرة سيلكون إلى واحد ذرة شائب في كل 10^8 ذرة سيلكون. ونسبة لأن الشوائب تشكل نسبة ضئيلة جدا بالنسبة لعنصر السيلكون نجد أن الخصائص الفيزيائية والكيميائية لا تتغير ولكن الخصائص الكهربية تتغير تغيراً كبيراً . وبناء على نوع الشوائب المضافة لشبه الموصل يمكن توصيف شبه الموصل غير النقي إلى نوعين، سالب N وموجب P .

أ)المادة نوع N

يصنع هذا النوع بإضافة شوائب من العناصر خماسية التكافؤ (أي لها خمس إلكترونات تكافؤ) ومن أمثلة هذه العناصر نجد الزرنيخ، الانتيمون ،و الفوسفور، شكل (٦ -٤) يمثل بلورة من هذا النوع . لاحظ أن الإلكترون الخامس للعنصر الشائب أصبح غير مرتبط بأي ذرة وبالتالي فهو إلكترون حر . إذن هذا النوع موصل حتى عند درجة حرارة الصفر المطلق ، أما عند درجة حرارة الغرفة سنجد أن بعض إلكترونات التكافؤ قد تحررت من مداراتها وكونت أزواجاً من حاملات الشحن (إلكترون+ فجوة) . فمثلا إذا كان عدد الإلكترونات الحرة نتيجة لإدخال الشوائب هي عشرة فإن الإلكترون الحادي عشر هو نتيجة لارتفاع درجة الحرارة وهو يمثل زوجا مع الفجوة الظاهرة بالشكل (٦ -٥) . بما أن الذرات خماسية التكافؤ تضيف إلكتروناً حراً إلى البلورة فإنها تسمى ذرات مانحة يطلق على الإلكترونات في الشكل (٦ -٤) بحاملات الأغلبية، أما الفجوة تسمى بحاملات الأقلية .ونجد أيضاً أن عدد الإلكترونات الحرة لا يساوي عدد الفجوات كما كان الحال في شبه الموصل النقي .



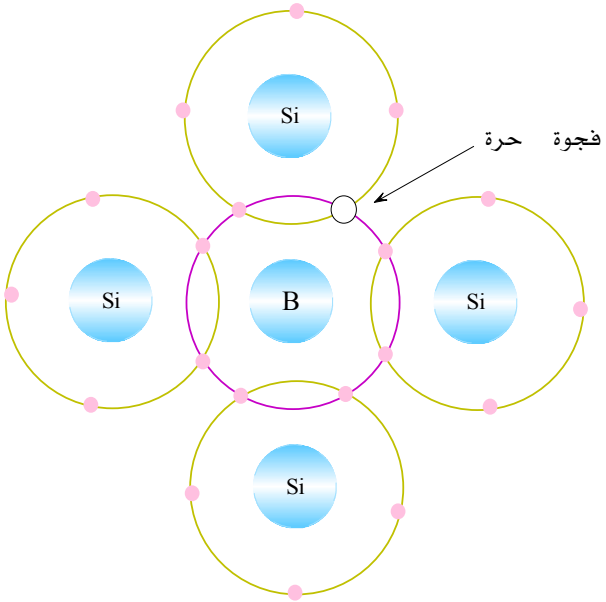
شكل (٦ -٤)

ب) المادة نوع P

بإضافة شوائب من مادة ثلاثية التكافؤ (أي لها ثلاث إلكترونات تكافؤ) مثل عنصر الانديوم ، البورون، والألمنيوم إلى بلورة السيلكون النقي نحصل على هذا النوع من أشباه الموصلات غير النقية والشكل (٦ -٥) يوضح ذلك .

مرة أخرى الشكل (٦ -٥) يبين هذا النوع عند درجة حرارة الغرفة . واضح أن الفجوات هنا الأغلبية . فمثلا إذا كان عدد الفجوات هي عشرة نتيجة لعملية التطعيم فإن الفجوة الحادية عشر هي زوج للإلكترون الحر الظاهر بالشكل والناتج من عملية التحرر نتيجة لزيادة درجة الحرارة . الإلكترون هنا يمثل حاملات الأقلية . بما أن الذرات الثلاثية التكافؤ تضيف فجوة إلى البنوره فإنها تسمى ذرات قابلة بعكس الذرات المانحة المذكورة سابقاً .

إن إضافة الشوائب بطريقة التطعيم ليس المقصود منها زيادة توصيلية ماده السيلكون بزيادة حاملات الشحن ، ولكن تكون مادة تكون أغلبية حاملات الشحنات فيها إما إلكترونات أو فجوات لها نتيجة هامة في صناعة المكونات الإلكترونية كما سنرى فيما بعد .



شكل (٦ -٥)

تمارين

١. عدِّد أسماء مكونات الذرة؟

٢. وضح لماذا يكون نوع من المواد موصلة والأخرى غير موصلة؟

٣. قارن بين قيم المقاومات للموصَّلات، وأشباه الموصلات ، العوازل.

٤. ما هي حاملات التيار الأغلبية في المادة نوع – N ؟ وفي المادة نوع – P ؟

٥. ما تأثير درجة الحرارة على المواد شبه الموصِّلة النقية؟

٦. وضح كيف تتمكن المادة النقية من أن يكون لها حاملات تيار أغلبية وأقلية؟

٧. وضح فعل حاملات التيار الأقلية في مادة نوع – N .

٨. كيف تُنتج حاملات التيار الأغلبية في مادة نوع – N ؟

أساسيات الكهرباء والإلكترونيات

الموحدات وتطبيقاتها

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة:

التعرف على كيفية عمل الموحدات و دوائر توحيد نصف الموجة و الموجة الكاملة

الأهداف:

عندما تكمل هذه الوحدة تكون قادراً على:

١. وصف عمل الموحدات وتطبيقاتها في دوائر تحويل الفولت المتغير إلى مستمر
٢. وصف عمل دوائر التغذية

مستوى الأداء المطلوب:

أن لا تقل نسبة إتقان هذه الجدارة عن ٨٠٪.

الوقت المتوقع للتدريب:

٤ ساعات دراسية

الوسائل المساعدة:

تنفيذ التدريبات العملية في المعمل.

متطلبات الجدارة:

فهم نظرية عمل أشباه الموصلات.

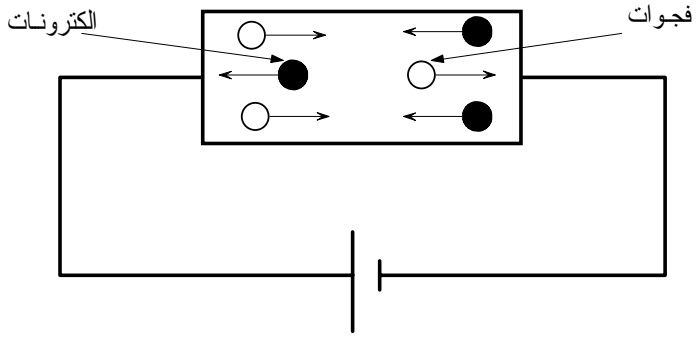
ثنائيات شبة الموصل

٧ -١مقدمة :

في النوع N تمثل الإلكترونات حاملات الشحنة الأغلبية بينما تمثل الفجوات الأغلبية في النوع P وبطبيعة الحال فإن الإلكترونات تنجذب للقطبية الموجبة لمصدر الطاقة بينما تنجذب الفجوات نحو القطبية السالبة كما يظهر بالشكل (٧ -١) بالإضافة لحاملات الشحن الأغلبية نجد أن تياراً ضعيفاً يسري في الاتجاه المعاكس في الحالتين (شكل ١) هذا ما يسمى بحاملات الشحن الأقلية وتوجد نتيجة لسببين

١ - من الناحية العملية ليس في إمكاننا تصنيع بلورة سيلكون نقية مائة في المائة ولذلك فلابد أن تحتوي البلورة على بعض الشوائب أو الخماسية .

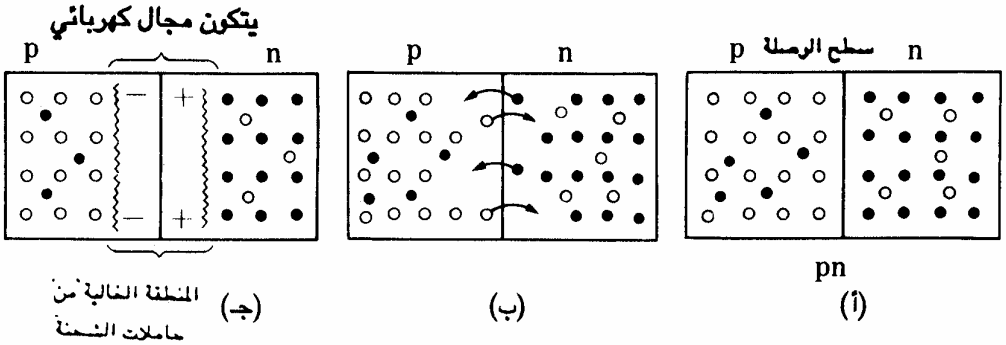
٢ - مع ازدياد درجة الحرارة نجد أن بعض الإلكترونات تتحرر وتصبح حرة مكونة في نفس الوقت فجوة.



شكل(٧ -١)

والآن ماذا يحدث عند توصيل شبه موصل من نوع N مع آخر من نوع P

لكي نفهم بصورة جيدة عمل الدايود يجب الرجوع للشكل (٧ -٢ -أ)



شكل(٧ -٢)

ونذكّر بالحقائق والافتراضات الآتية : -

أولاً : -الشكل الظاهر ليس قطعتين منفصلتين التصقتا وإنما هو قطعة سيلكون واحدة تم تطعيمها على الجانبين.

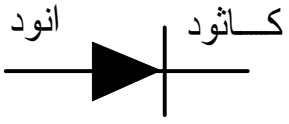
ثانيا : - استناداً على الحقيقة الأولى فإن للإلكترونات والفجوات حق التجول والانتشار بحرية في كل الوصلة .

ثالثا : - نفترض في البداية أنه لا توجد حاملات أقلية أي فجوات في النوع N أو إلكترونات في نوع P وذلك لتبسيط المناقشة .

رابعا : - في البداية فإن النوع N والنوع P كلاهما متعادل كهربي بمعنى أن مجموع الإلكترونات والبروتونات في كل جزء متساوٍ .

بعد مرور وقت قصير في تصنيع الوصلة بالمصنع تنجذب الإلكترونات الحرة بالناحية اليمنى إلى الفجوات القريبة من الحاجز الفاصل بالناحية اليسرى وتتحد معها شكل (٧ -٢ب) المكونة على طرفي الحاجز منطقة خالية من حاملات الشحنة كما نرى في الشكل (٧ -٢ج) هذه المنطقة تسمى بمنطقه الاستنفاد . إن عملية انتقال مزيد من الإلكترونات والاتحاد مع مزيد من الفجوات وبالتالي توسع منطقة الاستنفاد لن نستمر طويلا بسبب تكون ما يسمى بحاجز الجهد . هذا الجهد يساوي حوالي $0.7V$ في عنصر السيلكون . ولكن كيف يتكون هذا الجهد ؟

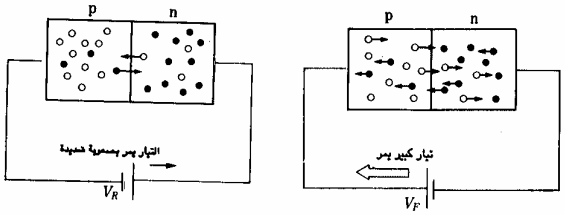
عندما ينتقل إلكترون عبر الحاجز الفاصل يترك خلفه ذرة تكون فاقدة إلكتروناً واحداً وتصبح عندئذ متأينة وذات شحنه موجبه . وبصورة مماثلة فإن انتقال الإلكترون عبر الحاجز الفاصل ومتحداً مع الفجوة يجلب إلكتروناً إضافياً داخل تلك الذرة وإعطائها شحنة سالبة وتكون الذرة عندئذ أيوناً سالباً وتستمر هذه العملية ويزداد الجهد على طرفي الحاجز الفاصل حتى يصل إلى قيمة $0.7V$ وعندها تتوقف العملية لأن حاملات الشحنة لا تستطيع تخطي هذا الحاجز وتكون الوصلة كما تبدو مكونة من ثلاثة أجزاء ، شبه موصل موجب وسالب وبينهما منطقة مجردة من الشحنات تعتبر من الناحية العملية منطقة عازلة .وبالتالي فإن الدايود يعتبر عازلاً لوجود منطقة الاستنفاد التي يكون سمكها حوالي $1\times10^{-4}\text{cm}$ الشكل (٧ -٣) يبين رمز الدايود الثنائي (الوصلة الثنائية) المستخدم في الدوائر الإلكترونية .



شكل(٧ -٣)

٧ -٢ الانحياز الأمامي لثنائي الوصلة (الدايود)

يكون الدايود منحازاً أمامياً إذا كان القطب الموجب للمصدر موصلا بالنوع P (الأنود) والقطب السالب موصلاً بالنوع N (الكاثود) وبما أن الشحنات المتشابهة تتنافر فإن الفجوات تتنافر من القطب الموجب للبطارية وتتجاذب نحو منطقة الاستنفاد وكذلك الإلكترونات الحرة بالجانب الآخر ، وإذا زاد جهد المصدر على 0.7V فإن الجهد الخارجي يتغلب على جهد الحاجز وبالتالي فإن الفجوات تنجذب نحو القطب السالب لمصدر الجهد وكذلك الإلكترونات نحو القطب الموجب ويتولد تيار كما يوضح الشكل (٧ -٤)



شكل(٧ -٤)

٧ -٣ الانحياز العكسي لثنائي الوصلة (الدايود)

يكون الدايود منحازاً عكسياً إذا كان القطب الموجب للمصدر موصلا بالنوع N كما يظهر بالشكل (٧ -٤). وبما أن الشحنات المختلفة تتجاذب فإن الإلكترونات الحرة تنجذب نحو الطرف الموجب لمصدر الجهد وتنجذب الفجوات نحو الطرف السالب.

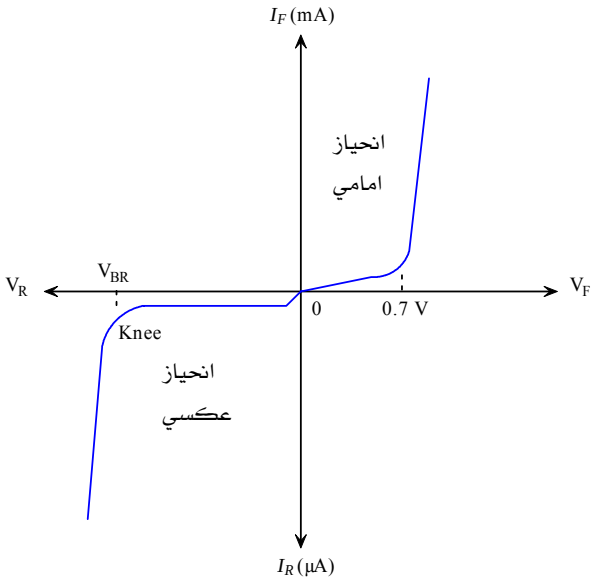
وتكون النتيجة اتساع منطقة الاستنفاد وبالتالي لا يكون هناك تيار داخل الانود أو في الدائرة الخارجية . في الحقيقة ونسبة لوجود حاملات الأقلية كما سبقت الإشارة فإن تياراً ضئيلاً سيمر في هذه الحالة . هذا التيار يقاس بالميكرو أمبير μA

أن وجود حاجز الجهد لا يمنع .بل يساعد ، حاملات الأقلية في التحرك وتكوين تيار التسرب.

٧ - ٤ نظرية عمل الدايود

باختصار يمكن تعريف الدايود بأنه مكون ذو طرفين هما الكاثود والأنود ويسمح بمرور التيار بسهوله في اتجاه واحد ويمنع مرور التيار في الاتجاه الآخر .التيار يمر عندما يكون الانود موجباً بالنسبة للكاثود (الانحياز الأمامي) ولا يمر عمليا تيار عندما يكون الكاثود موجباً بالنسبة للانود (الانحياز العكسي) .

٧ -٥ الخواص الإماميه والعكسية للدايود



شكل(٧ -٥)

يوضح الشكل (٧ -٥) الخواص الأمامية والعكسية للدايود ومن شكل المنحنى يمكن استنتاج الملاحظات والحقائق الآتية : -

١ - خواص الدايود ليست خطية كما هو الحال بالنسبة لخواص المقاومات التي تخضع لقانون أوم البسيط .

٢ - منحنى الخواص يتغير بتغير درجة الحرارة ، فالمنحنى بالخط المستمر يمثل الخواص عند درجة الغرفة $25c°$ بينما يمثل منحنى الشرط الخواص عند درجة $70C°$ وهذه الحقيقة متوقعه لتزايد حاملات الشحن الأقلية بزيادة درجة الحرارة.

٣ - يلاحظ أن التيار الأمامي يكون تقريبا صفراً حتى يتجاوز الجهد الأمامي 0.7V وهذا الجهد يمثل حاجز الجهد المتكون على طرفي منطقة الاستنفاد.

٤ - في حالة الانحياز العكسي نلاحظ وجود تيار التسرب وهو صغير للغاية ويقاس بالميكرو امبير وهو نتيجة لتواجد حاملات الشحن الأقلية.

٥ - عندما يزداد الجهد العكسي ويصل إلى جهد الذروة العكسية فإننا نجد أن التيار يزيد فجأة زيادة كبيرة نتيجة الانهيار الفيضي وجهد الذروة العكسية بالنسبة لدايود السليكون يتراوح ما بين 50 إلى 1000 فولت حسب تصميم الدايود ويجب عند تشغيل الدايود الحرص على عدم تجاوز جهد الذروة العكسية لكي لا تدمر وصلة الثنائي (الدايود).

ولكن كيف تحدث ظاهرة الانهيار الفيضي ، عندما يصل الجهد على الدايود إلى جهد الذروة العكسي يتكون مجال كهربائي قوي يزيد من سرعة الإلكترونات التي تكون تيار التسرب وتمتلك بذلك طاقة حركية كبيرة تمكن بعضها من الاصطدام بالإلكترونات حرة ، التي تقوم بدورها بالاصطدام بشده بالإلكترونات تكافؤ أخرى وإخراجها من مدارها لتصبح إلكترونات حرة ، وهكذا يتضاعف عدد الإلكترونات الحر بسرعة مكونة تيار الانهيار وبالإضافة للاصطدامات التي سبق ذكرها فإن الجهد العكسي الكبير يولد مجالاً كهربياً قويا يعطي طاقة لعدد كبير من إلكترونات التكافؤ لتتمكن من التحرر والخروج من مدارها وبالتالي تصبح إلكترونات حرة . أن العمليات التراكمية السريعة هذه تسمى بالانهيار الفيضي للدايود .

٧ -٦ استخدامات الدايود (ثنائي الوصلة)

يوجد عدد من التطبيقات في الحياة العملية باستخدام الموحدات ، فهي مكون رئيسي للدوائر المنطقية والدوائر المتكاملة بالإضافة إلى ذلك استخدامها فيما يلي : -

١ - التقويم أو التوحيد للتيار المتغير
٢ - مضاعفات الجهد.
٣ - الملزمات والقواطع
٤ - تطبيقات على أنواع خاصة من الدايودات مثل.

أ) موحدات الزينر ب) موحدات مشعة للضوء ج) موحدات ضوئية
د) موحدات السعة المتغيرة

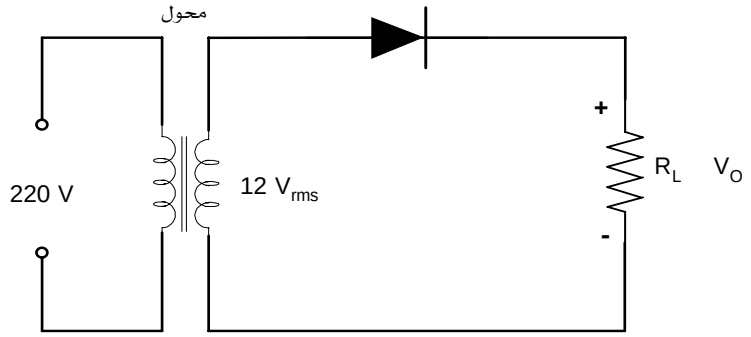
وتلك أمثله بسيطة و قليلة على سبيل المثال فإن استخدامات الموحد عديدة وغير محدودة وفي ما يلي شرح لبعض هذه الاستخدامات : -

التقويم: هي عمليه تحويل التيار المتغيرAC إلى تيار مستمر DC

أنواع دوائر التقويم

١) مقوم نصف الموجة

شكل (٧ -٦) يبين دائرة من هذا النوع . المحول مهمته تخفيض الجهد من $220V_{rms}$ إلى $12V_{rms}$ (أي قيمة فعالة).



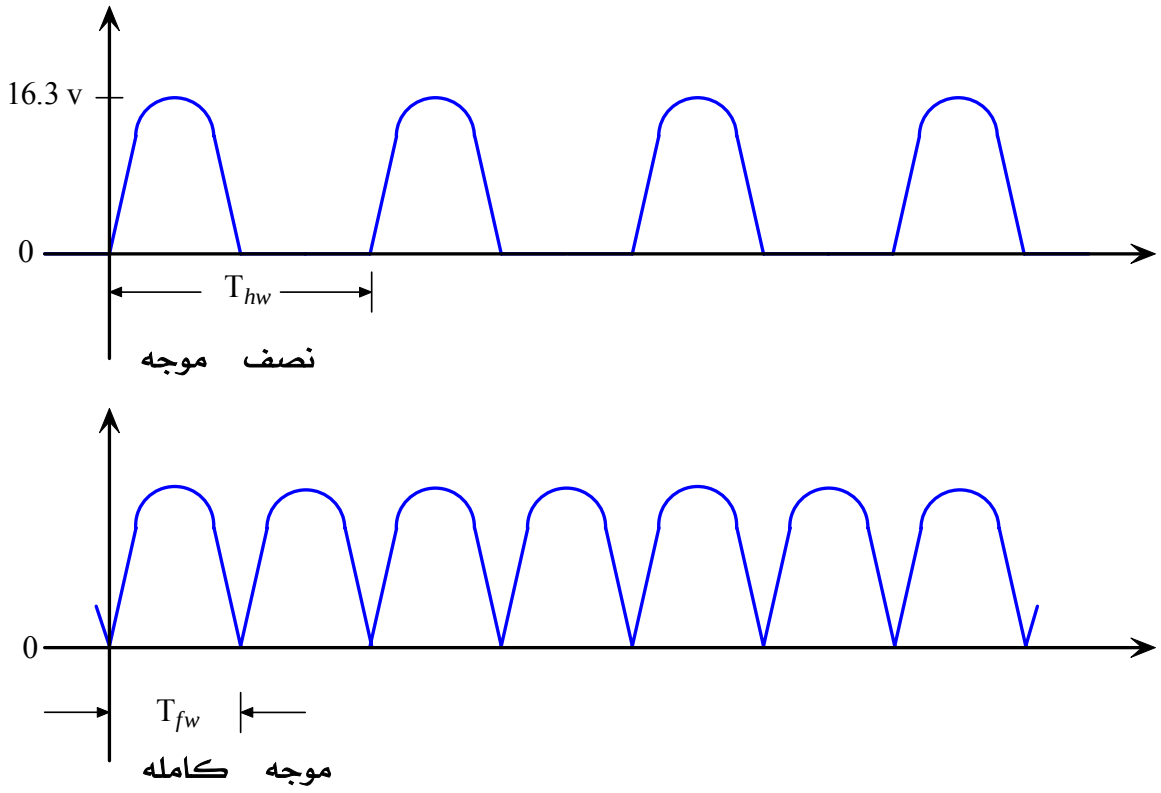
شكل(٧ -٦)

لتحويل الجهد الفعال V_{rms} إلى جهد الذروة V_p نستخدم القانون :

$$V_p = \sqrt{2}V_{rms} \quad .....(٧ -١)$$

$$V_p = \sqrt{2}V_{rms} = 17v$$

لاحظ أن نصف الموجة السالب مفقود في خرج المقوم لأن الدايود لا يمرر التيار في حاله الانحياز العكسي (أي عندما يكون الأنود سالب بالنسبة للكاثود) كما في الشكل التالي



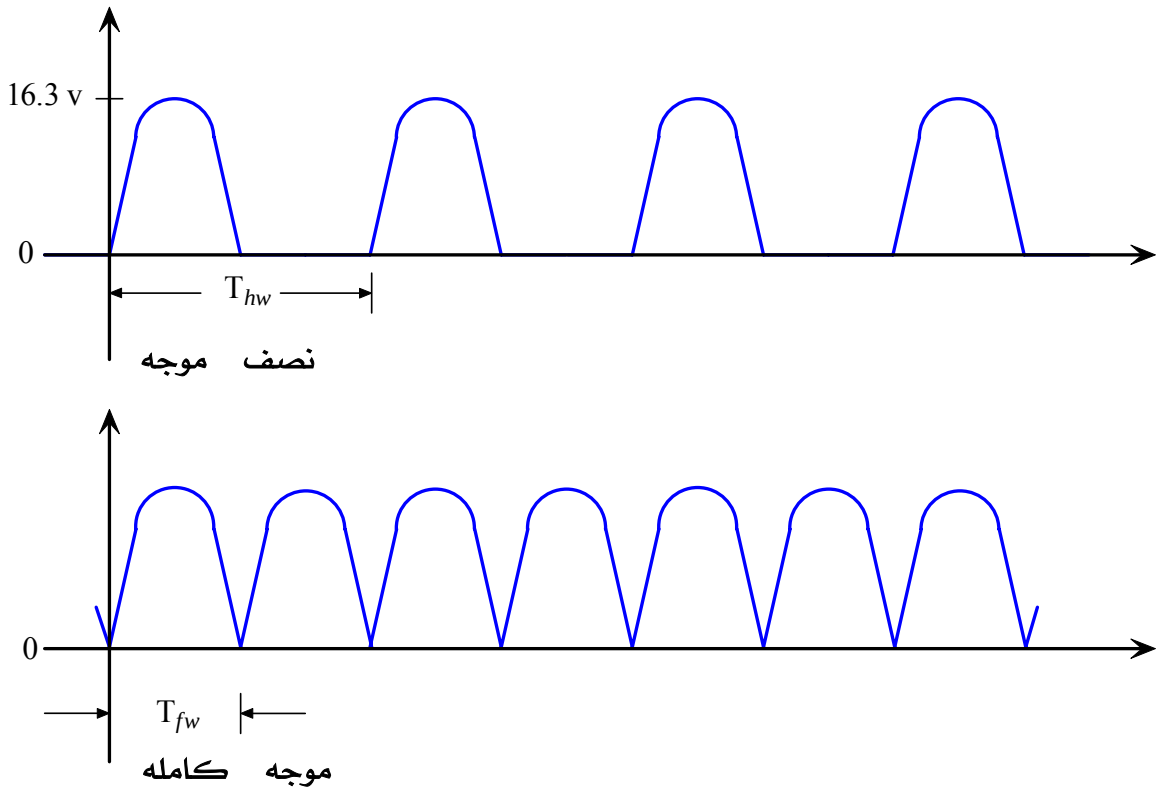
شكل(٧ -٧)

لاحظ أيضاً أن القيمة العظمي (الذروة) لجهد خرج المقوم تساوي $16.3V$ بدلاً من $17V$ لأن هناك جهد واقع على الدايود قيمته $0.7V$ في حاله الانحياز الأمامي.

حساب القيمة المتوسطة لجهد نصف الموجة

من المعلوم أن القيمة المتوسطة للتيار المتغير تساوي صفراً وذلك لتلاشي القيمة الموجبة مقابل السالبة لأنصاف الموجات في التيار المتغير ذات الموجة الجيبية ولكن بالنسبة لمقوم نصف الموجة فيتم حساب القيمة المتوسطة لها كما يلي : -

$$V_{dc} = V_m \frac{1}{\pi} \qquad .....(٧ -٢)$$



شكل(٧ -٨)

ويتضح من الرسم أن القيمة المتوسطة هي ارتفاع المستطيل الذي قاعدته تساوي طول الموجة ومساحته تساوي المساحة المحصورة بين نصف الموجة والمحور السيني .

وتعرف القيمة المتوسطة للتيار المتردد بأنها قيمة ذلك التيار الثابت الذي ينقل في أي دائرة نفس الشحنة التي ينقلها التيار المتردد .

القيمة الفعالة لجهد نصف الموجة الجيبية

وتسمى أحياناً بجذر متوسط المربعات وتعرف القيمة الفعالة للتيار المتردد بأنها قيمة ذلك التيار المستمر الذي يمر في دائرة ما في زمن معين لينتج نفس كمية الحرارة التي ينتجها التيار المتردد حينما يمر نفس الدائرة في نفس الزمن .

ويتم استنتاجها كما يلي : -

$$V_{rms} = \frac{V_m}{2} \qquad .....(٣- ٧)$$

وتكون حسابات دوائر التيار المتردد مبنية على استعمال القيمة الفعالة لكل من الجهد والتيار وتسمى القيمة الفعال أيضاً بجذر متوسط المربعات .

ويلاحظ في دائرة تقويم نصف الموجة ما يلي : -

١ - تيار الذروة للدايود يساوي تيار الذروة للحمل.

٢ - معدل تيار الدايود يساوي معدل التيار في الحمل.

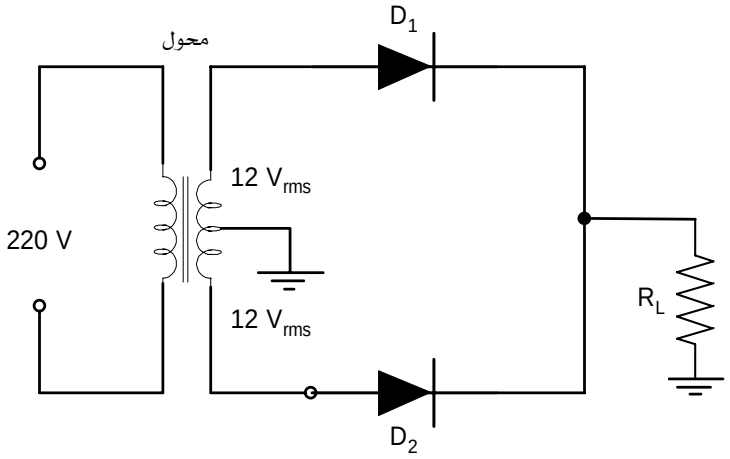
٣ - جهد الذروة العكسي يكون أقل من جهد الذروة للمصدر.

٢) مقوم الموجة الكاملة

شكل (٧ -٩) يبين دائرة مقوم موجة كاملة حيث يتم استخدام محول ذي نقطة تفرع متوسطة. في هذه الدائرة عندما تكون الموجة الجيبية في النصف الموجب فإن الموحد D_1 يكون في حالة انحياز أمامي وبالتالي يكون الموحد D_2 في حالة انحياز عكسي. أما في حالة أن تكون الموجة الجيبية في النصف السالب فإن الموحد D_1 يكون في حالة انحياز عكسي والموحد D_2 في حالة انحياز أمامي وبالتالي فإنه يوصل التيار. وبهذا فإن نصف الموجة الموجب والسالب يظهر على الخرج ويتكون لنا موجة تتكون من نصفي موجة أي أن التردد يكون ضعف تردد جهد المصدر، وتكون القيمة المتوسطة لجهد الموجة الكاملة هي:

$$V_{ds} = \frac{2V_m}{\pi} \qquad .....(٤- ٧)$$

والشكل التالي يبين شكل موجة خرج موحد موجة كاملة



شكل(٧ -٩)

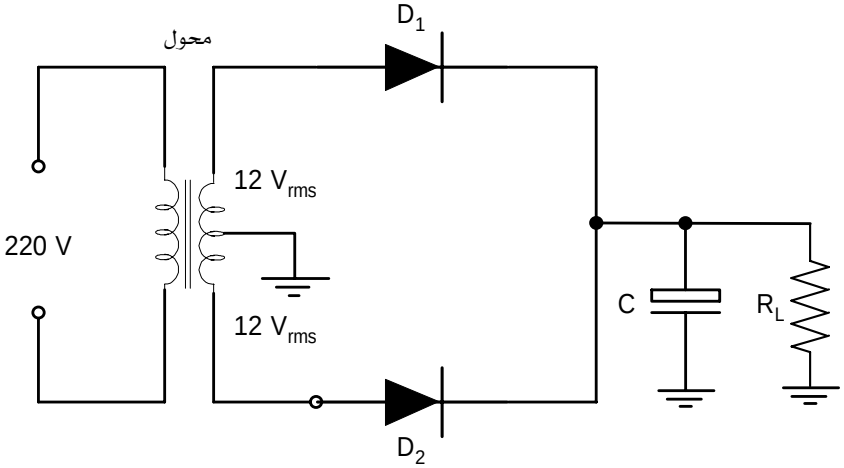
المرشحات

أبسط أنواع المرشحات هي استخدام المكثف بالتوازي مع مقاومة الحمل كما في شكل (٧ -١٠).

ويلاحظ أن وضع المكثف جعل الخرج أقرب للجهد المستمر المثالي (جهد البطارية) حيث إن الارتفاع والهبوط صار أقل . الفرق بين أعلى قيمة وأقل قيمة لجهد الخرج يسمى بالتموج

وكما كان التموج صغيراً صار الخرج أجود ، يرمز لجهد التموج V_r

ويجب الأخذ في الاعتبار أن القوانين التي سبق شرحها في تقويم نصف الموجة والموجة الكاملة لا يمكن تطبيقها عندما تستخدم المرشحات كما هي في الدائرة لنصف الموجة ولكن مع إضافة مكثف والموجة الكاملة.



شكل(٧ -١٠)

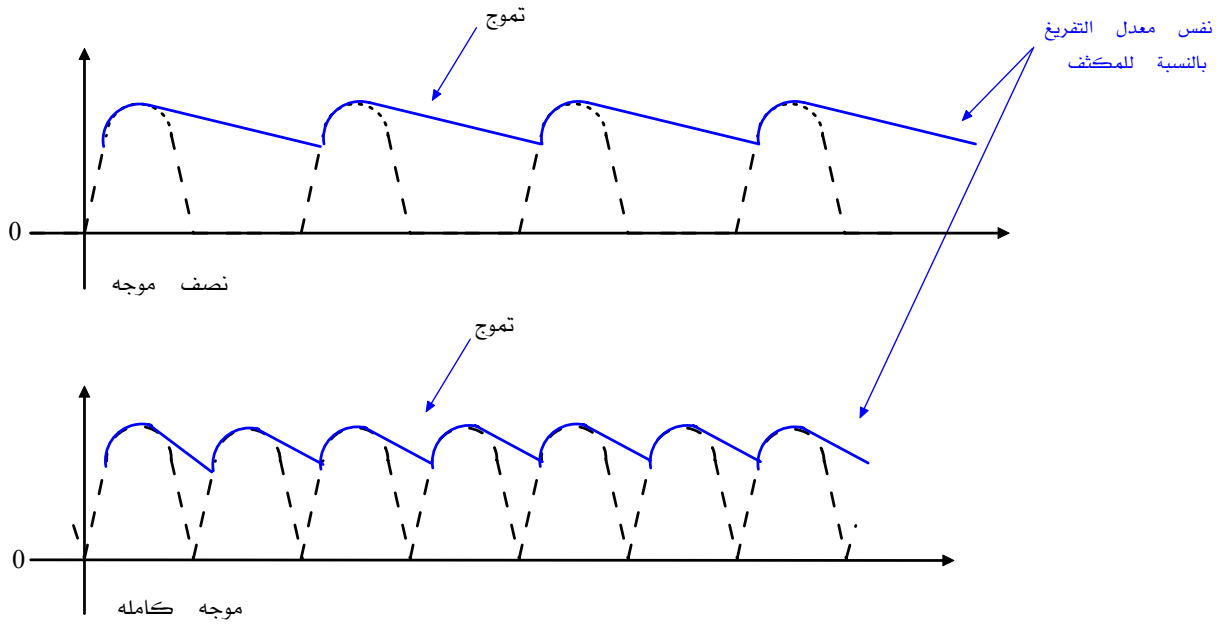
ولفهم عمل المرشح فإن المكثف يبدأ في الشحن حتى يصل إلى أعلى قيمة له [النقطة (أ) بالشكل (٧ -١٠)] وعندها سيبدأ المكثف في التفريغ عبر R_L لأنه لا يملك طريقاً آخر. وسيستمر التفريغ حتى وصول نصف الموجة التالية ومن ثم يبدأ الشحن مره أخرى . إن أقل قيمة لجهد التفريغ تعتمد على قيمة الثابت $t(t = RC)$ الزمني، ولثابت الزمني هو قيمة المكثف مضروبة في قيمة مقاومة الحمل .وواضح أنه كلما كان الثابت الزمني كبيراً كان ميل التفريغ صغيراً وبالتالي يقل جهد التموج V_r مما يجعل الخرج اقرب إلى جهد البطارية .

$$\text{النسبة المئوية للتموج} = \frac{\text{جهد التموج}}{\text{الجهد المستمر}} \times 100\% \quad .....(٧ -٥)$$

مثال ١ : - احسب النسبة المئوية للتموج لخرج المرشح الموضح بالشكل (٧ -١١) إذا كان جهد التموج $V_r = 0.5v$ وكان الجهد المباشر $V_{dc} = 10v$

الحل : -

$$\text{النسبة المئوية للتموج} = \frac{\text{جهد التموج}}{\text{الجهد المستمر}} \times 100\% \quad .....(٧ -٥)$$

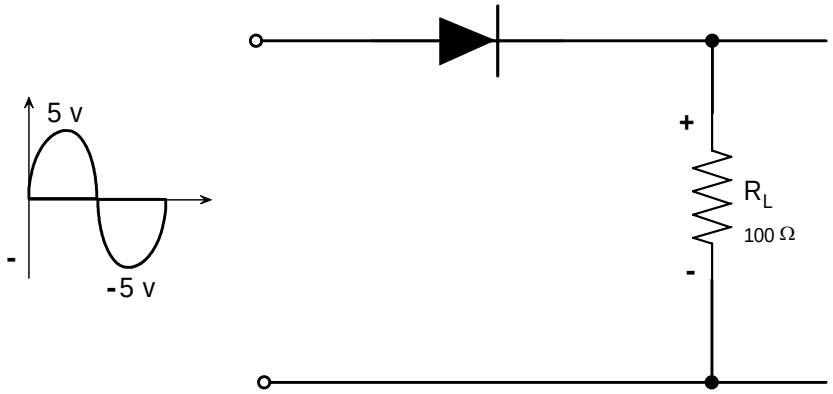


شكل(٧ -١١)

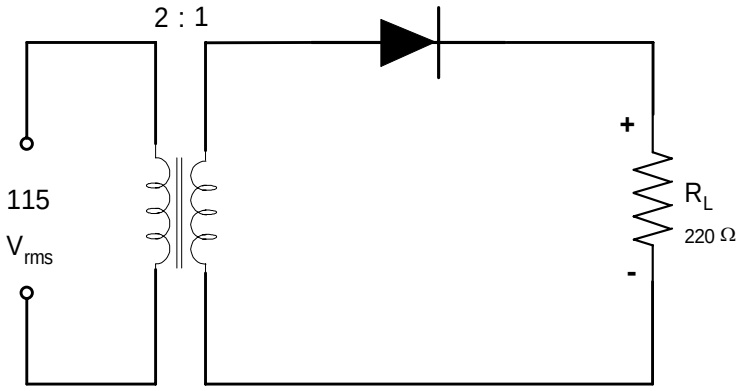
لاحظ في تقويم نصف الموجة بالمرشح قيمة أقصى جهد عكسي على الدايود يساوي تقريباً ضعف قيمة الذروة

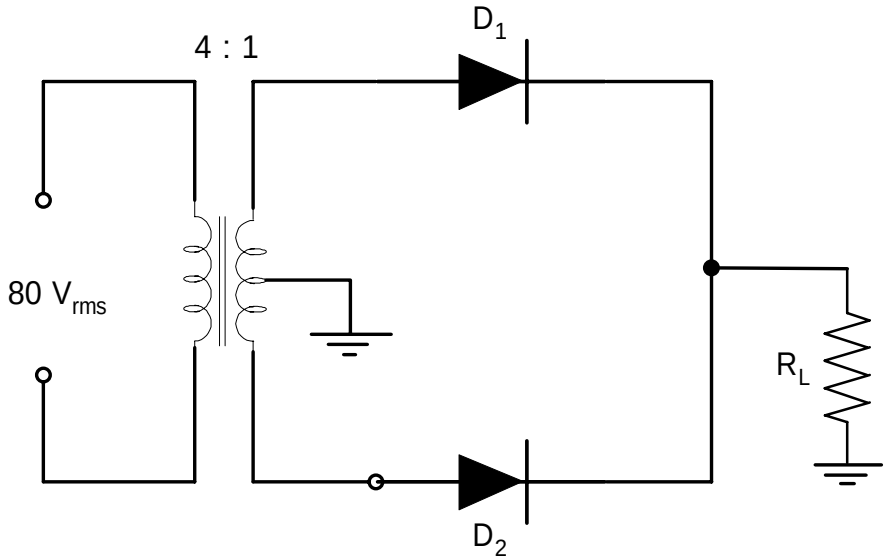
تمارين

١ - ارسم شكل الجهد على المقاومة R_L للدائرة التالية:



٢ - ارسم شكل الجهد على المقاومة R_L و احسب قيمة الجهد المستمر للخرج للدوائر التالية ؟





أساسيات الكهرباء والإلكترونيات

الترانزستور ثنائي القطبية

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة:

التعرف على خواص الترانزستور و استخداماته.

الأهداف:

عندما تكمل هذه الوحدة تكون قادراً على:

١. وصف تركيب وعمل وخصائص وتغذية الترانزستور ثنائي القطبية.

٢. استخدام الترانزستور ثنائي القطبية كمكبر وكمفتاح.

مستوى الأداء المطلوب:

أن لا تقل نسبة إتقان هذه الجدارة عن ٨٠٪.

الوقت المتوقع للتدريب:

٦ ساعات دراسية.

الوسائل المساعدة:

تنفيذ التدريبات العملية في المعمل.

متطلبات الجدارة:

فهم نظرية عمل أشباه الموصلات و الموحدات

الترانزستور

٨ -١ مقدمه :

الاسم ترانزستور هو اختصار لكلمتي تحويل المقاومة ، ويمكن تصنيف الترانزستورات إلى نوعين أساسين هما : -

١ - الترانزستور ثنائي القطبية

٢ - ترانزستور تأثير المجال

مهما كان نوع الترانزستور فإنه يعمل كمكبراً أو كمفتاحاً . والمكبر مطلوب منه أن يكبر الشكل الموجي لإشارة الدخل بأمانه وبأقل تشوه ممكن .

التكبير يكون لجهد الإشارة أو لتيار الإشارة أو لهما معاً ويعبر عن الزيادة التي طرأت للدخل عن طريق المكبر بالكسب وبالرجوع للشكل (٨ -١) يمكن تعريف الكسب كالآتي : -

$$\text{كسب الجهد} = \frac{\text{جهد إشارة الخرج}}{\text{جهد إشارة الدخل}}$$

$$\text{كسب التيار} = \frac{\text{تيار إشارة الخرج}}{\text{تيار إشارة الدخل}}$$

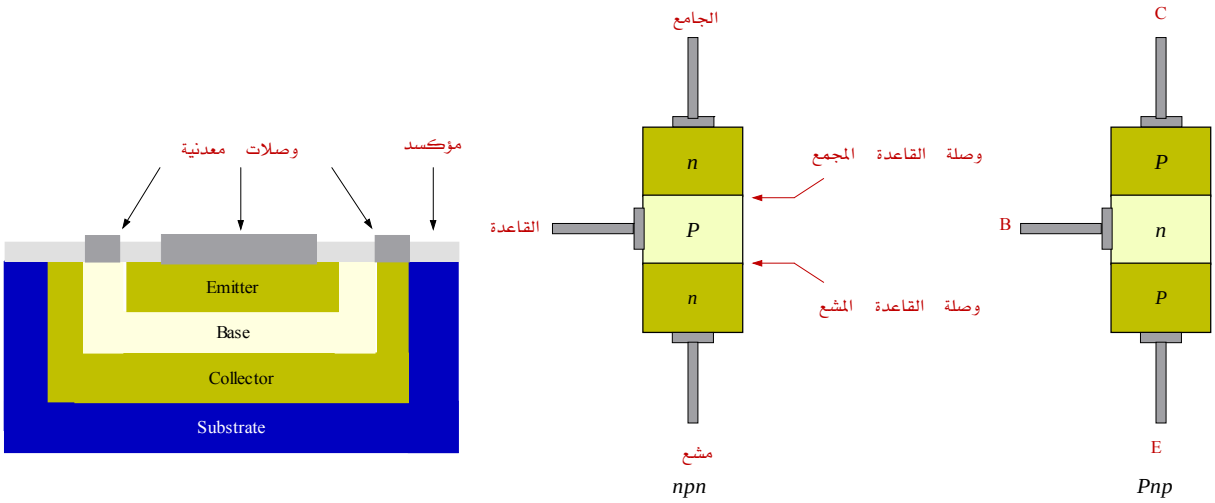
شكل(٨ -١)

الترانزستور ثنائي القطبية

يسمى هذا النوع بثنائي القطبية لأن التيار فيه يتكون من الإلكترونات الحرة والفجوات معاً ، ولأنه أيضا يتكون من موحدين .

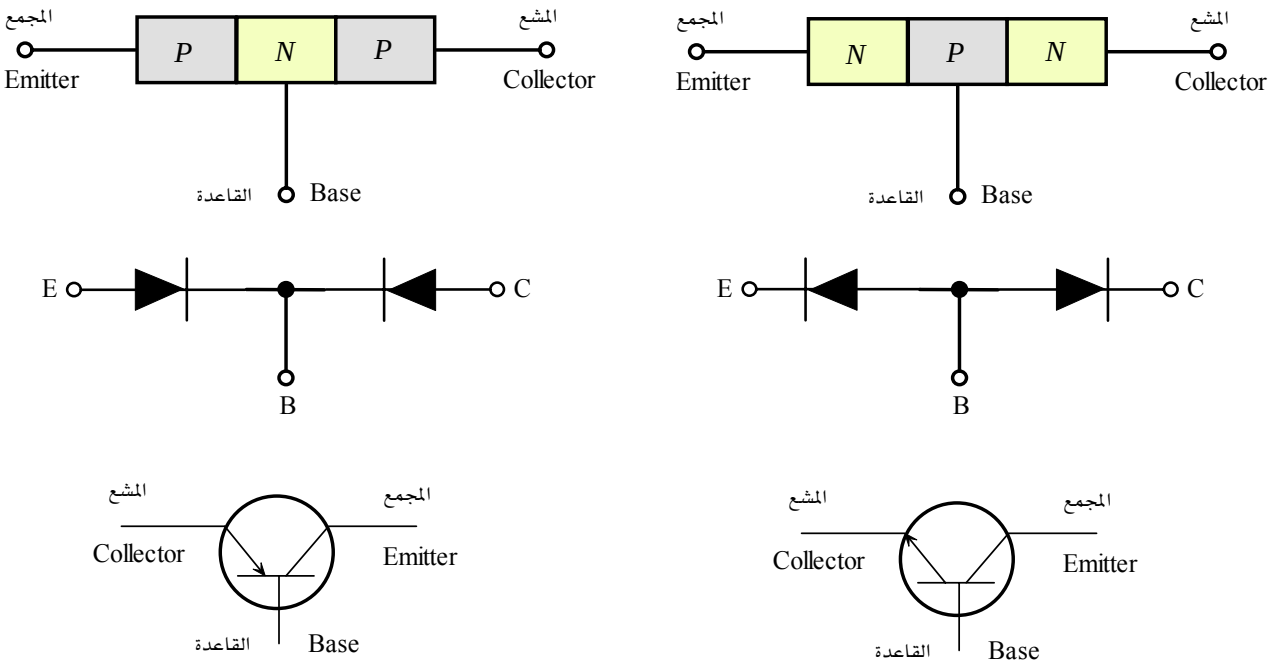
الشكل (٨ -٢) يبين تركيب الترانزستور وهو بشكل ساندوتش منطقتي N بينهما منطقة P رقيقة منطقتي N تسميان بالباعث والمجمع بينما المنطقة الوسطى P تسمى القاعدة نسبة التطعيم عالية في الباعث ومنخفضة في المجمع والقاعدة . هذا النوع يسمى بالـ NPN والنوع الآخر هو الـ PNP

حيث تكون القاعدة سالبة.



شكل(٨ -٢)

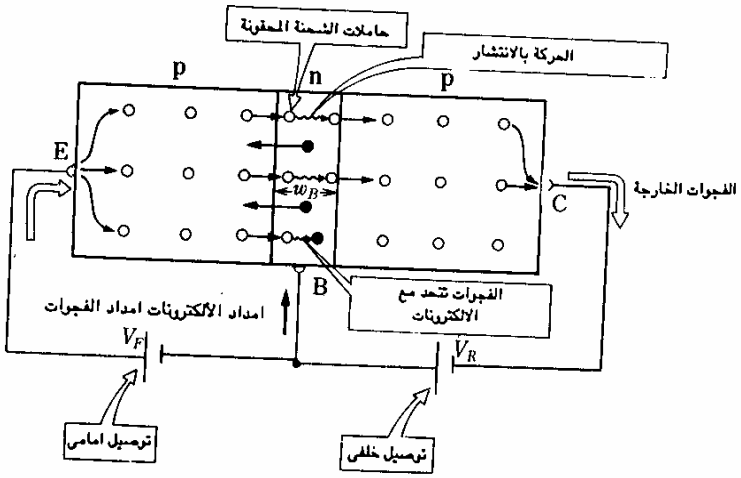
ويلاحظ أن الترانزستور يتكون من موحدين موصلان ظهراً لظهر أو وجهاً لوجه كما يبين الشكل (٨ -٣) . الذي يبين أيضاً نوعي الترانزستور مع الدائرة المكافئة



شكل(٨ -٣)

طريقة عمل الترانزستور

لكي يعمل الترانزستور بطريقة صحيحة يجب توصيل مصادر الجهد المستمر بحيث يكون انحياز دايود الباعث أمامية وانحياز دايود المجمع عكسياً كما يظهر بالشكل (٨ -٤)



شكل(٨ -٤)

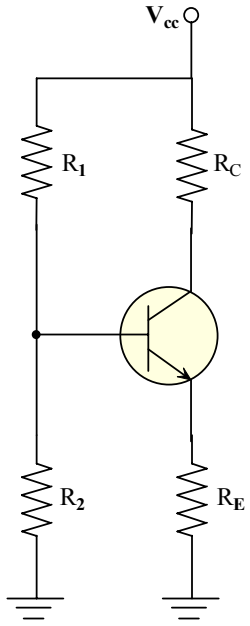
إن الانحياز الأمامي لدايود الباعث يجعل عدداً من الإلكترونات الحرة المتواجدة نسبه التطعيم العالي تغادر نحو القاعدة ولكن كما سبق القول فإن سمك القاعدة صغير للغاية ونسبة التطعيم منخفضة ولذا فإن معظم الإلكترونات تفضل أن تنجذب نحو منطقة المجمع ونسبة صغيرة (حوالي ٢٪) تكون تيار القاعدة . وبما أن الإلكترونات قد انتقلت من منطقة منخفضة المقاومة (انحياز أمامي) إلى منطقة عالية المقاومة (انحياز عكسي) فإن التكبير في القدرة يصير ممكناً . افترض أن مقاومه الانحياز الأمامي تساوي 100Ω ومقاومة الانحياز العكسي تساوي $10K\Omega$ و بما أن $I_C = I_e$ لأن تيار القاعدة صغير جداً فإن كسب القدرة A_P يساوي : -

$$A_P = \frac{P_o}{P_i}$$
$$= \frac{I_C^{\,2} R_r}{I_e^{\,2} R_f}$$
$$= \frac{I_e^{\,2} 10000}{I_e^{\,2} 100}$$
$$= 100$$

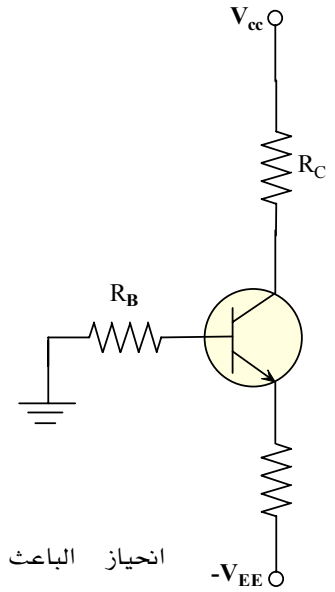
النوع PNP يعمل بنفس الطريقة والاختلاف الوحيد هو أن حاملات الشحن هنا فجوات بدلاً من إلكترونات حرة .

بما أن للترانزستور ثلاثة أطراف فلا بد أن نجعل أحدهما مشتركاً بين الدخل والخرج ليعمل الترانزستور كمكبر، والاحتمالات الثلاثة المستخدمة عملياً هم الباعث المشترك، المجمع المشترك، والقاعدة المشترك ، الجدول (٨ -١) يقارن بين التوصيلات الثلاث . و لكي يكون الترانزستور قادراً على التكبير بصورة دقيقة أي بدون تشويه للخرج ، فيجب أن يتم انحيازه بعدة طرق و الموضحة بالشكل (٨ -٥).. وسيتركز الحديث في هذا المنهج على الباعث المشترك باعتباره أهم التوصيلات الثلاث .

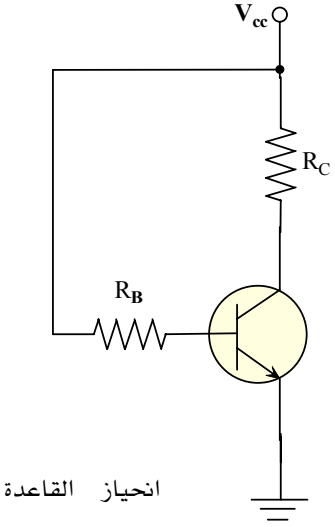
ملحوظه RL تمثل الحمل و ~ تمثل مصدر الإشارة الموجبة .



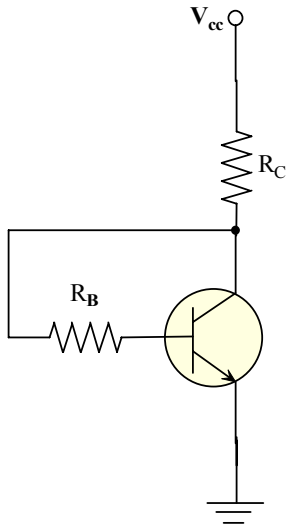
انحياز مقسم الجهد



انحياز الباعث



انحياز القاعدة



انحياز تغذية مرتدة للمجمع

شكل(٨ -٥)

	الباعث المشترك	المجمع المشترك	القاعدة المشترك
هل هنالك كسب للجهد؟	نعم	لا	نعم
هل هنالك كسب تيار؟	نعم= β	نعم	لا= α
هل هنالك كسب قدرة؟	نعم(عالية)	نعم	نعم
هل الخرج مقلوب؟	نعم	لا	لا

جدول(٨ -١) : مقارنة بين توصيلات الترانزستور الثلاث

العلاقة بين β و α بالنسبة للتيار المستمر

تعرف بأنها α كسب التيار في توصيلة القاعدة المشتركة و β بأنها كسب التيار في توصيله الباعث المشترك . إذن

أما المعادلة الأساسية لتيارات الترانزستور فهي :

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

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E}$$

أما المعادلة الأساسية لتيارات الترانزستور فهي:

$$I_E = I_C + I_B$$

$$\beta = \frac{I_C}{I_E - I_C}$$

بقسمة البسط والمقام على I_C نحصل على :

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$$

$$\alpha = \frac{\beta}{1+\beta}$$

يلاحظ أن قيمة α دائما أصغر من الواحد الصحيح بقليل بينما قيمة β أكبر بكثير جداً من الواحد الصحيح .

مثال (٨ -١) : -

أوجد قيمة β لكل من قيم α التالية :

$$\alpha = 0.9765, \quad 0.9875, \quad 0.99, \quad 0.995$$

الإجابات:

$$\beta = 42, \quad 79, \quad 99, \quad 199$$

مثال (٨ -٢):

إذا كان تيار القاعدة لترانزستور يساوي $20\mu A$ عندما يكون تيار الباعث $6.4mA$ ما هي قيمة كل من α و β

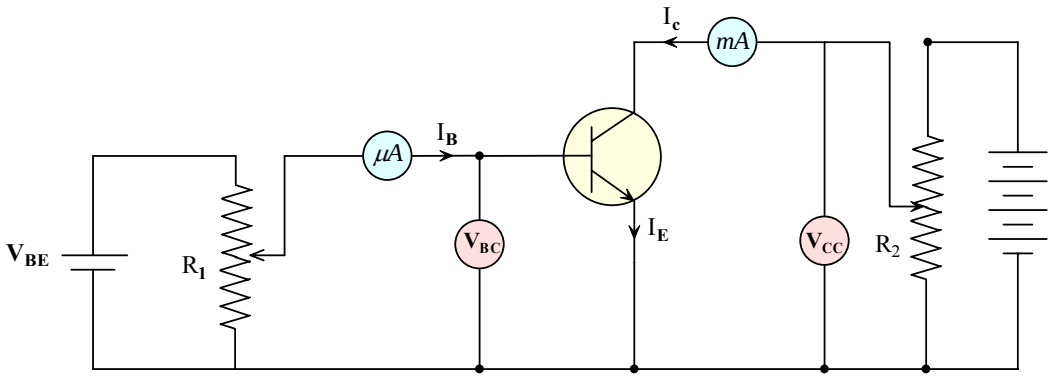
الإجابات : -

$$\beta = 319, \qquad \alpha = 0.99687$$

منحيات خواص الترانزستور :

الخواص هي منحنيات ترسم بواسطة التجارب المعملية توضح العلاقة بين التيارات والجهود للترانزستور، والشكل (٨ -٦) يبين دائرة معملية لتوصيلة الباعث المشترك لدراسة خواص الترانزستور .المقاومة R_2 في هذا الشكل الغرض منها حماية الترانزستور من مرور تيار كبير في القاعدة . الخاصيتان ذات الاهتمام هما : -

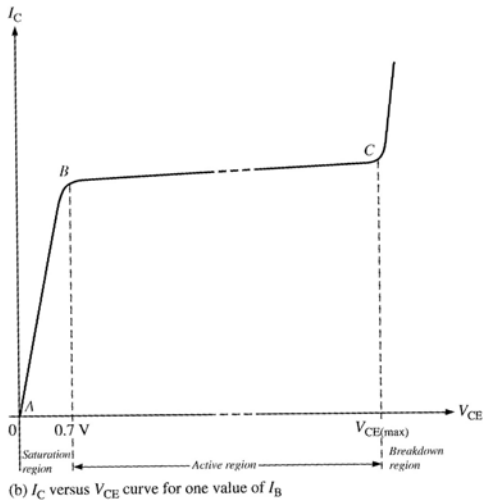
- **خاصية الدخل** $I_B - V_{BE}$
- **خاصية الخرج** $I_C V_{CE}$



شكل(٨ -٦)

(١)خاصية الدخل $I_B - V_{BE}$

هنا يثبت قيمة جهد الباعث – المجمع V_{ce} ، مثلاً على قيمة البطارية $6V$ ويقاس قيمة الجهد لقيم مختلفة لتيار القاعدة I_b الشكل (٨ -٧) يبين خاصية الدخل لترانزستور سيلكوني .

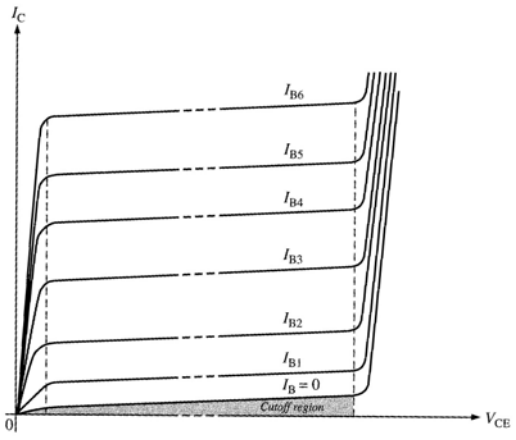


(b) I_C versus V_{CE} curve for one value of I_B

شكل(٨ -٧)

(٢)خاصية الخرج $I_C V_{CE}$

هنا تثبت تيار القاعدة ونقيس تيار المجمع I_c عندما نغير قيمة الجهد V_{ce} بتغير موضع المقاومة المتغيرة R_3 وهذه العملية تكرر لقيم مختلفة لتيار القاعدة لإعطاء عدد من المنحنيات كما يبين الشكل (٨ -٨).



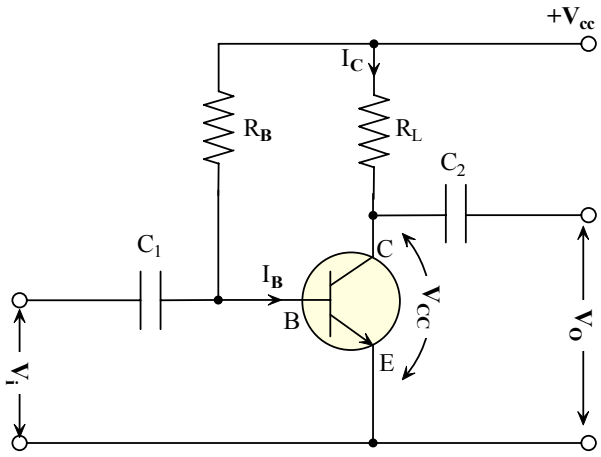
(c) Family of I_C versus V_{CE} curves for several values of I_B ($I_{B1} < I_{B2} < I_{B3}$, etc.)

شكل(٨ -٨)

يمكن أن نلاحظ في هذه الخاصية بأن تيار الخرج I_c يعتمد أساساً على قيمة تيار الدخل I_B ولا يعتمد على قيمة الجهد V_{ce} إلا في حوالي المرحلة الأولى عن المنحنى .

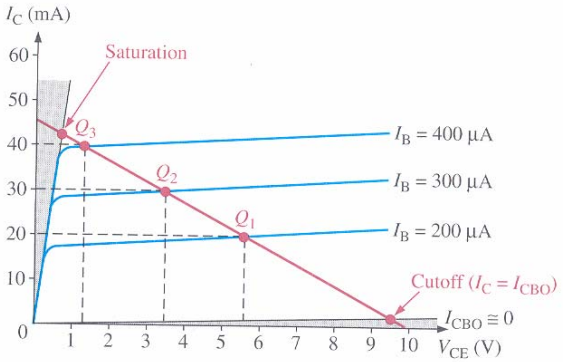
خط الحمل

بالرغم من أن الترانزستور في توصيلة الباعث المشترك هو مكبر للتيار يحدد كسبة قيمة β إلا أنه يمكن أن يعمل كمكبر جهد أن تم توصيل مقاومة R_L تدعى الحمل في دائرة المجمع كما يظهر بالشكل (٨ -٩).



شكل(٨ -٩)

ولفهم عملية التكبير يجب أولاً رسم خط الحمل فوق منحنيات خواص الخرج كما يظهر بالشكل (٨ -١٠). الشكل (٨ -٩) يبين أيضاً المقاومة R_b وهي تسمى بمقاومة الانحياز مع مكثفات الربط.



شكل(٨ -١٠)

خط الحمل هو خط مستقيم ولرسم هذا الخط نحتاج إلى وضع نقطتين فقط وهما النقطة عند إحداثيات الجهد و النقطة عند إحداثيات التيار حيث : -

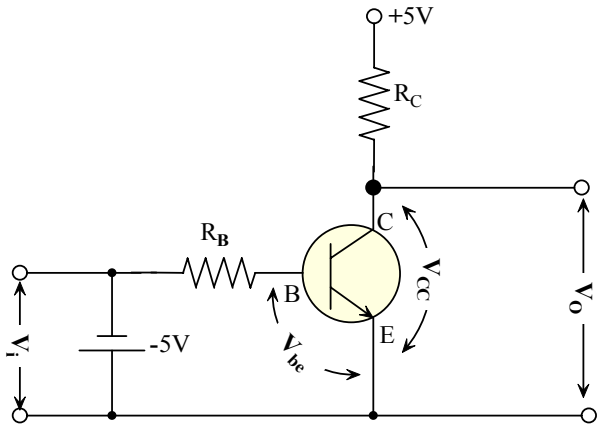
$$I_C = 0 \qquad ..V_{CE} = V_{CC}$$

$$V_{CC} = 0 \qquad ..I_C = \frac{V_{CC}}{R_L}$$

الترانزستور كمفتاح

البوابات المنطقية هي بالضرورة مفاتيح إلكترونية ويستخدم الترانزستور لعمل هذه المفاتيح . والمفتاح الإلكتروني كالمفتاح الميكانيكي يكون في إحدى الحالتين إما مقفلاً OFF أو مفتوحاً ON الشكل (٨ -١١) يبين دائرة ترانزاستور ذات باعث مشترك تعمل كمفتاح مع خصائص الخرج ونقاط السكون في حالتي القفل والفتح .

عندما يكون الدخل عاليا (أي 5V) فإن الخرج يكون تقريباً 0V أما إذا كان الدخل صفراً فإن الخرج يكون 5V واضح أن هذه الدائرة تعمل كدائرة عاكس ، وعلى عكس دوائر التكبير ، حيث يتطلب وجود نقطة Q على حوالٍ



شكل(٨ -١١)

منتصف خط الحمل نجد أن نقطه السكون في حالة المفتاح تكون على طرفي خط الحمل (التشبع والقطع). الشكل (٨ -١١) يمثل لدائرة الترانزستور في حالتي التشبع و القطع.

(أ) عند 0V من الدخل : -

تكون الوصلة E منحازة عكسيا $I_C = 0$, $I_b = 0$ ويكون جهد المجمع -المشع كبيراُ و بالتالي يكون الخرج 5V

(ب) عند 5V من الدخل : -

يكون التيار I_b كبيرا و كافي لوصول الترانزستور إلى حاله التشبع (في حالة توصيل) ويكون جهد المجمع -المشع صغيراُ أو جهد الأرض والخرج = 0

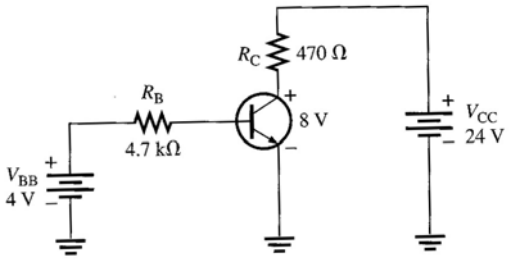
تمارين

١. لماذا يكون التيار المار في القاعدة أقل بكثير من التيار المار في المجمع ؟

٢. ما هي قيمة I_C عندما يكون $I_E = 5.34mA$ و $I_B = 475mA$ ؟

٣. عندما مر تيار قاعدة مقداره $50\mu A$ كان هناك هبوط جهد على المقاومة R_C يساوي $5V$ ، ما هي قيمة β ؟

٤. أوجد قيمة I_B و I_C و V_{BC} للدوائر التالية حيث معامل التكبير $\beta = 100$:



أساسيات الكهرباء والإلكترونيات

ترانزستور تأثير المجال

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة:

التعرف على خواص ترانزستور تأثير المجال و استخداماته.

الأهداف:

عندما تكمل هذه الوحدة تكون قادراً على:

١. وصف تركيب وعمل وخصائص وتغذية ترانزستور تأثير المجال.

٢. فهم بعض تطبيقات ترانزستور تأثير المجال.

مستوى الأداء المطلوب:

أن لا تقل نسبة إتقان هذه الجدارة عن ٨٠٪.

الوقت المتوقع للتدريب:

٦ ساعات دراسية.

الوسائل المساعدة:

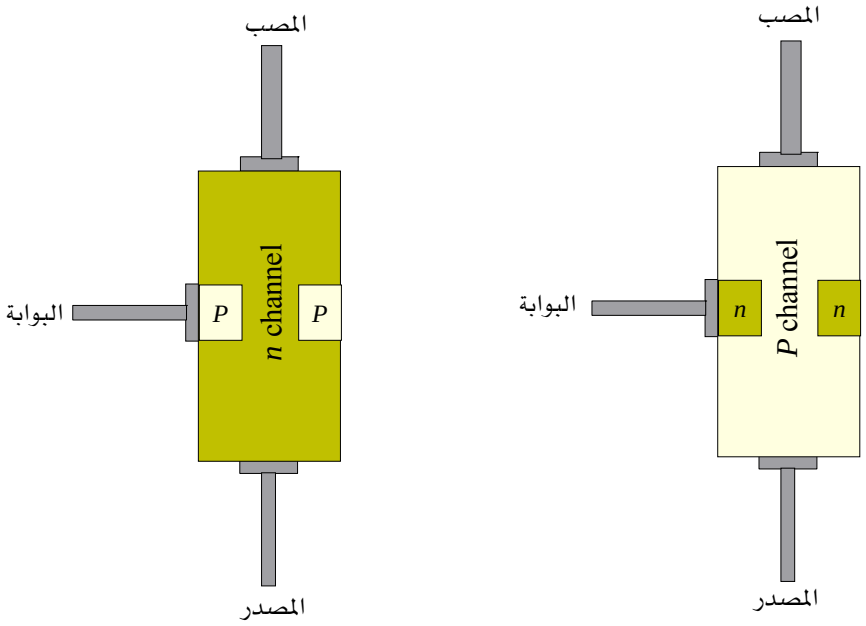
تنفيذ التدريبات العملية في المعمل.

متطلبات الجدارة:

فهم نظرية عمل الترانزستور ثنائي القطبية.

ترانزستور تأثير المجال

تعمل الترانزستورات ثنائية القطبية NPN و PNP على تيار الفجوات الإلكترونية وتيار الإلكترونات ولذلك تسمى بترانزستورات ثنائية القطب، بينما تعمل ترانزستورات تأثير المجال على سريان تيار الإلكترونات أو سريان تيار الفجوات الإلكترونية فلهذا يسمى ترانزستور أحادي القطب.

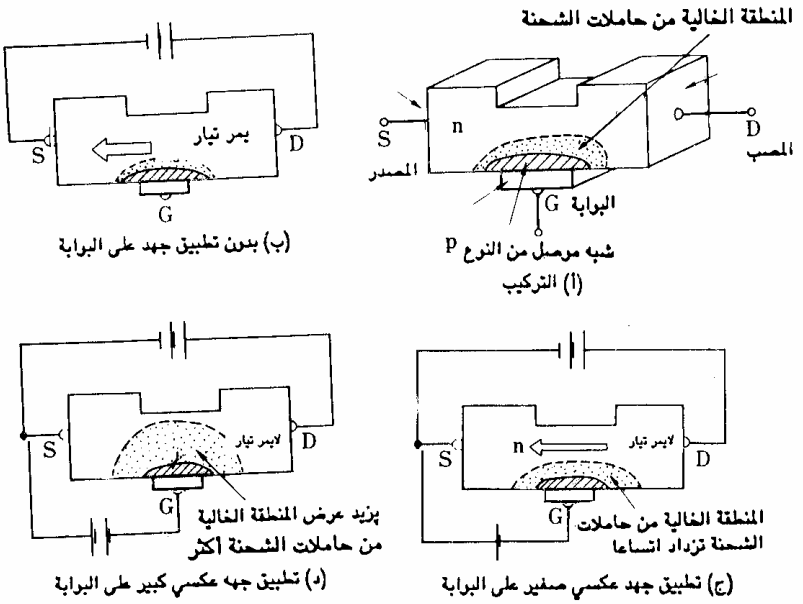


(a) قناة n (b) قناة p

شكل(٩ -١)

٩ -١ تركيب ترانزستور تأثير المجال

تتكون ترانزستورات تأثير المجال من ثلاثة أطراف هي البوابة (G) والمصدر (S) والمصب (D) . وعند وضع جهد بين المصب والمصدر مقداره V_{DS} فإنه يمر تيار يسمى تيار المصب I_D بين المصب والمصدر كما هو موضح بالشكل(٩ -١).

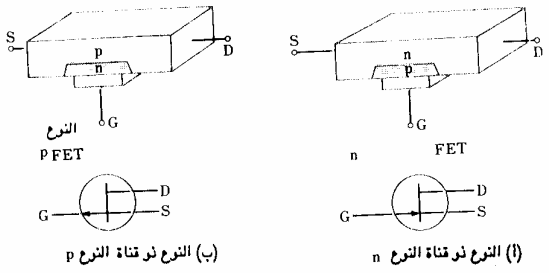


شكل(٩ -٢)

وأيضاً عند وضع جهد خلفي على الوصلة الثنائية بين البوابة والمصدر كما في الشكل (٩ -٢) فإن عرض المنطقة الخالية من حاملات الشحنة يزداد وبالتالي فإن عرض المنطقة التي يمر فيها التيار بين المصب والمصدر والمعروفة باسم القناة يضيق مما يسبب نقصاً في التيار المار بين المصب والمصدر وعندما يزيد الجهد العكسي المطبق بين البوابة والمصدر إلى قيمة تساوي V_P فإن التيار I_D يصل إلى الصفر كما هو موضح بالشكل.

والجهد V_P يسمى جهد التضييق حيث يكون ترانزستور تأثير المجال من نوع قناة N إذا كانت المنطقة الفتي يمر فيها التيار من المصب إلى المصدر هي شبه موصل من النوع N ويكون من نوع قناة P إذا كانت المنطقة التي يسري فيها التيار من المصب إلى المصدر من شبه موصل من النوع P.

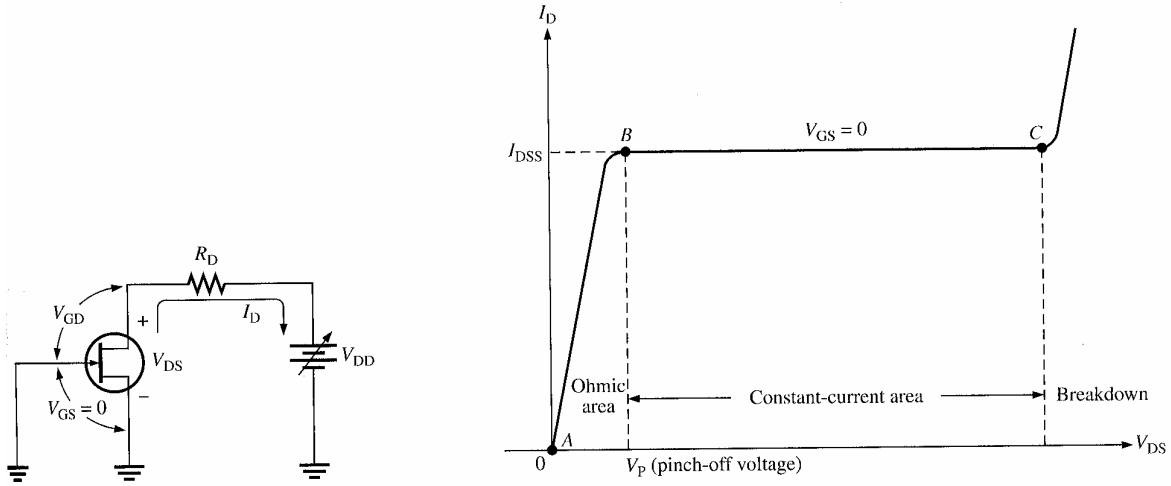
ويوضح الشكل (٩ -٣)تركيب كل من النوعين والرمز المستخدم في الدوائر الإلكترونية



شكل(٩ -٣)

٩ -٢ خصائص ترانزستور تأثير المجال

دعنا ننظر إلى الحالة عندما يكون الجهد من البوابة إلى المصدر يساوي صفر، ويكون هذا الجهد عندما نضع دائرة قصر بين البوابة والمصدر كما في شكل (٩ -٤).



شكل(٩ -٤)

وبينما V_{DD} يزداد من الصفر فولت فإن التيار I_D يزداد كذلك كما هو موضح بالشكل (٩ -٤) بين النقطتين A,B وفي هذه المنطقة تكون مقاومة القناة ثابتة لأن منطقة الاستنفاذ ليست كبيرة بالكفاية لعمل تأثير واضح.

وعند النقطة B فإن التيار I_D يصبح ثابتاً ، وبينما V_{DS} يزداد من النقطة B إلى النقطة C فإن جهد الانحياز العكسي يكون منطقة استنفاذ كبيرة لتعويض الزيادة في V_{DS} ولذا يظل التيار I_D ثابتاً.

٩ -٣ جهد التضييق Pinch – off Voltage

عندما يكون $V_{GS} = 0$ فإن القيمة لجهد V_{DS} والتي يكون فيها التيار I_D ثابتاً تسمى جهد التضييق. ولكل ترانزستور تأثير المجال فإن هذه القيمة تكون ثابتة ، وكما يمكن ملاحظته، فإن كل زيادة ثابتة في جهد V_{DS} فوق جهد التضييق فإن التيار I_D يكون ثابتاً وهذه القيمة تكون محددة في دليل خصائص الترانزستور المعطاة من قبل المصنع.

وعند ملاحظة المنحنى فإن تغير مفاجيء في التيار يبدأ عند النقطة C عندما يزيد بشكل كبير مما يسبب تلفاً كبيراً للترانزستور. ولذا يجب أن يعمل ترانزستور تأثير المجال تحت هذا الجهد.

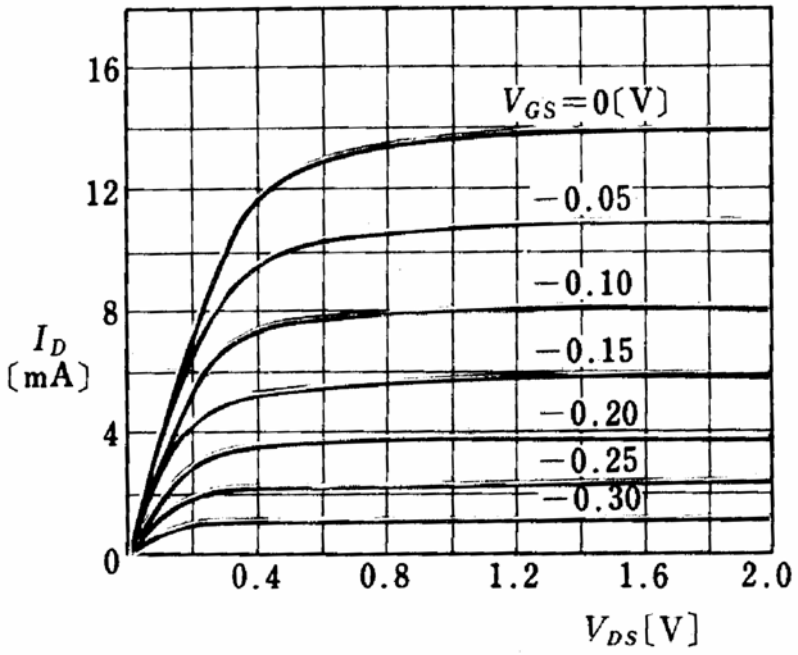
في الشكل (٩ -٥) يتم توضيح عدة منحنيات خصائص ترانزستور تأثير المجال لعدة جهود بين البوابة والمصدر.

٩ -٤جهد القطع Cut – off Voltage

هو القيمة لجهد V_{GS} والتي تجعل تيار I_D يساوي تقريباً صفر فولت، ولذا فإن ترانزستور تأثير المجال يجب أن يعمل بين $V_{GS} = 0$ و $V_{GS}(off)$ وبهذا فإن التيار I_D سوف يعمل بين القيمة القصوى I_{DSS} وقيمة صفرية مقاربة للصفر.

وكما نلاحظ، فإن ترانزستور تأثير المجال من النوع N ، كلما زاد جهد V_{GS} السالب كلما صغرت قيمة تيار I_D حتى تصل إلى الصفر.

جهد القطع ينشأ بسبب زيادة عرض منطقة الاستنفاذ التي تجعلها تقريباً مغلقة كما في الشكل (٩ -٥).

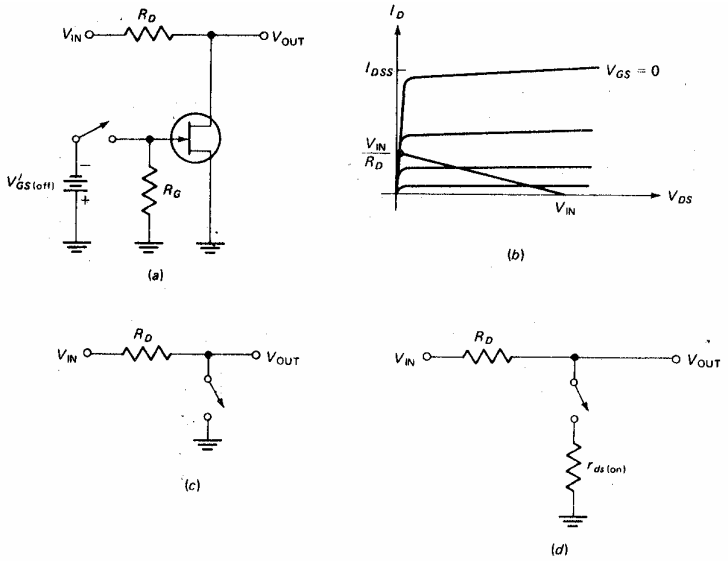


شكل (٩ -٥)

٩ -٥ ترانزستور تأثير المجال كمفتاح

تمثل الدائرة في الشكل (٩ -٦) ترانزستور تأثير المجال كمفتاح حيث عندما يكون المفتاح مفتوحاً في الجهد V_{GS} يكون صفراً و بالتالي فإن التيار المار في الترانزستور يكون أكبر مما يمكن، ويصبح كأنه مقاومة ذات قيمة صغيرة جداً (أقل من 10Ω).

أما إذا تم قفل المفتاح، فإن الجهد V_{GS} السالب يكون أكبر ما يمكن وبالتالي يصبح الترانزستور في حالة قطع ويكون التيار I_D مساوي تقريباً للصفر وتكون مقاومة الترانزستور كبيرة جداً (أكبر من $1M\Omega$).



شكل(٩ -٦)

تمارين

١. تم زيادة جهد V_{GS} لترانزستور تأثير المجال ذو قناة P من 1V إلى 3V
   أ) هل تضيق أم تتسع منطقة الاستنفاذ؟
   ب) هل تزيد أم تنقص مقاومة القناة ؟

٢. لماذا يجب أن تكون قيمة الجهد من البوابة إلى المصدر في ترانزستور تأثير المجال ذو قناة n صفر أو سالب ؟

٣. ترانزستور تأثير المجال له جهد تضييق يساوي $5V$. وعندما يكون جهد $V_{GS} = 0$ ما هي قيمة جهد V_{DS} عندما يصبح تيار المصب ثابتاً ؟

٤. ترانزستور تأثير المجال من نوع P له $V_{GS}(Off) = 6V$ ، ما هو تيار المصب I_D عندما يكون $V_{GS} = 8V$ ؟

أساسيات الكهرباء والإلكترونيات

الشرائح الإلكترونية

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة:

التعرف على فكرة الشرائح الإلكترونية.

الأهداف:

عندما تكمل هذه الوحدة تكون قادراً على:

١. معرفة تركيب الشرائح الإلكترونية.

٢. معرفة بعض تطبيقات الشرائح الإلكترونية.

مستوى الأداء المطلوب:

أن لا تقل نسبة إتقان هذه الجدارة عن ٨٠٪.

الوقت المتوقع للتدريب:

ساعتان دراسيتان.

الوسائل المساعدة:

تنفيذ التدريبات العملية في المعمل.

متطلبات الجدارة:

لا يوجد متطلبات سابقة.

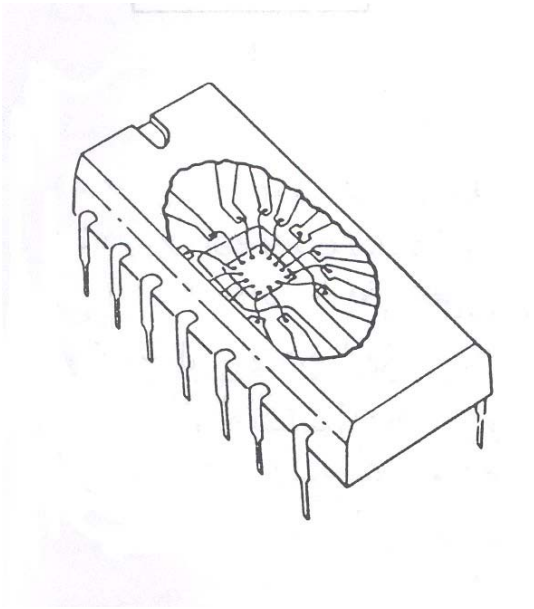
الشرائح الإلكترونية

١٠ -١مقدمة:

تنقسم الشرائح الإلكترونية إلى نوعين أساسيان وذلك حسب إشارة الدخل إلى هذه الشرائح وهما:

١. الدوائر المتكاملة التناظرية
٢. الدوائر المتكاملة الرقمية

ويمكن بناء الشرائح الإلكترونية باستخدام العناصر الإلكترونية المعروفة مثل المقاومات والمكثفات والموحدات والترانزستورات. حيث يتم بناء الدائرة الإلكترونية للشريحة باستخدام هذه العناصر.

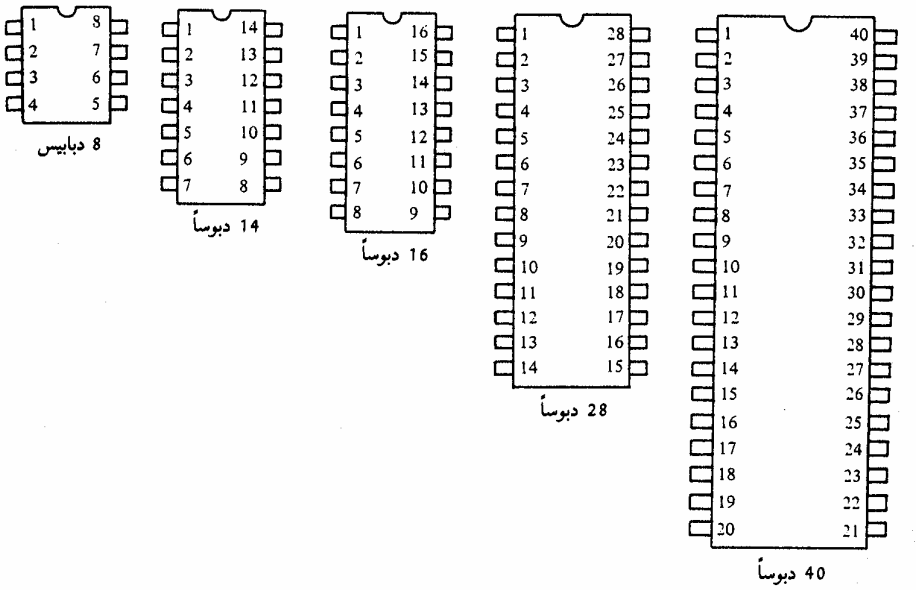


شكل(١٠ -١)

١٠ - ٢أشكال الشرائح الإلكترونية

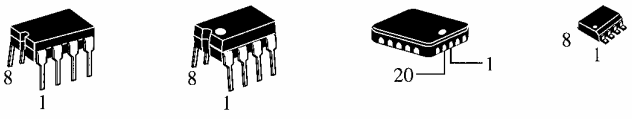
يتم بناء الشرائح الإلكترونية بعدة أشكال حيث كان استخدام شكل DIL المكون من صفين من الأرجل كما في شكل (١٠ -١) شائعاً في السابق لسهولة استخدامه وأخذ القياسات عليه.

هذه الصفوف من الأرجل توجد بأعداد مختلفة مثل ٨، ١٤، ١٦ .....الخ.



شكل(١٠ -٢)

أما بعد التطور الهائل لتقنية تصنيع الشرائح الإلكترونية والحاجة لدوائر معقدة ازداد كثرة فإن المستخدم حالياً في تصنيع أجزاء الحاسب الآلي هو SMT أو تقنية التركيب السطحي. هذه الشرائح يتم وضعها على اللوحات الإلكترونية بدون الحاجة إلى وجود ثقوب على اللوحة و شكل(١٠ -٣) يوضح بعض من هذه الشرائح.



شكل(١٠ -٣)

١٠ -٣ الدوائر المتكاملة التناظرية

من أشهر هذه الدوائر هي مكبرات العمليات ودوائر مثبتات الفولت وكان لانتشار الدوائر المتكاملة الرقمية أثر كبير في محدودية استخدام هذه الدوائر.

١٠ -٤ الدوائر المتكاملة الرقمية

يمكن تقسيم الدوائر المتكاملة الرقمية إلى نوعين رئيسين هما: -

- عائلة TTL
- عائلة CMOS

وذلك طبقاً لنوعية الترانزستورات المستخدمة في تصنيع هذه الشرائح.

- عائلة TTL

ويستخدم في بنائها ترانزستورات ثنائية القطبية وبخاصية أن هذه الترانزستورات تحتوي على أكثر من باعث.

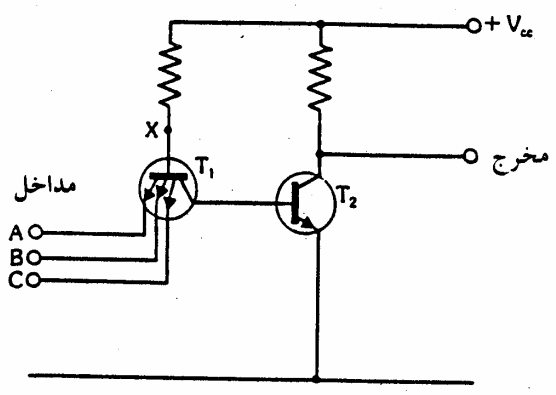
وهنالك أكثر من سلسلة لهذه العائلة من أشهرها السلسلة 74 التي تنقسم إلى سلاسل فرعية يمكن تلخيص خصائصها في الجدول التالي: -

الخاصية	74.....	74H.....	74L.....	74LS.....	74S.....
V_{CC} min (V)	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
V_{CC} max (V)	5.5	5.0	5.5	5.5	5.5
V_{IL} (V)	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8
(V) V_{IH}	2	2	2	2	2
(V) V_{OL}	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5
(V) V_{OH}	2.4	2.4	2.4	2.7	2.7
(mA) I_{IL}	−1.6	−2	−0.18	−0.36	−2
(mA) I_{IH}	40	50	10	20	50
(mA) I_{OL}	16	20	3.6	8	20
(mA) I_{OH}	−0.4	−0.5	−0.2	−0.4	−1
(ns) t_p	10	6	33	16	3
(mw) p_d	10	22	1	2	19

والشكل التالي(١٠ -٤) يبين التركيب الداخلي لإحدى بوابات NAND ذات الثلاث مداخل من عائلة TTL حيث إنه عندما تكون جميع المداخل A,B,C لها (أو أحدها) الدخل صفر فإن الترانزستور T_1

يصبح في حالة توصيل وبالتالي فإن الترانزستور T_2 يكون في حالة قطع لأن جهد القاعدة يكون قريباً من الصفر. وبالتالي فإن الخرج يكون غالباً $(+V_{CC})$.

أما إذا كانت جهود المداخل A,B,C غالبا $(+V_{CC})$ فإن الترانزستور T_1 يكون في حالة قطع ويكون الترانزستور T_2 موصلاً. وبالتالي فإن الخرج يكون صفراً (منخفضاً).



شكل(١٠ -٤)

وهنالك ثلاثة أنواع لمخارج العائلة TTL كما يلي:

١. خرج مفتوح

حيث أن الخرج يكون صفراً إلا إذا تم توصيل الخرج بجهد المصدر بواسطة مقاومة.

٢. خرج ذو القطب الرمزي

وفيه يتم تركيب ترانزستورين أو أكثر فوق بعضهما البعض، وخواص هذا الخرج

- سرعة أداؤه عالية.
- له حالتان فقط (عالية - منخفضة).
- لا يحتاج إلى توصيل خارجي بجهد المصدر.
- يكون جهد الخرج إما 5V أو صفر ولا يمكن تغيرهما.
- لا يمكن توصيل عدة مخارج لعدة أبواب بصورة مباشرة.

٣. الخرج ذو الثلاث حالات

ولهذا الخرج ثلاث حالات فقط هي:

- عالي (+5V)
- منخفض (0V)
- مقاومة عالية جداً (Z)

ويستخدم هذا النوع من المخارج في دوائر العزل لمسارات العناوين والبيانات للحاسب الآلي.

عائلة CMOS

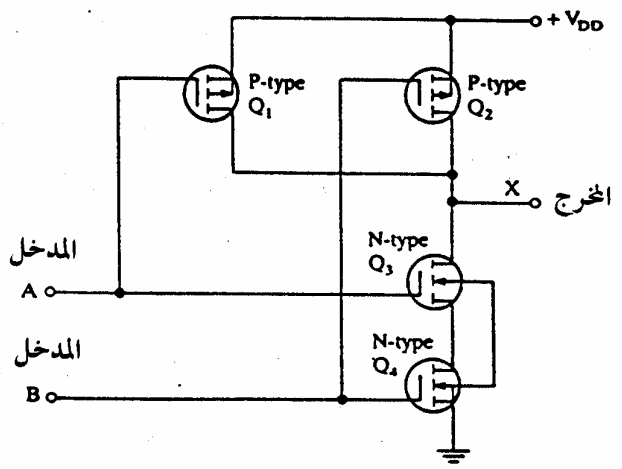
يتم استخدام ترانزستورات تأثير المجال من نوع MOSFET في بناء هذه الدوائر المتكاملة حيث تمتاز هذه الشرائح بما يلي:

- مدى كبير لجهد الدخل.
- استهلاك صغير جداً للطاقة.
- المدى الحراري الكبير.

ويوجد عدد سلاسل من هذه العائلة ومن أشهرها سلسلة 4XXX. وينبغي مراعاة ما يلي عند التعامل مع الشرائح الإلكترونية من نوع CMOS.

- تناول دوائر CMOS بحرص لكي لا تنتقل الشحنات الاستاتيكية وتتلف الدائرة. ولذلك يجب دائماً وضعها في غلافها العازل مع لبس أداة تساعد على تفريغ الشحنات الاستاتيكية من الجسم.
- لا يجب ترك أي مدخل من المداخل غير مستعملاً بل يجب توصيله إما بالموجب أو بالأرضي.
- التأكد من توصيل الدائرة بصورة صحيحة. خصوصاً المصدر الموجب (V_{DD}) والسالب (V_{SS}) حيث يتسبب عكس التوصيل تلف الدائرة بصورة دائمة.

والشكل (١٠ -٥) يبين التركيب الداخلي لبوابة NAND


+ V_{DD}
P-type
Q_1
P-type
Q_2
X
المخرج
المدخل
A
N-type
Q_3
المدخل
B
N-type
Q_4

شكل(١٠ -٥)

أساسيات الكهرباء والإلكترونيات

مكبر العمليات وتطبيقاته

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة:

التعرف على فكرة عمل مكبر العمليات و تطبيقاته.

الأهداف:

عندما تكمل هذه الوحدة تكون قادراً على:

١. تعريف مكبر العمليات
٢. استخدام مكبر العمليات كمكبر إشارة.
٣. استخدام مكبر العمليات كجامع إشارة.

مستوى الأداء المطلوب:

أن لا تقل نسبة إتقان هذه الجدارة عن ٨٠٪.

الوقت المتوقع للتدريب:

٤ ساعات دراسية.

الوسائل المساعدة:

تنفيذ التدريبات العملية في المعمل.

متطلبات الجدارة:

الإلمام بنظرية عمل الدوائر الكهربية.

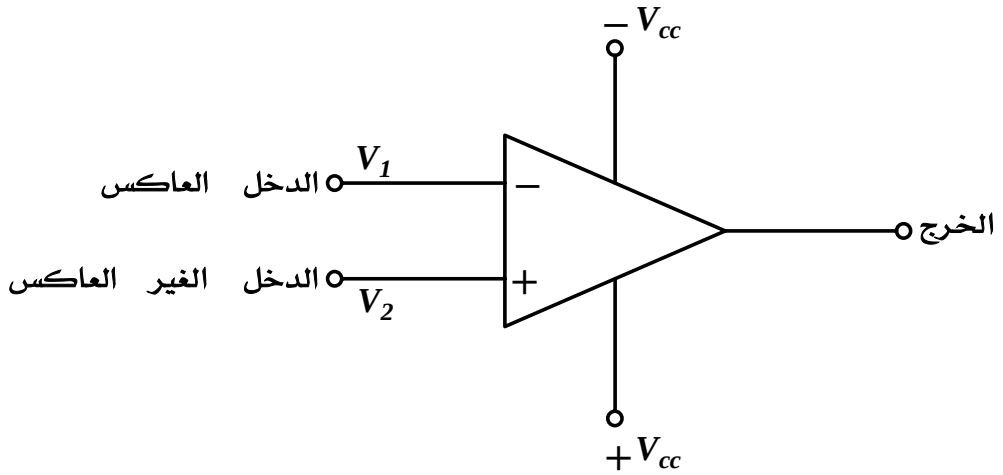
مكبر العمليات

١١ -١مقدمة:

يعتبر مكبر العمليات من أشهر الدوائر التكاملية وأشيعها استخداماً في كثير من الدوائر الإلكترونية المستخدمة في هذه الأيام. ولقد سمي بذلك لكثرة العمليات التي يستخدم فيها.

١١ -٢ تركيب مكبر العمليات

إن مكبر العمليات هو نظام إلكتروني له دخلين V_1 ، V_2 وخرج واحد هو V_O الرمز المشهور له موضح في الشكل (١).



شكل(١١ -١)

خرج مكبر العمليات هو عبارة عن الفرق بين قيمة كل من الجهدين V_1 ، V_2 ، الموجودين على طرفي الدخل مضروباً في معامل التكبير لهذا المكبر A_O ويمكن كتابة هذا الخرج كالتالي:

$$V_O = A_O(V_2 - V_1) \quad \text{.....(١١ -١)}$$

في المعادلة رقم (١) إذا وضعنا $V_O = 0$ فإن الخرج يصبح

$$V_O = A_O V_2 \quad \text{.....(١١ -٢)}$$

أما إذا وضعنا $V_2 = 0$ فإن الخرج يصبح

$$V_O = -A_O V_1 \quad \text{.....(١١ -٣)}$$

المعادلتان 3 , 2 معناهما أن أي جهد موجب على الطرف V_2 يعطي في الخرج جهد موجب أيضاً. أما المعادلة (3) فمعناها أن أي جهد موجب على الدخل V_1 يعطي جهد سالب في الخرج نتيجة لوجود الإشارة السالبة لذلك فإن الدخل V_1 عادة يسمى الدخل العاكس والدخل V_2 يسمى الدخل غير العاكس.

و عندما نتكلم عن خواص مكبر العمليات فإننا فسوف نفرق بين مكبر العمليات المثالي ومكبر العمليات الغير مثالي مع العلم أن المكبر المثالي لا يمكن بناؤه.

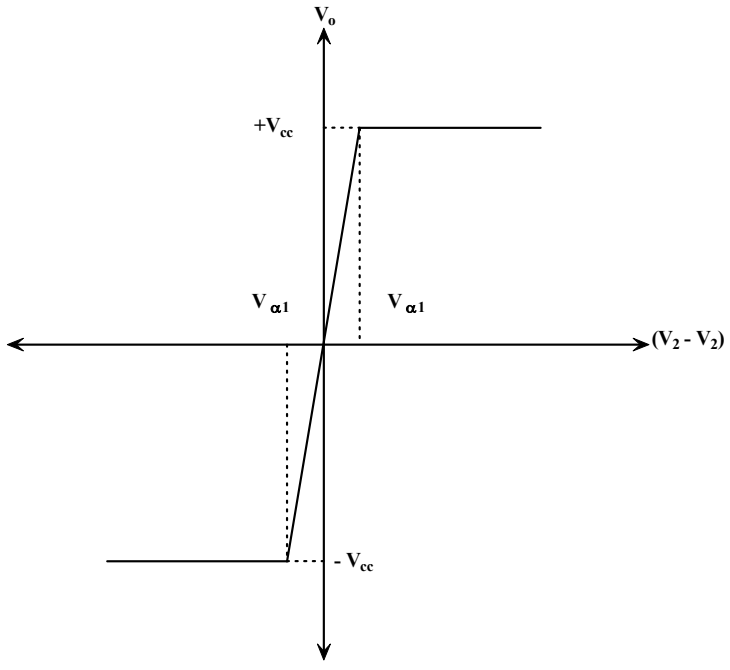
وهذه الخواص يمكن تلخيصها كالتالي:

الخاصية	المكبر المثالي	المكبر الغير مثالي
معامل التكبير	ما لانهاية	حوالي 400.000
مقاومة الدخل	ما لانهاية	من 10MΩ : 80MΩ
مقاومة الخرج	صفر	من 10Ω : 100Ω

مكبر العمليات كأي دائرة إلكترونية يحتاج إلى مصدر الطاقة لتشغيله، ومكبر العمليات له طرفان لتوصيل مصدر الطاقة ودائماً ما يحتاج إلى مصدر طاقة مزدوج أي سالب وموجب في نفس الوقت.

والشكل (١١ -١) يوضح الطرفين المستخدمين لتوصيل مصدر الطاقة.

مكبر العمليات يمتاز بأن خرجه V_O يتغير تغيراً خطياً بالنسبة لتغير الفرق بين الدخلين $(V_2 - V_1)$ كما هو موضح بالشكل (١١ -٢).

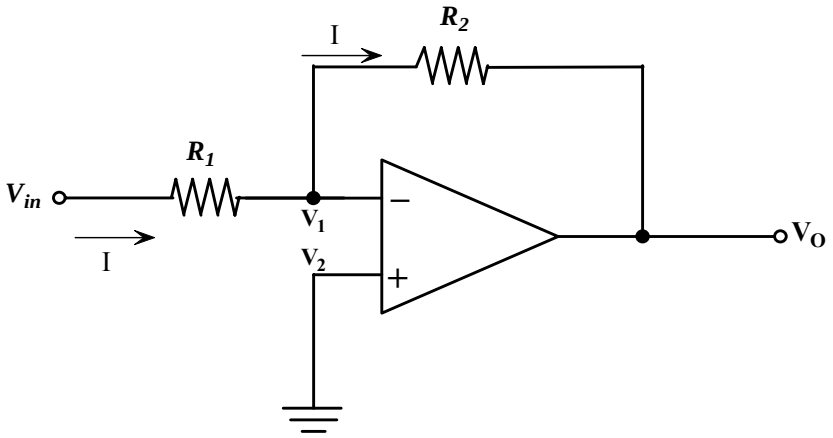


شكل(١١ -٢)

وفي هذا الشكل نلاحظ أن V_O يتغير خطياً مع $(V_2 - V_1)$ طالما أن الأخير له قيمة صغيرة جداً (حوالي واحد مللي فولت) أما إذا زاد الفرق $(V_2 - V_1)$ عن $V\alpha 1$ أو $V\alpha 2$ فإن خرج المكبر يصل إلى درجة التشبع ويثبت عند قيمة جهد مصدر الطاقة الخاص به وهو إما $+V_{CC}$ أو $-V_{CC}$ وذلك حسب إشارة $(V_2 - V_1)$. كما نعلم فإن كل نوع من أنواع التطبيقات يحتاج إلى معامل تكبير معين، وكما رأينا فإن مكبر العمليات له معامل تكبير محدد وكبير جداً وغير قابل للتغيير.

وللتغلب على ذلك فإنه من الضروري إضافة بعض المكونات الخارجية مثل المقاومات والمكثفات على حسب التطبيقات التي سيستخدم فيها مكبر العمليات.

١١ -٣ دائرة مكبر العاكس



شكل(١١ -٣)

الشكل (١١ -٣) يوضح دائرة مبسطة لمثل هذا المكبر. ومن الممكن حساب معامل التكبير $\frac{V_O}{V_{in}}$ لهذه الدائرة كما يلي:

$$\frac{V_O}{V_{in}} = \frac{-R_2}{R_1} \qquad \text{.....(١١ -٤)}$$

$$V_O = -V_{in}\frac{R_2}{R_1} \qquad \text{.....(١١ -٥)}$$

نلاحظ أن R_1, R_2 هي مكونات خارجية يمكن تغيير قيمتها على حسب الرغبة وعلى ذلك فإن معامل التكبير أصبح من الممكن التحكم فيه وذلك بتغير أيٍ من R_1 أو R_2 . ونلاحظ أيضاً أن معامل التكبير الجديد لا يعتمد تقريباً على قيمة التكبير A_O الخاص بمكبر العمليات.

ملاحظة مهمة يجب أخذها في الاعتبار من المعادلة (7) وهي أن A_O كما نعلم كبيرة جداً. وعلى ذلك فإن قيمة V_1 ستكون صغيرة جداً وتقارب الصفر تقريباً، أو بمعنى أصح فإن قيمة V_1 تقارب V_2 تقريباً ولا تساويها تماماً و إلا كان الخرج صفر. لذلك فإن من المفيد في كثير من الأحيان خاصة في تحليل دوائر المكبر التشغيلي أو مكبر العمليات أن نفترض أن النقطتين V_1 ، V_2 متساويتان تقريباً. لذلك فإن النقطة V_1 عادةً تسمى الأرضي التخيلية على اعتبار أن V_2 هي الأرضي الحقيقية.

مثال١

حدد مقدار مقاومة R_F اللازمة لجعل معامل التكبير يساوي -100

الحل:

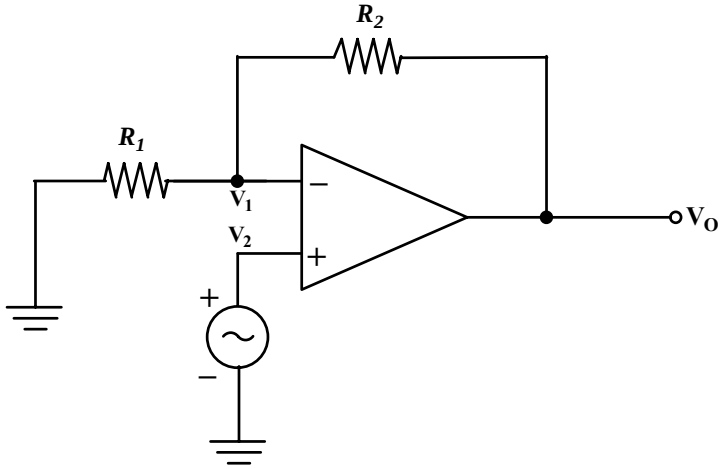
$$A = \frac{R_F}{R_i}$$

$$R_F = AR_i$$

$$R_F = -100(2.2K\Omega)$$

$$R_F = 220K\Omega$$

١١ -٤ دائرة المكبر غير العاكس



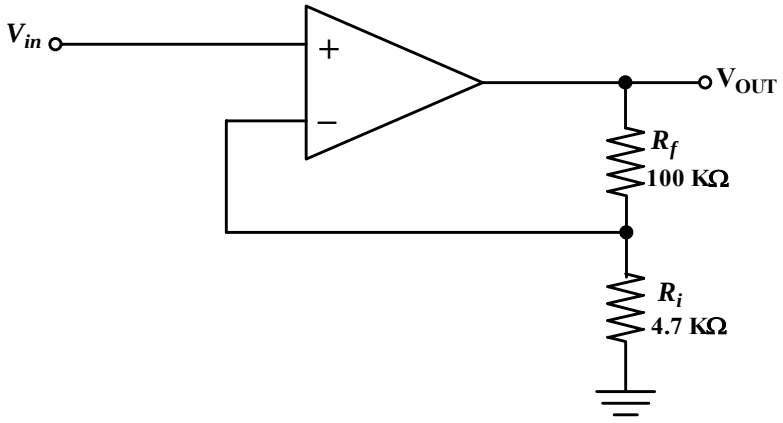
شكل(١١ -٤)

الشكل (١١ -٤) يوضح دائرة المكبر غير العاكس وفيما يلي سنحاول الحصول على معامل التكبير لهذه الدائرة:

$$\frac{V_O}{V_{in}} = 1 + \frac{R_2}{R_1} \qquad \text{.....(١١ -٦)}$$

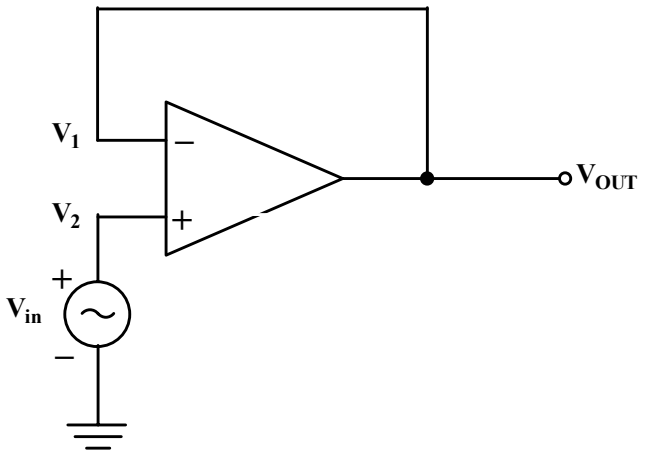
نلاحظ أن معامل التكبير هذا دائماً موجب وأكبر من الواحد الصحيح وهناك فرق مهم جداً بين دائرتي المكبر العاكس والمكبر غير العاكس وهو أن مقاومة الدخل في حالة المكبر العاكس هي المقاومة R_1 فقط ولذلك يجب دائماً العمل على اختيار R_1 كبيرة بقدر الإمكان.

بينما مقاومة الدخل في المكبر غير العاكس هي مقاومة دخل مكبر العمليات نفسه. وكما نعلم فإن هذه المقاومة كبيرة جداً وهذه ميزة تستخدم في كثير من التطبيقات.



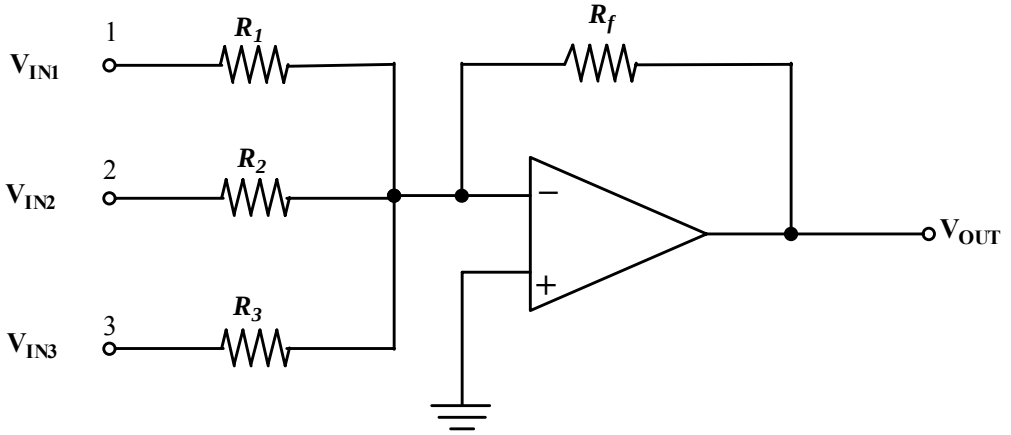
شكل(١١ -٥)

في المعادلة رقم (١١ -٦) والشكل رقم (١١ -٤)إذا وضعنا $R_2 = 0$ ، $R_1 = \infty$ فإننا نحصل على الدائرة المبينة في الشكل (١١ -٥). هذه الدائرة لها معامل تكبير يساوي الواحد الصحيح وتمتاز بأن مقاومة الدخل التي يراها مصدر الإشارة V_{in} كبيرة جداً وهي مقاومة دخل مكبر العمليات. وهذه الميزة تجعل هذه الدائرة ملائمة جداً للاستخدام كفاصل أو عازل بين الدوائر المختلفة لما لها من ميزة كبر مقاومة الدخل وصغر مقاومة الخرج.



شكل(١١ -٦)

١١ -٥ دائرة الجامع



شكل(١١ -٧)

كثير من الأحيان نكون مطالبين بتجميع أكثر من إشارة في خرج واحد. فمثلاً في حالة التسجيل الصوتي على مسرح يكون هناك أكثر من ميكروفون موضوعين في أماكن مختلفة على خشبة المسرح ويراد تجميع هذه الإشارات في خرج واحد مع مراعاة أن يكون لكل إشارة معامل تكبير مستقل يمكن التحكم فيه لإظهارها أو إخفائها على حسب الحاجة دون التأثير على بقية الدخول. كما هو موضح في الشكل رقم (١١ -٦).

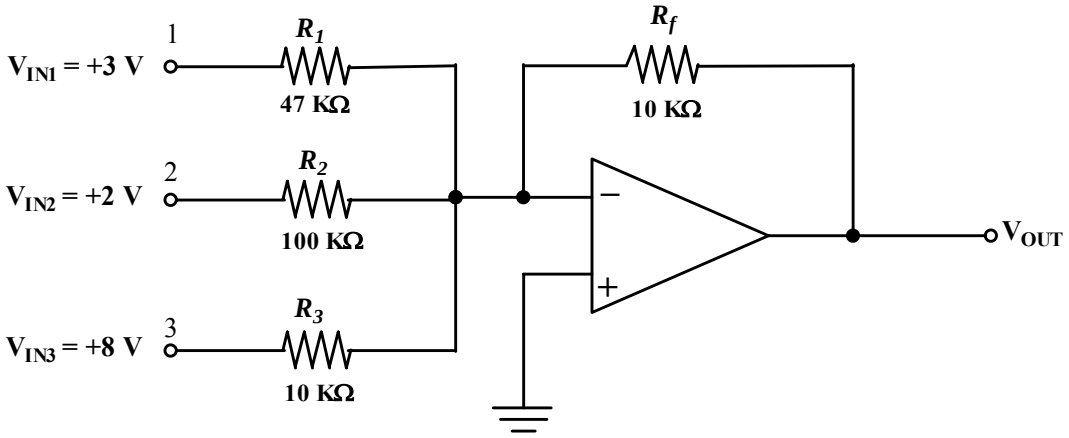
ويمكن إيجاد معامل التكبير كما يلي:

$$V_O = \left(\frac{R_F}{R_1} V_{in1} + \frac{R_F}{R_2} V_{in2} + \ldots\ldots\ldots + \frac{R_F}{R_n} V_{in}\right) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (١١ -٧)$$

من المعادلة يمكننا ملاحظة أنه يمكننا التحكم في معامل التكبير وجعله كبيراً أو صغيراً على حسب الرغبة. ويلاحظ أيضاً أن تغير أي معامل تكبير لن يؤثر على أي معامل تكبير آخر وهذا معناه أن مشكلة التداخل غير موجودة.

مثال٣

أوجد جهد الخرج للدائرة التالية شكل(١١ -٨):



شكل(١١ -٨)

الحل:

$$W_1 = \frac{R_F}{R_1} = \frac{10K\Omega}{47K\Omega} = 0.213$$

$$W_2 = \frac{R_F}{R_2} = \frac{10K\Omega}{100K\Omega} = 0.100$$

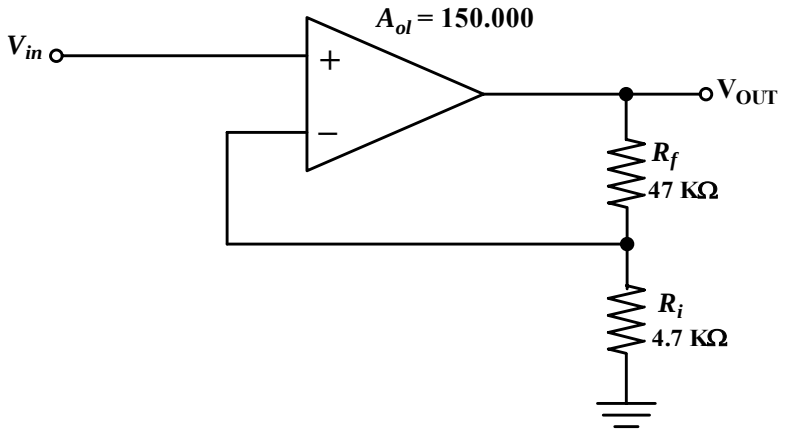
$$W_3 = \frac{R_F}{R_3} = \frac{10K\Omega}{10K\Omega} = 1$$

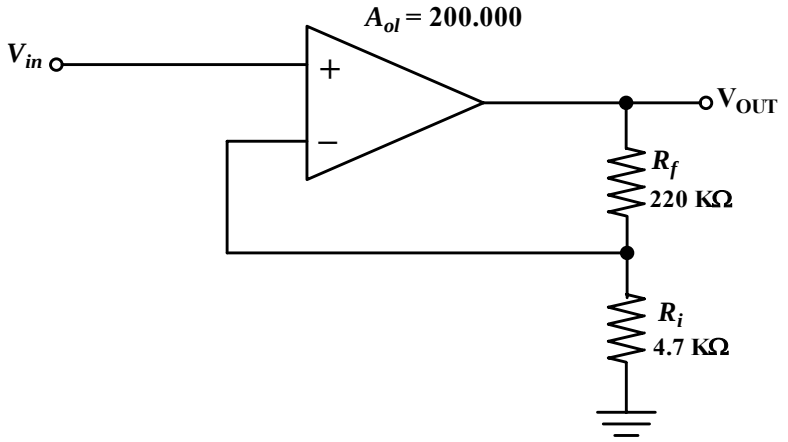
$$V_{out} = -[0.213(3v) + 0.1(2v) + 1(8v)]$$

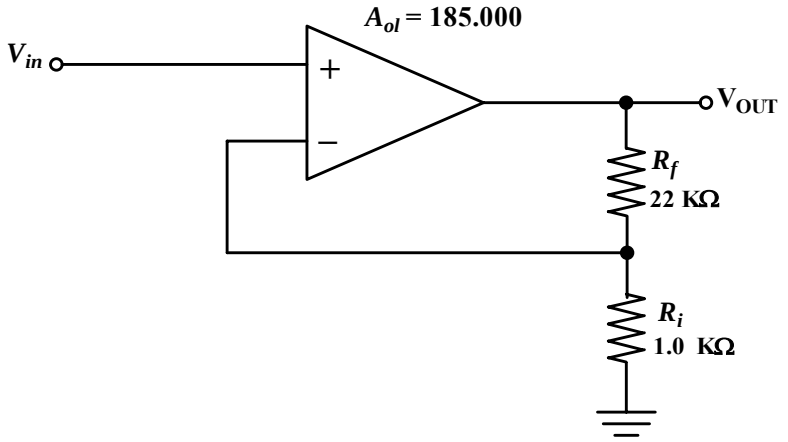
$$V_{out} = -8.84v$$

تمارين

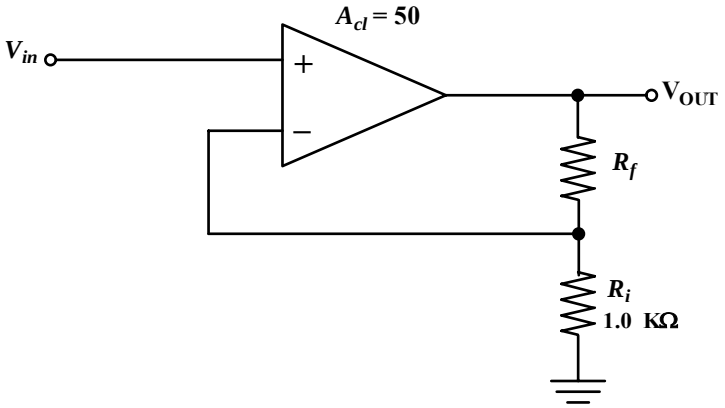
١. أوجد معامل الكسب لمكبر العمليات في الدوائر التالية:

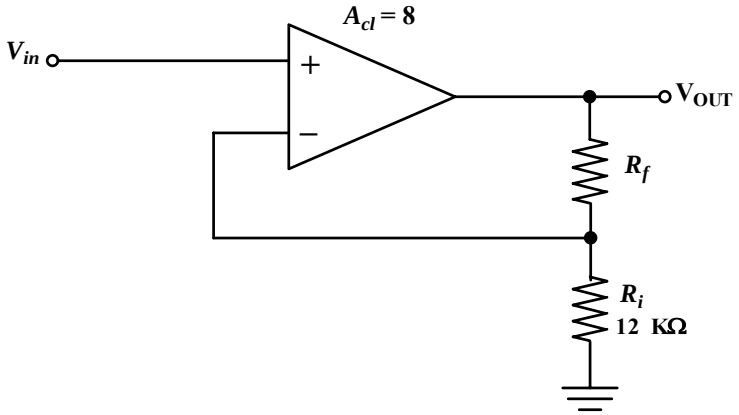


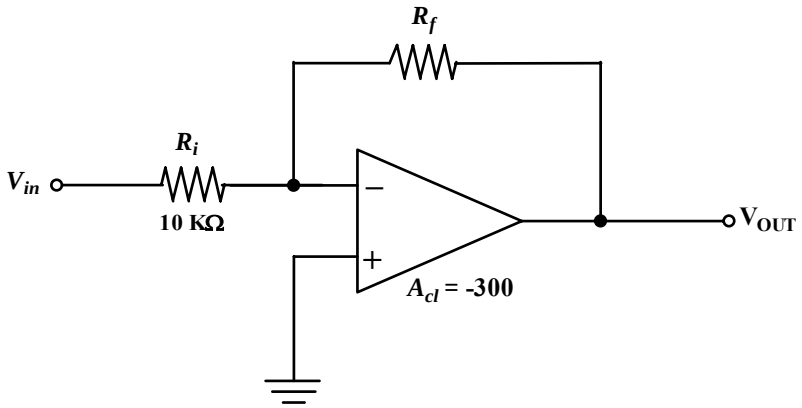


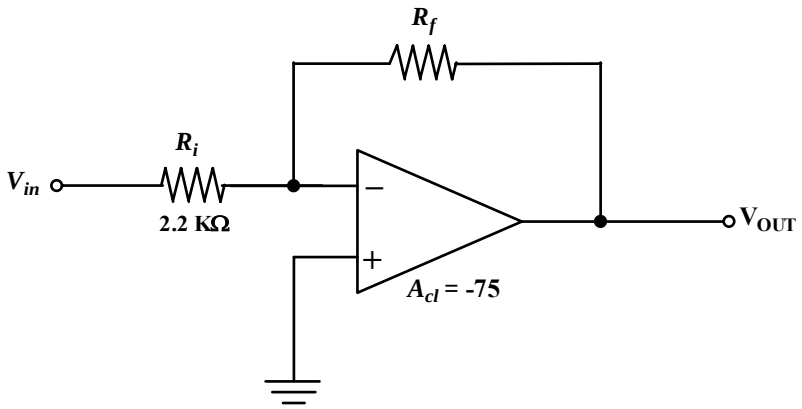


٢. أوجد قيمة المقاومة R_f لكي يعطي مكبر العمليات الكسب المطلوب A_{cl}









١. " الأسس النظرية لتكنولوجيا الكهرباء" كريكور سيروب ، منذر نعمان بكر

٢. " مبادئ الإلكترونيات" البرت مالفينو

٣. " أساسيات الإلكترونيات" أي أن لورج

4. "Electric Circuits Fundamentals"
Thomas Floyd

5. "Electronic Devices "
Thomas Floyd

مقدمة

الوحدة الأولى : الكميات و العناصر الكهربائية ١

الشحنة الكهربية ٢

الجهد الكهربي ٤

التيار الكهربي ٥

المقاومة الكهربية ٦

الدائرة الكهربائية ٧

تمارين ٨

الوحدة الثانية : قانون أوم ٩

قانون اوم ١٠

تطبيقات قانون اوم ١٢

الطاقة والقدرة في الدوائر الكهربية ١٤

تمارين ١٦

الوحدة الثالثة : دوائر التيار المستمر المحتوية على مقاومات ١٨

دوائر المقاومات على التوالي ١٨

قانون كيرشوف للجهد ١٩

تقسيم الجهد ٢٠

القدرة في دوائر التوالي	٢١
توصيل المقاومات على التوازي	٢٢
قانون كيرشوف للتيار	٢٣
تقسيم التيار	٢٥
القدرة في دوائر التوازي	٢٦
دوائر التوازي والتوالي	٢٧
تمارين	٣١
الوحدة الرابعة: المكثفات	٣٣
التركيب الاساسي للمكثفات	٣٣
انواع المكثفات	٣٣
نظرية عمل المكثفات	٣٦
توصيل المكثفات	٣٩
تمارين	٤٠
الوحدة الخامسة: دوائر التيار المتغير	٤٣
توليد التيار المتغير	٤٣
دورة الموجة الجيبية	٤٤
مصطلحات ومفاهيم اساسية	٤٩
دوائر التيار المتغير	٤٩

تمارين ٥٥

الوحدة السادسة : أشباه الموصلات ٥٧

الكترون التكافؤ والكترون الحر ٥٧

المادة نوع N ٦٠

المادة نوع P ٦١

تمارين ٦٣

الوحدة السابعة : الموحدات وتطبيقاتها ٦٤

الانحياز الامامي لثنائي الوصلة ٦٧

الخواص الامامية والعكسية ٦٨

أستخدامات الموحدات ٦٩

تمارين ٧٥

الوحدة الثامنة : الترانزستور ثنائي القطبية ٧٦

طريقة عمل الترانزستور ٧٩

منحنيات خواص الترانزستور ٨٤

تمارين ٨٨

الوحدة التاسعة : ترانزستور تأثير المجال ٩٠

تركيب ترانزستور تاثير المجال ٩٠

خصائص ترانزستور تاثير المجال ٩٢

تمارين ٩٥

الوحدة العاشرة: الشرائح الإلكترونية ٩٧

الوحدة الحادية عشر: مكبر العمليات وتطبيقاته ١٠٣

تركيب مكبر العمليات ١٠٢

تمارين ١١١

المراجع ١١٣

تقدر المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني الدعم

المالي المقدم من شركة بي آيه إي سيستمز (العمليات) المحدودة

GOTEVOT appreciates the financial support provided by BAE SYSTEMS