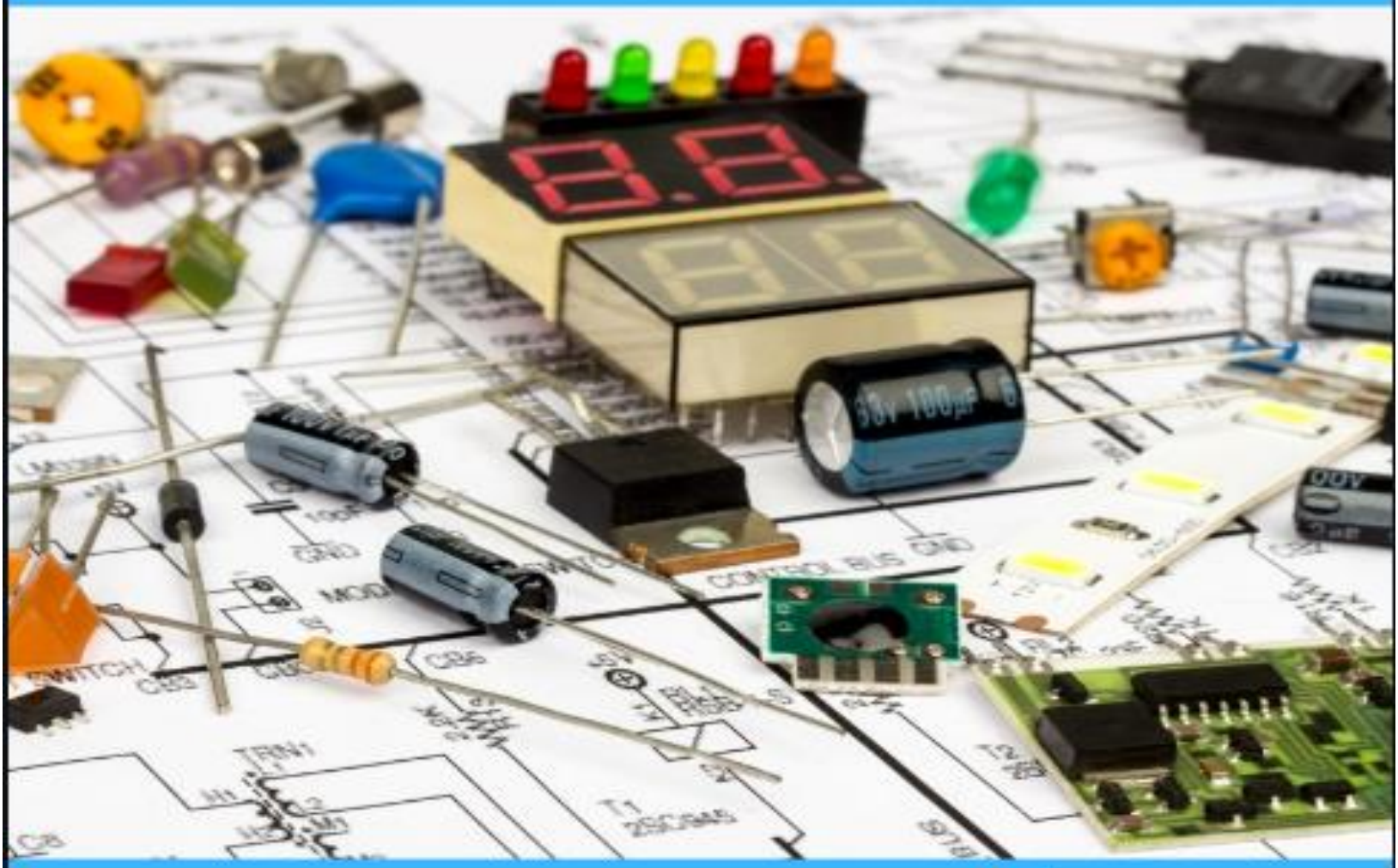
أساسيات الإلكترونيات



الجزء الأول
(مقدمة في الإلكترونيات)

د. يوسف فايز السعداوي

كلية الهندسة الزراعية - جامعة الأزهر

المـــؤلـــــف: **د. يوسف فايز السعداوي**

تصميم الغلاف: **د. يوسف فايز السعداوي**

النـــاشـــــــر: **دار الوهيبي للطباعة**

جميع الحقوق محفوظة للمؤلف، لايجوز نســـخ أو طباعة هذا الكتاب أو أي جزء منه إلا بعد الحصول علي موافقة خطية مكتوبة من المؤلف، حتي لا تتعرض للمسائلة القانونية.

رقم الإيـــداع: **8859 / 2024 م**

الترقيم الدولي: **978-977-8802-13-9**

المقدمة

بسم الله والصلاة والسلام علي رسول الله، لا يخفي علي أحد أهمية ومدي انتشار الإلكترونيات في كل مجالات الحياة، سواء العلمية، الزراعية، الصناعية، الترفيهية،،،،إلخ.

لذلك لابد من الإهتمام بتدريس وتعليم الإلكترونيات ولغات البرمجة للطلاب والدارسين في كل مراحل التعليم خاصة في الكليات العملية والتطبيقية.

لذلك يعتبر هذا الكتاب بداية جيدة ومقدمة هامة للمبتدئين والطلاب في الإلكترونيات وقد راعيت فيه البساطة في الأسلوب والتدرج في الشرح ليكون سهلا في الفهم. وسيتبع بإذن الله بأجزاء أخري مكملة لمافيه وشارحة لما غفل عنه.

الكمال لله وحده، لذا ماوجدت به من صواب وخير فمن الله سبحانه، وما به من خطأ فمني ومن الشيطان وسيتم تداركه في الطبعات والأجزاء اللاحقة بإذن الله.

د. يوسف فايز السعداوي

١٢ رمضان ١٤٤٥ هجرية

الفهرس

Table of Contents

١ البناء الذري والكهرباء ١

١,١ الموصلات ، أشباه الموصلات، والعوازل..... ٦

١,٢ التيار Current ١٠

١,٣ فرق الجهد ١١

1.3.1 المقاومة Resistance ١٣

١,٤ القدرة والطاقة ١٥

٢ التيار المستمر**Direct current** ١٥

2.1 قانون أوم Ohm's law ١٧

٢,٢ قوانين دائرة كيرشوف Kirchhoff's Circuit Laws..... ٢٠

٢,٢,١ **قانون كيرشوف الأول – قانون التيار** (KCL) Kirchhoff's First Law – The Current Law, (KCL)..... ٢٠

٢,٢,٢ **قانون كيرشوف الثاني: قانون الجهد** (KVL) Kirchhoff's Second Law: The Voltage Law (KVL)..... ٢٣

1 نظم الأعداد Number System ٣٢

1.1 نظام الأعداد العشرية (نظام الأعداد ذات الأساس ١٠) ٣٣

١,٢ نظام الأعداد الثنائي Binary Number System..... ٣٧

١,٣ نظام الأعداد الثماني Octal Number System ٤٧

1 قياس واختبار المكونات الإلكترونية ٥٨

١,١ الطرق العامة لاختبار المكونات الإلكترونية General methods for electronic components testing ٥٩

١,١,١ **طريقة الفحص البصري** The Visual Inspection method ٥٩

١,١,٢ استخدام أجهزة الاختبار Using the test Devices ٦٠
١,٢ القياس بالمالتيمتر Components testing by a digital multimeter ٦٣
١ المقاومات **Resistors** ٧٩
٢ المكثفات ٩٦
3 الملفات (المحثات) **Inductors** ١١٦
1 الثنائيات (الدايوود)**Diodes** ١٣٣
٢ الترانزسيستور **Transistor** ١٥٣
١ منظمات الجهد **Voltage Regulators ICs** ١٧٤

الباب الأول

التيار المستمر ودوائره

١ البناء الذري والكهرباء

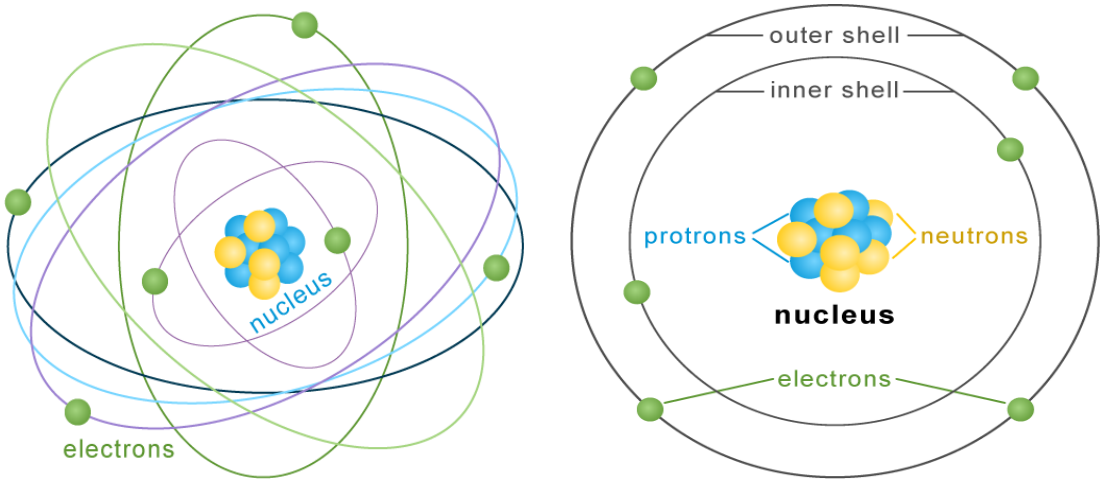
لفهم أساسيات الكهرباء، علينا أن نبدأ بالتركيز على الذرات، وهي واحدة من اللبنات الأساسية للحياة والمادة. توجد الذرات في أكثر من مائة شكل مختلف كعناصر كيميائية مثل الهيدروجين والكربون والأكسجين والنحاس. يمكن للذرات بمختلف أنواعها أن تتحد لتكوين جزيئات، والتي تبني المادة التي يمكننا رؤيتها ولمسها جسديًا.

الذرات صغيرة الحجم، وتمتد بحد أقصي يصل إلى حوالي ٣٠٠ بيكومتر (أي $3x10^{-10}$ or 0.0000000003 meters).

حتى الذرة ليست صغيرة بما يكفي لشرح طريقة عمل الكهرباء. نحن بحاجة إلى الغوص في مستوى آخر وإلقاء نظرة على الوحدات البنائية للذرات: البروتونات والنيوترونات والإلكترونات.

اللبنات الأساسية للذرات

تتكون الذرة من مزيج من ثلاثة جسيمات متميزة: الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات. تحتوي كل ذرة على نواة مركزية، حيث تتجمع البروتونات والنيوترونات معًا بكثافة. تحيط بالنواة مجموعة من الإلكترونات التي تدور حولها.



شكل ١: التركيب البنائي للذرة.

البروتونات:

يجب أن تحتوي كل ذرة على بروتون واحد على الأقل. إن عدد البروتونات في الذرة مهم لأنه يحدد العنصر الكيميائي الذي تمثله الذرة. على سبيل المثال، الذرة التي تحتوي على بروتون واحد فقط هي الهيدروجين،

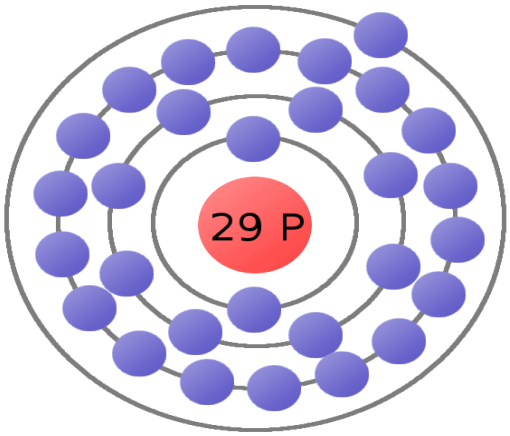
والذرة التي تحتوي على ٢٩ بروتونًا هي النحاس، والذرة التي تحتوي على ٩٤ بروتونًا هي البلوتونيوم. ويسمى هذا العدد من البروتونات بالعدد الذري للذرة. البروتونات موجبة الشحنة.

النيوترونات:

تخدم النيوترونات، شريكة البروتونات في النواة، غرضًا مهمًا؛ فهي تحافظ على البروتونات في النواة وتحدد نظير الذرة. إنها ليست ضرورية لفهمنا للكهرباء. النيوترونات متعادلة الشحنة.

الإالكترونات:

تلعب الإلكترونات دورًا حاسمًا في عمل الكهرباء (هل لاحظت وجود سمة مشتركة في أسمائها؟ Electricity and Electrons) في حالتها الأكثر استقرارًا وتوازنًا، سيكون للذرة عدد إلكترونات مساو لعدد البروتونات الموجودة في النواة. كما هو الحال في نموذج بور للذرة أدناه، فإن النواة التي تحتوي على ٢٩ بروتونًا (مما يجعلها ذرة نحاس) محاطة بنفس العدد من الإلكترونات (٢٦ إلكترون).



شكل٢: ذرة النحاس.

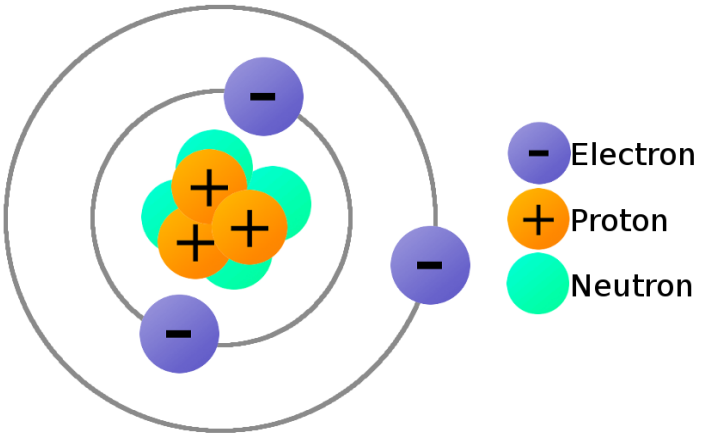
ليست جميع إلكترونات الذرة مرتبطة بالذرة إلى الأبد. تسمى الإلكترونات الموجودة في المدار الخارجي للذرة بإلكترونات التكافؤ. وبوجود قوة خارجية كافية، يستطيع إلكترون التكافؤ الهروب من مدار الذرة ويصبح حرًا. وبحركة الإلكترونات يتم انتقال الشحنات وهي مايعرف بالكهرباء.

الشحنات:

كما ذكرنا، يتم تعريف الكهرباء على أنها تدفق الشحنات الكهربائية. الشحنة هي خاصية للمادة، مثلها مثل الكتلة أو الحجم أو الكثافة وهي قابلة للقياس. تمامًا كما يمكنك تحديد مقدار كتلة شيء ما، يمكنك قياس مقدار

الشحنة التي يحملها. المفهوم الأساسي للشحنة هو أنها يمكن أن تأتي في نوعين: موجب (+) أو سالب (-).

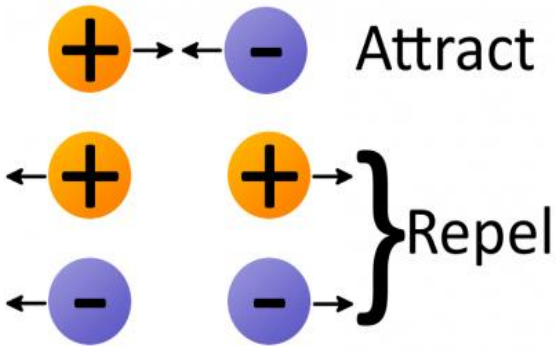
من أجل تحريك الشحنة، نحتاج إلى حاملات الشحنة charge carriers، وهنا تصبح معرفتنا بالجسيمات الذرية - وخاصة الإلكترونات والبروتونات - مفيدة. تحمل الإلكترونات دائمًا شحنة سالبة، بينما تحمل البروتونات دائمًا شحنة موجبة. النيوترونات (طبقًا لاسمها) محايدة neutral، وليس لها شحنة. تحمل كل من الإلكترونات والبروتونات نفس كمية الشحنة، ولكن نوعًا مختلفًا فقط.



شكل ٤: نموذج لذرة الليثيوم (٣ بروتونات) مع تسمية الشحنات.

القوة الكهروستاتيكية

القوة الكهروستاتيكية (وتسمى أيضًا قانون كولوم) هي القوة التي تعمل بين الشحنات. تنص على أن الشحنات من نفس النوع تتنافر، بينما الشحنات من الأنواع المتضادة تتجاذب معًا. الأضداد تتجاذب، والأمثال تتنافر.



شكل ٥: تجاذب وتنافر الشحنات.

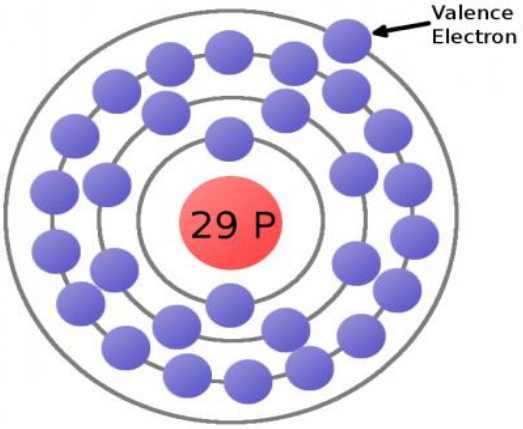
يعتمد مقدار القوة المؤثرة على شحنتين على مدى بعدهما عن بعضهما البعض. كلما اقتربت الشحنتان، زادت القوة (إما الجذب أو التنافر).

بفضل القوة الكهروستاتيكية، ستدفع الإلكترونات الإلكترونات الأخرى بعيدًا وتنجذب إلى البروتونات (أو إلي الشحنات الموجبة). هذه القوة هي جزء من "الغراء" الذي يربط الذرات معًا، ولكنها أيضًا الأداة التي نحتاجها لجعل الإلكترونات (والشحنات) تتدفق!

تدفق الشحنات

لدينا الآن جميع الأدوات اللازمة لتدفق الشحنات. يمكن للإلكترونات الموجودة في الذرات أن تعمل كحامل للشحنة، لأن كل إلكترون يحمل شحنة سالبة. إذا تمكنا من تحرير إلكترون من الذرة وإجباره على الحركة، فيمكننا توليد الكهرباء.

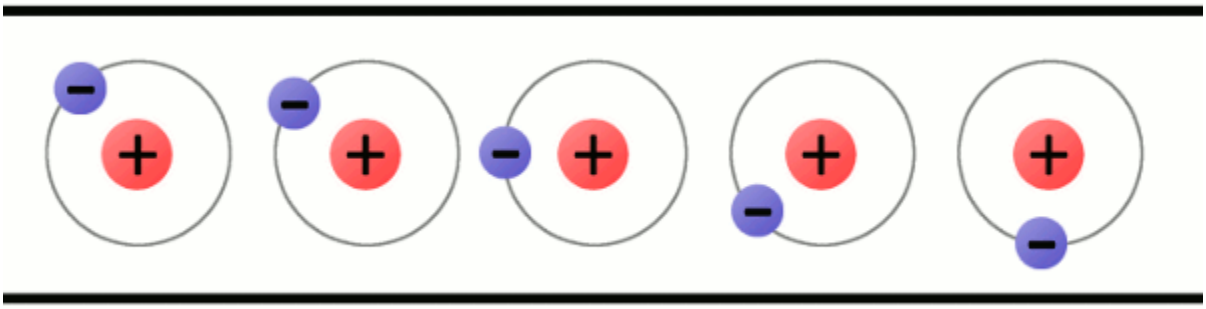
خذ بعين الاعتبار النموذج الذري لذرة النحاس، وهو أحد المصادر العنصرية المفضلة لتدفق الشحنة. في حالته المتوازنة، يحتوي النحاس على ٢٩ بروتونًا في نواته وعددًا متساويًا من الإلكترونات تدور حوله. تدور الإلكترونات على مسافات مختلفة من نواة الذرة. الإلكترونات الأقرب إلى النواة تتعرض لجاذبية أقوى بكثير نحو المركز من تلك الموجودة في المدارات البعيدة. تسمى الإلكترونات الخارجية للذرة بإلكترونات التكافؤ، وهي تتطلب أقل قدر من القوة لتحررها من الذرة.



شكل ٦: ذرة النحاس.

باستخدام ما يكفي من القوة الكهروستاتيكية على إلكترون التكافؤ - إما دفعه بشحنة سالبة أخرى أو جذبه بشحنة موجبة - يمكننا إخراج الإلكترون من المدار حول الذرة لتكوين إلكترون حر.

الآن فكر في سلك نحاسي: مادة مملوءة بعدد لا يحصى من ذرات النحاس. عندما يطفو إلكتروننا الحر في الفضاء بين الذرات، فإنه يتم سحبه وتحفيزه بواسطة الشحنات المحيطة في ذلك الفضاء. وفي هذه الفوضى، يجد الإلكترون الحر في نهاية المطاف ذرة جديدة ليتمسك بها؛ ومن خلال القيام بذلك، تقوم الشحنة السالبة لهذا الإلكترون بإخراج إلكترون تكافؤ آخر من الذرة. الآن ينجرف إلكترون جديد عبر الفضاء الحر متطلعًا إلى القيام بنفس الشيء. يمكن أن يستمر هذا التأثير المتسلسل ليخلق تدفقًا من الإلكترونات يسمى التيار الكهربائي.



.شكل ٧: نموذج مبسط للغاية للشحنات التي تتدفق عبر الذرات لتكوين تيار.

توزيع الإلكترونات حول النواة

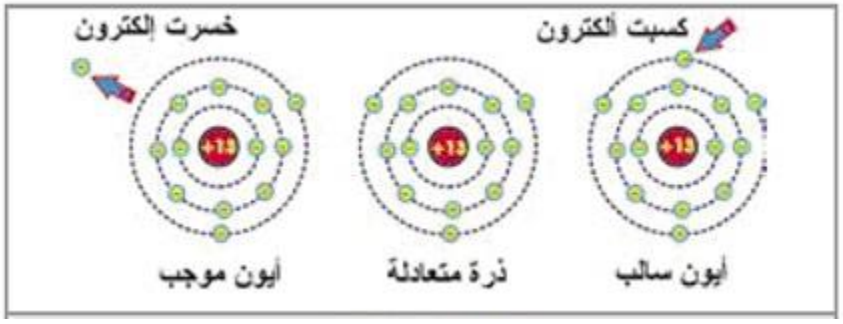
تختلف العناصر عن بعضها من حيث وزنها وصفاتها باختلاف تكوين ذرة كل عنصر منها. وتختلف ذرة أي عنصر عن ذرة عنصر آخر في عدد بروتوناتها ونيوتروناتها وإلكتروناتها. أما عدد المدارات التي تدور فيها الإلكترونات حول النواة فيعتمد على عدد إلكترونات الذرة. ولكل مدار من هذه المدارات سعة قصوى من الإلكترونات. ولكن يمكن أن يتواجد في أي مدار عدد من الإلكترونات أقل من سعته القصوى . والسعة القصوى لكل مدار هي للمدار الأول ٢ إلكترون و للمدار الثانى ٨ إلكترون وللمدار الثالث ١٨ إلكترون وللمدار الرابع ٣٢ إلكترون، وتعطى السعة القصوى من الإلكترونات لكل مدار بالقانون:

السعة القصوى من الإلكترونات في المدار = ٢×(رقم المدار)^{٢}

الأيونات (IONS)

تكون الذرة متعادلة كهربائيا عندما يكون عدد إلكتروناتها مساويا لعدد بروتوناتها. أما إذا فقدت هذه الذرة إلكترونا واحدا أو أكثر، يصبح عدد بروتوناتها الموجبة أكثر من عدد إلكتروناتها السالبة. وتصبح الذرة مشحونة بشحنة كهربائية موجبة، وتسمى عندئذ أيونا موجبا. أما إذ اكتسبت الذرة إلكترونا واحدا أو أكثر فإنها تصبح مشحونة بشحنة سالبة، وتسمى عندئذ أيونا سالبا، لاحظ الشكل (٨). والأيونات السالبة والموجبة هي

الأساس في حدوث تيار كهربي سواء في الغازات أو في المحاليل الإلكتروليتية (المحاليل المتأينة الموصلة لتيار الكهربي).



شكل ٨: الأيونات.

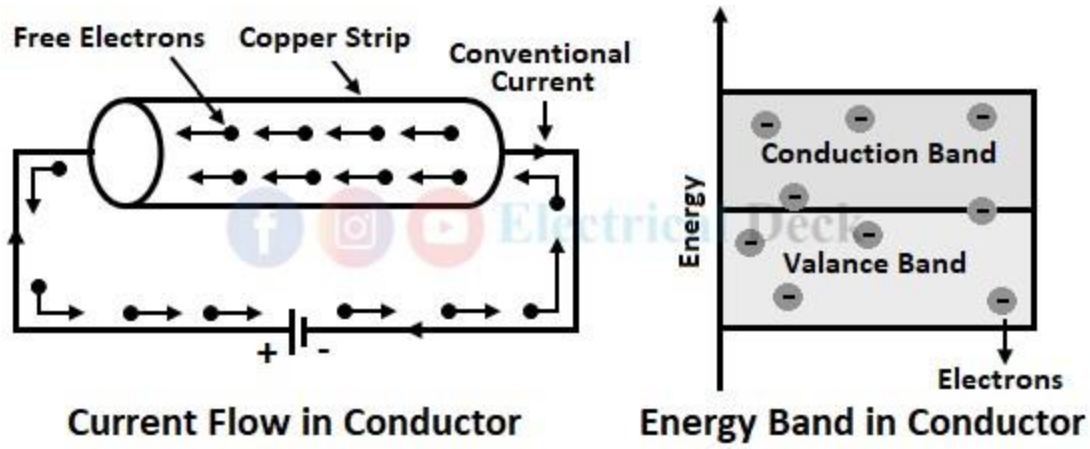
١,١ الموصلات ، أشباه الموصلات، والعوازل

اعتمادًا على قدرتها على توصيل التيار الكهربائي، يتم تصنيف المواد إلى ثلاثة أنواع هي الموصلات والعوازل وأشباه الموصلات. تظهر جميع هذه المواد الثلاث سلوكًا كهربائيًا مختلفًا وفقًا لتركيبها الذري. في هذه المقالة دعونا نتعرف على ما هو الموصل والعازل وأشباه الموصلات مع الأمثلة، وكذلك الاختلافات بين الموصلات والعوازل وأشباه الموصلات.

الموصلات Conductors:

الموصلات هي مواد تسمح بتدفق الكهرباء من خلالها. تسمى المواد التي تحتوي على عدد كبير من الإلكترونات الحرة بالموصلات. تحتوي الموصلات على العديد من الإلكترونات الحرة في الغلاف الخارجي للذرات والتي يمكنها التحرك بحرية في جميع أنحاء بنية المادة بأكملها.

عندما يتم تطبيق فرق الجهد عبر المادة الموصلة، تتحرك الإلكترونات الحرة بسهولة عبر الموصل، وبالتالي تشكل التيار الكهربائي. تعتبر الفضة والنحاس والذهب والألمنيوم موصلات جيدة للكهرباء. بشكل عام، جميع المعادن موصلة جيدة للكهرباء.

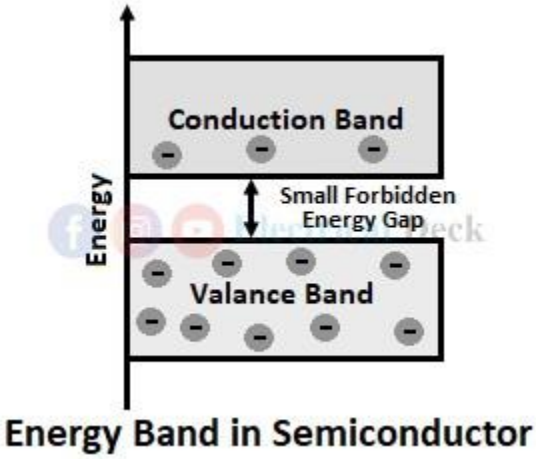


شكل ٩: فجوة النطاق في الموصلات.

أشباه الموصلات Semiconductor:

تعتبر المادة التي تقع قيمة موصليتها بين الموصل والعازل بمثابة أشباه الموصلات. لن تسمح أشباه الموصلات بتدفق التيار الكهربائي بشكل كامل ولا تعارض تدفق التيار الكهربائي.

تحتوي أشباه الموصلات عادة على أربعة إلكترونات في المدار الخارجي لذراتها. تعمل كعوازل عند درجات الحرارة المنخفضة وكموصلات عند درجات الحرارة المرتفعة. بعض الأمثلة على أشباه الموصلات هي silicon, germanium, gallium arsenide, cadmium selenide وما إلى ذلك.



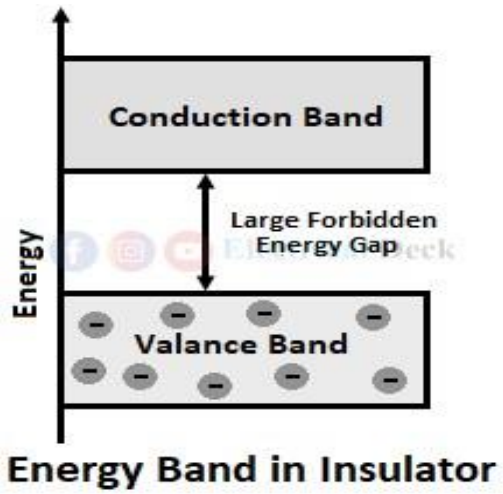
شكل ١٠: فجوة النطاق في أشباه الموصلات.

العوازل Insulator:

ويقال إن المادة التي لا توصل الكهرباء بسهولة من خلالها تعرف باسم العازل. في المواد العازلة، يكون

الغلاف الخارجي للذرات مملوءًا بالكامل، أي أن الإلكترونات مرتبطة بإحكام ولا يمكنها التحرك بحرية في جميع أنحاء بنية المادة.

معظم اللافلزات non-metals لا تسـمح بمرور التيار الكهربائي وبالتالي فهي عوازل جيدة. بعض الأمثلة على العوازل هي البلاستيك، والخشب، والمطاط، والهواء، والزجاج، وما إلى ذلك. وتستخدم العوازل عندما يكون هناك متطلب لمنع تدفق الشحنات الكهربائية.



شكل ١١: فجوة النطاق في العوازل.

جدول ١: الفرق بين الموصلات، أشباه الموصلات، والعوازل.

Parameter	Conductor	Semiconductor	Insulator
Definition	A material that allows the flow of electric charge or electricity through it easily is called a Conductor.	A material whose properties lie between conductor and insulator is called a semiconductor.	A material that blocks the flow of electric charge or electricity through it is called an Insulator.
Band Gap or Energy Gap	Have no band gap (i.e., the energy gap is zero) between their valence and conduction bands	Have a small band gap (in the range of 1 to 2 eV).	Have a large band gap in the order of 10 eV.
Valence Electrons	< 4 electrons.	4 electrons.	> 4 electrons.
Number of Charge Carriers	Conductors have high charge carriers	Semiconductors have fewer charge carriers when compared to conductors.	Insulators don't have any free charge carriers making them non-conductive.

Conductivity Value	High Conductivity (of the order of 10^{-7} mho/m).	Intermediate conductivity (ranging from 10^{-7} mho/m to 10^{-13} mho/m).	Very low conductivity(of the order of 10^{-13} mho/m).
Resistivity Value	Low (of the order of $10^{-5}\Omega$/m).	Normal ($10^{-5}\Omega$/m to 10^{5} Ω/m)	Very high (of the order of 10^{5} Ω/m).
Temperature Coefficient of Resistivity	positive temperature coefficient of resistance (Resistance increases with temperature).	negative temperature coefficient of resistance (Resistance decreases with an increase in temperature).	negative temperature coefficient of resistance (Resistance decreases with an increase in temperature).
Behavior at Absolute Zero	Some conductors behave as a superconductor at absolute zero, while others have a minimum resistance.	semiconductors behave like an insulator.	resistance of the insulator increases i.e., behaves like insulator only.
Bonding Type	Conductors are formed by metallic bonds.	Semiconductors are formed by covalent bonding.	Insulators are formed by ionic and covalent bonds.
Examples	copper, aluminum, gold, mercury, silver, etc.	silicon, germanium, selenium, antimony, boron, gallium arsenide, etc.	wood, paper, air, mica, glass, plastic, ceramic, rubber, etc.
Applications	Metals like copper and aluminum are used to build wires and cables to carry electric current, Mercury is used in thermometers, etc.	Semiconductors are mostly used in electronic devices mobile phones, amplifiers, converters, laptops, switches, etc.	Insulators are used to separate electrical conductors, to provide insulation in electrical and electronic devices, in circuit boards and high-voltage systems, etc.

الكولوم Coulomb

يحدد مقدار الشـحنة الكهربية التي يحملها جسـم معين بعدد الإلكترونات التي فقدتها أو اكتسـبتها ذرات ذلك الجسـم. فإذا فقدت ذراته إلكترونا أو أكثر تكون شـحنته موجبة، وإذا اكتسـبت إلكترونا أو أكثر تكون شـحنته سـالبة. وتعرف وحدة قياس الشـحنة الكهربية بالكولوم. الكولوم هي قيمة تسـاوي مجموع شـحنات

(٦,٢٥×١٠^١٨) إلكترون. والجسم الذي يكتسب هذا العدد من الإلكترونات، يحمل شحنة سالبة تساوي واحد كولوم. والجسم الذي يفقد هذا العدد من الإلكترونات، يحمل شحنة موجبة تساوي واحد كولوم.

ويمكن تعريف الكولوم علي أنه كمية الشحنة الكهربائية التي يحملها تيار مقداره أمبير واحد في ثانية واحدة. سمي الكولوم نسبة إلى الفيزيائي شارل أوغستان دي كولوم.

Charge is measured in Coulombs

1 Coulomb =1 amp * 1second

The charge of one electron e is (1.6 X 10^{-19}) Coulombs.

1 $Coulomb$=1/1.6∗10^{-19}= 6.25∗10^{18} $Electrons$

6,250,000,000,000,000,000 electrons!

١,٢ التيار Current

يشـــار إلى تدفق الإلكترونات الحرة في مادة من ذرة إلى الذرة التالية (أو من نقطة لأخري) في نفس الاتجاه بالتيار ويشـــار إليه بالرمز I. ويتم تحديد كمية التيار المتدفق من خلال الشـــحنة (عدد الإلكترونات) التي تمر عبر مساحة مقطع موصل في ثانية واحدة.

يرمز للتيار الكهربائي بالحرف (I) وتم اختيار هذا الحرف من كلمة (Intensité) الفرنسية والتي تعني شدة أو كثافة.

يقاس التيار الكهربائي بوحدة أمبير ((ampere (A)) نسبة للعالم الفرنسي أمبير. وعلـــى هذا فإن أمبير واحد هو سريان عدد من الإلكترونات (٦,٢٥*١٠^١٨ إلكترون) - كولوم واحد - خلال موصل في ثانية واحدة.

$I = Q / t$

حيث Q: الشحنة بالكولوم، t الزمن بالثانية.

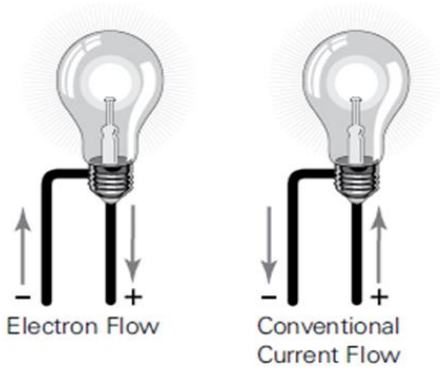
مثال1: يعبر ٣٠ كولوم من الشـــحنات خلال نقطة معينة في موصـــل خلال ٦ ثواني. ما هو مقدار التيار بالأمبير؟

الحل:

$$I = Q / t = 30 / 6 = 5\ A$$

اتجاه تدفق التيار Direction of Current Flow

تميز بعض المصـــادر بين تدفق الإلكترون وتدفق التيار. يتجاهل نهج تدفق التيار التقليدي تدفق الإلكترونات ويذكر أن التيار يتدفق من الموجب إلى السالب. ولتجنب الالتباس، يستخدم هذا الكتاب مفهوم تدفق الإلكترون الذي ينص على أن الإلكترونات تتدفق من السالب إلى الموجب.



شكل ١٢: إتجاه التيار.

١,٣ فرق الجهد

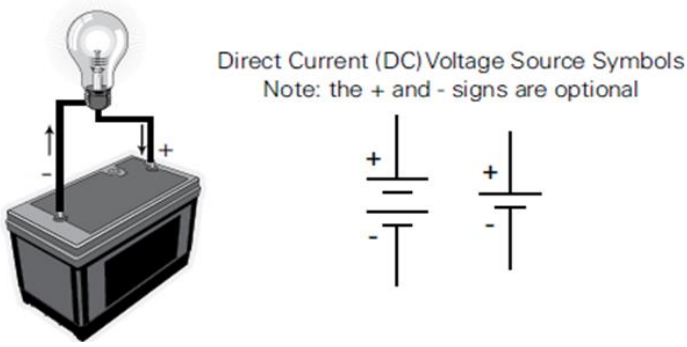
هو الشغل المبذول W أو الطاقة اللازمة لنقل الشحنات الكهربائية Q من مكان لأخر خلال الموصل.

It is the work done in moving a charge from one pole to another through a wire.

ويعرف أيضـــا بالقوة الدافعة الكهربائية electromotive force (emf). يُشـــار إلى الجهد بالحرف E أو بالحرف V. ووحدة قياس الجهد هي الفولت.

يمكن توليد الجهد بطرق مختلفة. تسـتخدم البطارية عملية كهروكيميائية، يسـتخدم مولد الكهرباء عملية الحث المغناطيسي. تشترك جميع مصادر الجهد في خاصية وجود فائض من الإلكترونات في أحد الأطراف ونقص في الطرف الآخر.

بالنسبة لمصدر جهد التيار المباشر (DC)، لا تتغير قطبية الأطراف، وبالتالي يتدفق التيار الناتج باستمرار في نفس الاتجاه.



شكل ١٣: مصدر تيار مستمر.

V = W / Q or

V = I R

حيث W الطاقة (الشغل) بالجول J، Q الشحنة الكهربائية بالكولوم C

I التيار بالأمبير A ، R المقاومة بالأوم Ω

مثال٢: إذا احتجنا 50 J من الطاقة لنقل شحنة مقدارها 10 C فما هو فرق الجهد؟

$$V = W / Q = 50 / 10 = 5\ V$$

الفولت (Volt) هو وحدة قياس فرق الجهد الكهربي والقوة الدافعة الكهربية في النظام الدولي لوحدات القياس (SI). يمكن تعريف الفولت بأنه فرق الجهد الكهربي بين نقطتين في موصل يمر به تيار شدته واحد أمبير (Ampere) عندما يكون مقدار الطاقة المستهلكة فيه واحد وات (Watt).

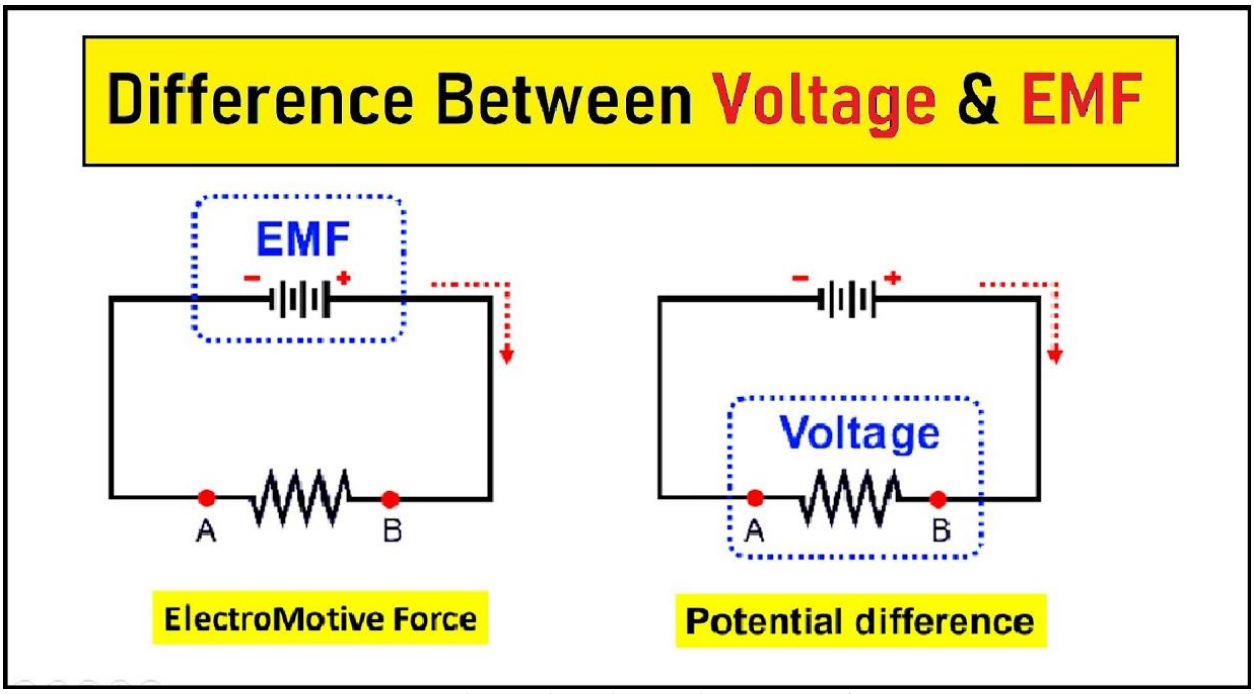
$$\mathrm{V} = \frac{\text{potential energy}}{\text{charge}} = \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{C}} = \frac{\mathrm{kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}}}{\mathrm{A \cdot s}}.$$

أي أن: ١فولت = ١ واط / أمبير

أو ١فولت = ١ جول / كولوم

وهو كذلك فرق الجهد الكهربي بين طرفي مقاومة مقدارها واحد أوم (Ohm) عندما يمر بها تيار شدته واحد أمبير.

$$\mathrm{V} = \mathrm{A \cdot \Omega} = \frac{\mathrm{Wb}}{\mathrm{s}} = \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{A}} = \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{C}} = \frac{\mathrm{eV}}{e}.$$



شكل١٤: فرق الجهد والقوة الدافعة الكهربية.

Example 3:

Consider a circuit with a 3.2 V potential difference, a current of 0.6 A, and a battery internal resistance of 0.5 ohms. Calculate the battery's EMF.

Solution: $E = V + Ir = 3.2 + 0.6 \times 0.5 = 3.5\ V$

So, the EMF of the circuit is 3.5V.

١,٣,١ المقاومة **Resistance**

المقاومة الكهربائية هي خاصية فيزيائية للمادة وهي من أهم خصائص المادة حيث أنها تستخدم لتوليد الحرارة ولها تطبيقات مختلفة في حياتنا اليومية. دعنا نعرّفها رسميًا على النحو التالي:

" تُعرف بأنها معارضـــة (مقاومة) الموصـــل أوالمادة لتدفق التيار الكهربائي" جميع المواد لها مقاومتها الكهربائية الخاصة. ويرمز لها بالحرف R.

وحدة المقاومة الكهربائية

وحدة النظام الدولي للوحدات هي أوم Ω (الحرف اليوناني أوميغا) وســـميت على اســـم الفيزيائي الألماني جورج سيمون أوم الذي قدم قانون أوم والعلاقة بين الجهد والتيار والمقاومة.

يتم تعريف الأوم الواحد على أنه مقاومة الموصـل الذي يتدفق فيه تيار قدره أمبير واحد عند تطبيق جهد قدره فولت واحد.

وفقا لقانون أوم: $R = V / I$

Where:

V is the potential difference across the conductor (in Volts),

I is the current through the conductor (in Amperes) and

R is the Resistance (in Ohms).

العلاقة بين المقاومة والمقاومة النوعية Resistance and Resistivity

$$R = \rho * (L/A)$$

$$\rho = R * (A/L)$$

Where:

- R is the Resistance, Ω
- ρ is the resistivity of the material, Ω.m
- L is the Length, m
- A is the cross-sectional area of the conductor, m^2.

Factors Affecting Resistance:

- Material of the Conductor.
- Length of the Conductor.
- Cross-Sectional Area of the Conductor.
- Temperature of the Conductor.

Example 4: Calculate the resistance of a copper wire of length 4 m and the area of cross-section 10-6 m^2. The resistivity of copper is 1.7×10^{-8} Ωm.

$R = (\rho \times L)/A$

$\Rightarrow R = (1.7 \times 10^{-8}\ \Omega m) \times 4\ m / 10^{-6}\ m^2$

$\Rightarrow R = 6.8 \times 10\text{-}2\ \Omega$ The resistance of the copper wire is $6.8 \times 10\text{-}2\ \Omega$

١,٤ القدرة والطاقة

تعرف القدرة بأنها "معدل بذل الشغل في الدائرة الكهربائية"

أو "الطاقة الكهربائية المنقولة أو المستهلكه في الدائرة لكل وحدة زمنية"

أو "معدل بذل الشغل لنقل الجسيمات المشحونة من نقطة إلى أخرى".

القدرة الكهربائية تحدد المعدل الذي يتم به العمل.

P = Work / Time = W / t = Watt or Joule/Sec (J/s)

$P = V I$ (في دوائر التيار المستمر، من قانون أوم)

$P = V^2/R$

$P = I^2R$

وحدة قياس القدرة هي **الوات Watt** ، ويعرف الوات بأنه "معدل الشغل المبذول فى دائرة عند مرور تيار قدره ١ أمبير نتيجة تطبيق جهد قدره ١ فولت .

لا يمكن تخزين القدرة

تعرف الطاقة بأنها " القدرة علي بذل شغل"

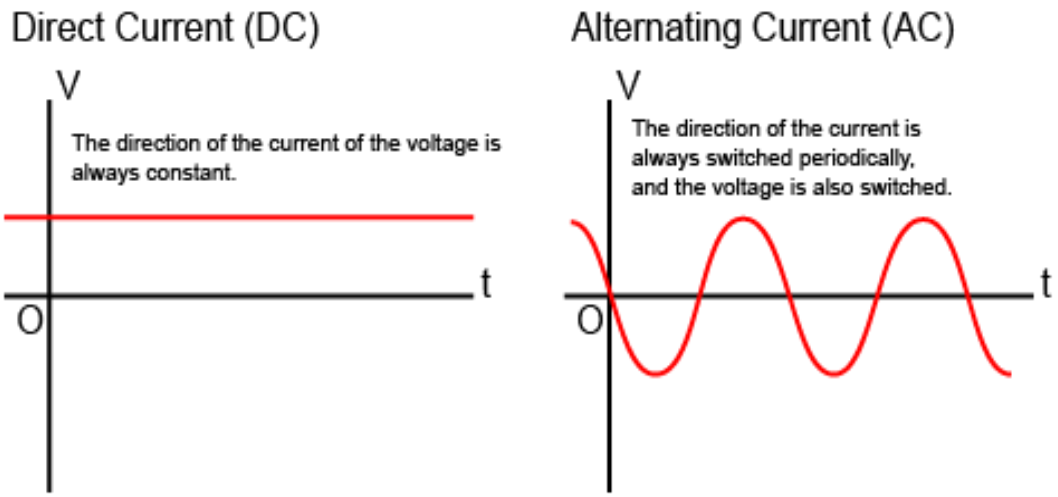
E = power * time = Watt. Sec or Joule

يمكن تخزين الطاقة الكهربائية بسهولة في أجهزة مختلفة. على سبيل المثال، البطاريات والمكثفات وغيرها

٢ التيار المستمر Direct current

هناك نوعان من التيار الكهربي: التيار االمستمر أو الثابت Direct current والتيار المتردد Alternating current.

التيار الثابت Direct current هو تيار ثابت الشدة والاتجاه، علي عكس التيار المتردد Alternating current والذي تتغير شدته واتجاهه باستمرار مع الزمن (شكل ١٥).



شكل ١٥: التيار الثابت والمتردد.

في التيار المباشر، الجهد ثابت دائمًا، وتتدفق الكهرباء في اتجاه معين. في المقابل، في التيار المتردد، يتغير الجهد بشكل دوري من الموجب إلى السالب ومن السالب إلى الموجب، ويتغير اتجاه التيار أيضًا بشكل دوري وفقًا لذلك.

توليد التيار المستمر: يمكن توليد التيار المستمر بعدة طرق:

- ← مولدات التيار المستمر DC generators.
- ← المقوم rectifier الذي يحول التيار المتردد إلى تيار مستمر.
- ← البطاريات Batteries، حيث يتم توليده من تفاعل كيميائي داخل البطارية.
- ← الخلايا الشمسية Solar cells.
- ← المزدوجات الحرارية Thermocouples.

التطبيقات Applications

يُستخدم التيار المستمر في جميع الأجهزة الإلكترونية تقريبًا، والمركبات الكهربائية، والأتمتة، والتحكم في المعدات والأجهزة الكهربائية، والمزيد. تستخدم معظم الأجهزة المكتبية والمنزلية مثل أجهزة التلفاز وأنظمة الصوت ومكبرات الصوت ومصابيح الفلاش وأجهزة الكمبيوتر والأجهزة اللوحية والهواتف الذكية طاقة التيار المستمر لتعمل. ومع ذلك، نظرًا لأن الطاقة المتاحة عالميًا هي التيار المتردد، فإن الجهاز يستخدم مزود طاقة power supply خارجي أو داخلي لتحويل التيار المتردد الرئيسي إلى التيار المستمر اللازم للجهاز.

٢,١ قانون أوم Ohm's law

يوضح قانون أوم العلاقة بين التيار الكهربائي وفرق الجهد. التيار الذي يتدفق عبر معظم الموصلات يتناسب طرديا مع الجهد المطبق عليه. كان جورج سيمون أوم، الفيزيائي الألماني أول من أثبت قانون أوم تجريبيا.

أحد القوانين الأساسية والأكثر أهمية للدوائر الكهربائية هو قانون أوم.

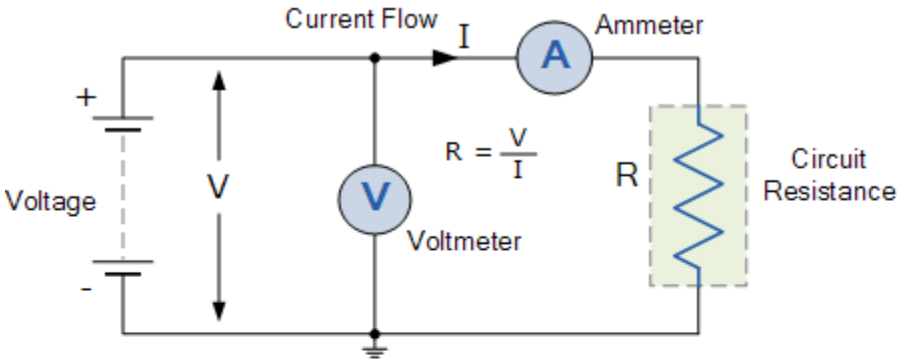
ينص قانون أوم على أن "الجهد عبر الموصل يتناسب طرديا مع التيار المتدفق من خلاله، بشرط أن تظل جميع الظروف الفيزيائية ودرجات الحرارة ثابتة".

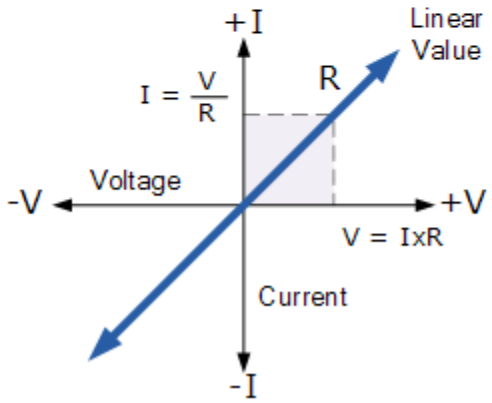
رياضياً، يتم كتابة هذه العلاقة بين الجهد والتيار على النحو التالي: $V=IR$

في المعادلة، يُسمى ثابت التناسب R، بالمقاومة وله وحدات أوم، بالرمز Ω.

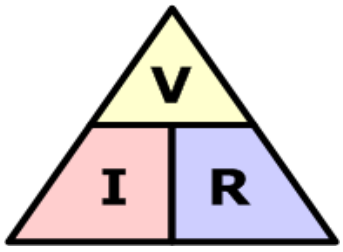
يمكن إعادة كتابة نفس الصيغة لحساب التيار والمقاومة على التوالي كما يلي:

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

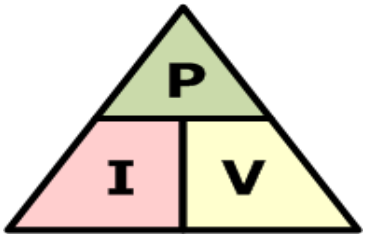




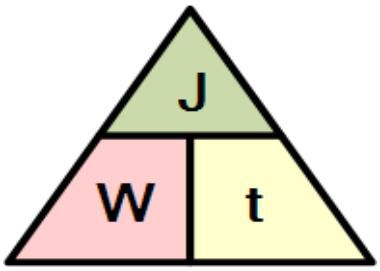
Ohms Law Triangle



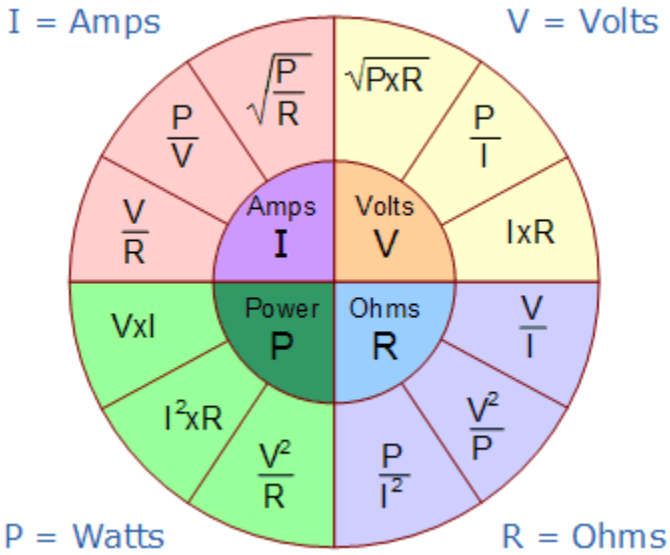
The Power Triangle



Electrical Power and Energy Triangle



Ohms Law Pie Chart

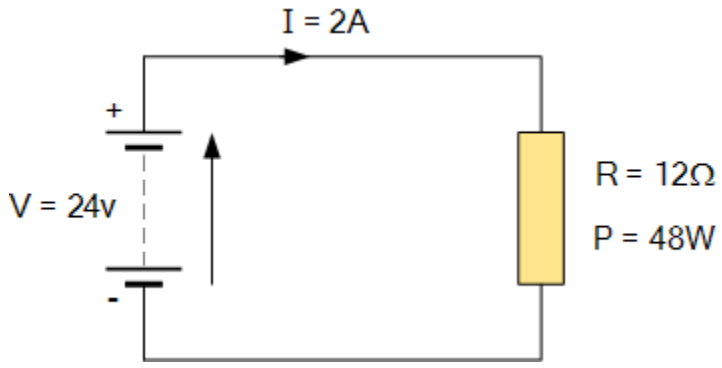


Ohms Law Matrix Table

Ohms Law Formulas				
Known Values	Resistance (R)	Current (I)	Voltage (V)	Power (P)
Current & Resistance	---	---	$V = IxR$	$P = I^2xR$
Voltage & Current	$R = \frac{V}{I}$	---	---	$P = VxI$
Power & Current	$R = \frac{P}{I^2}$	---	$V = \frac{P}{I}$	---
Voltage & Resistance	---	$I = \frac{V}{R}$	---	$P = \frac{V^2}{R}$
Power & Resistance	---	$I = \sqrt{\frac{P}{R}}$	$V = \sqrt{PxR}$	---
Voltage & Power	$R = \frac{V^2}{P}$	$I = \frac{P}{V}$	---	---

Ohms Law Example No1

For the circuit shown below find the Voltage (V), the Current (I), the Resistance (R) and the Power (P).



Voltage [V = I x R] = 2 x 12Ω = 24V

Current [I = V ÷ R] = 24 ÷ 12Ω = 2A

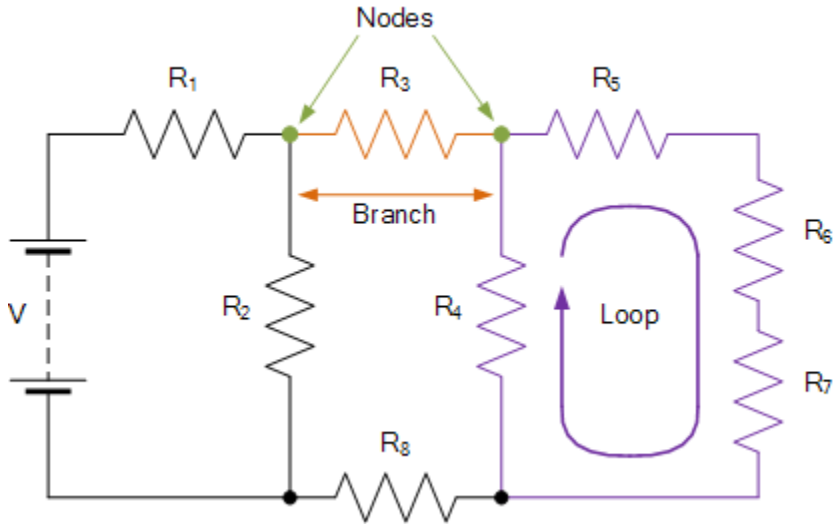
Resistance [R = V ÷ I] = 24 ÷ 2 = 12 Ω

$$\text{Power} \quad [\, P = V \times I \,] = 24 \times 2 = 48W$$

٢,٢ قوانين دائرة كيرشوف Kirchhoff's Circuit Laws

تسمح لنا قوانين كيرشوف للدوائر بحل مشاكل الدوائر المعقدة من خلال تحديد مجموعة من قوانين ونظريات الشبكة الأساسية للجهود والتيارات المحيطة بالدائرة.

باستخدام قانون دائرة كيرشوف المتعلق بقاعدة الوصلات وقاعدة الحلقة المغلقة، يمكننا حساب وإيجاد التيارات والفولتية حول أي دائرة مغلقة بشرط أن نعرف قيم المكونات الكهربائية داخلها.

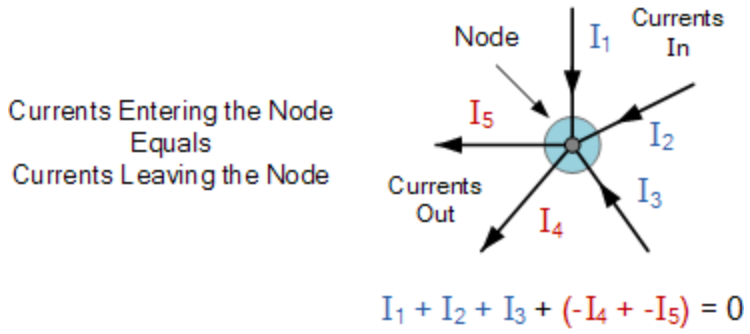


في عام ١٨٤٥، طور الفيزيائي الألماني غوستاف كيرشوف زوجًا أو مجموعة من القواعد أو القوانين التي تتعامل مع حفظ conservation التيار والطاقة داخل الدوائر الكهربائية. تُعرف هاتان القاعدتان عمومًا باسم: قوانين دائرة كيرشوف، حيث يتعامل أحد قوانين كيرشوف مع التيار المتدفق حول دائرة مغلقة، قانون كيرشوف للتيار Kirchhoff's Current Law (KCL) بينما يتعامل القانون الآخر مع مصادر الجهد الموجودة في دائرة مغلقة، قانون كيرشوف للجهد Kirchhoff's Voltage Law (KVL).

٢,٢,١ قانون كيرشوف الأول – قانون التيار Kirchhoff's First Law – The Current (KCL) Law, (KCL).

ينص قانون كيرشوف للتيار أو KCL على أن "إجمالي التيار أو الشحنة التي تدخل تقاطعًا أو عقدة تساوي تمامًا الشحنة التي تترك العقدة حيث لا يوجد مكان آخر للذهاب إليه باستثناء المغادرة، حيث لا يتم فقدان أي

شـــحنة داخل العقدة". بمعنى آخر، يجب أن يكون المجموع الجبري لجميع التيارات الداخلة والخارجة من العقدة مساويًا للصفر، I(exiting) + I(entering) = 0. تُعرف فكرة كيرشوف هذه باسم حفظ الشحنة.



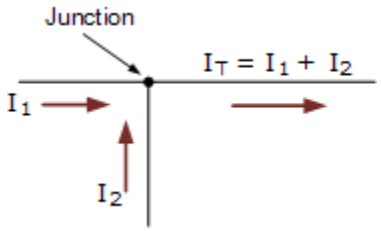
هنا، التيارات الثلاثة التي تدخل العقدة، I1، I2، I3 كلها موجبة القيمة والتيارين الخارجين من العقدة، I4 و I5 سالبة القيمة. وهذا يعني أنه يمكننا أيضًا إعادة كتابة المعادلة على النحو التالي:

$$I1 + I2 + I3 - I4 - I5 = 0$$

يشـير مصـطلح العقدة Node في الدائرة الكهربائية عمومًا إلى اتصـال أو تقاطع بين مسـارين أو أكثر لحمل التيار أو عناصـــر مثل الكابلات والمكونات. لكي يتدفق التيار أيضًـــا داخل العقدة أو خارجها، يجب أن يكون هناك مسار دائرة مغلقة. يمكننا استخدام قانون كيرشوف للتيار عند تحليل الدوائر المتوازية.

Kirchhoff's Current Law (KCL) is Kirchhoff's first law that deals with the conservation of charge entering and leaving a junction.

A Single Junction

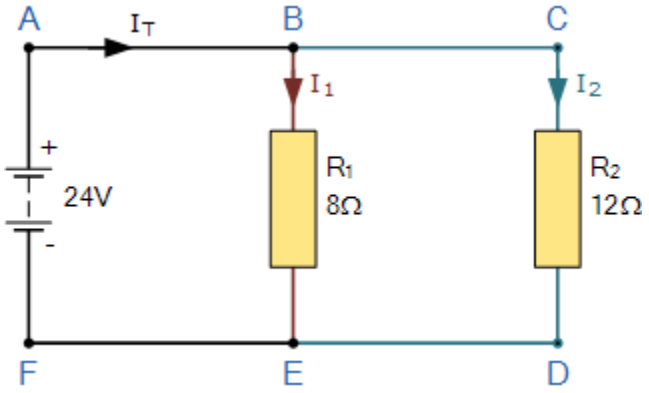


Here in this simple single junction example, the current IT leaving the junction is the algebraic sum of the two currents, I1 and I2 entering the same junction. That is IT = I1 + I2.

Note that we could also write this correctly as the algebraic sum of: IT – (I1 + I2) = 0.

Resistors in Parallel

Let's look how we could apply Kirchhoff's current law to resistors in parallel, whether the resistances in those branches are equal or unequal. Consider the following circuit diagram:



We can use Ohm's Law to determine the individual branch currents through each resistor as: I = V/R, thus:

For current branch B to E through resistor R1

$$I_{B-E} = I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{24}{8} = 3A$$

For current branch C to D through resistor R2

$$I_{C-D} = I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{24}{12} = 2A$$

Since we now know from calculation that the currents leaving the junction at node B is I1 equals 3 amps and I2 equals 2 amps, the sum of the currents entering the junction at node B must equal 3 + 2 = 5 amps. Thus ΣIN = IT = 5 amperes.

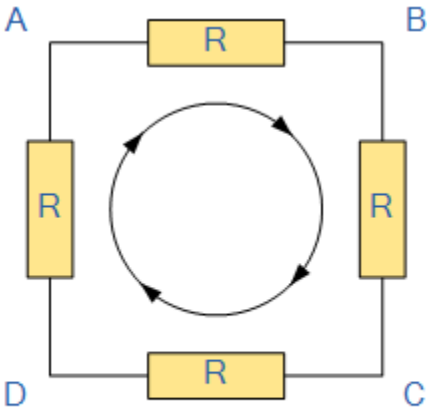
As the two currents entering junction E are 3 amps and 2 amps respectively, the sum of the currents entering point F is therefore: 3 + 2 = 5 amperes. Thus ΣIN = IT = 5 amperes and therefore Kirchhoff's current law holds true as this is the same value as the current leaving point A.

٢,٢,٢ قانون كيرشـــوف الثاني: قانون الجهد (KVL) Kirchhoff's Second Law: The Voltage Law (KVL).

ينص قانون كيرشوف للجهد أو KVL على أنه "في أي شبكة حلقة مغلقة يتم تشغيلها بواسطة مصدر جهد، فإن إجمالي الجهد حول الحلقة يســـاوي مجموع كل انخفاضـــات الجهد داخل نفس الحلقة" وهو ما يســـاوي الصـــفر. بمعنى آخر، يجب أن يكون المجموع الجبري لجميع مصـــادر الجهد وهبوط الجهد داخل حلقة مغلقة مســاوياً للصــفر، لأن المجموع الجبري لهبوط الجهد يســاوي المجموع الجبري لمصــادر الجهد. تُعرف فكرة كيرشوف هذه بفكرة حفظ الطاقة.

ابدأ من أي نقطة في الحلقة، واستمر في نفس الاتجاه، مع ملاحظة اتجاه جميع انخفاضات الجهد، سواء كانت إيجابية أو ســـلبية، والعودة مرة أخرى إلى نفس نقطة البداية. من المهم الحفاظ على نفس الاتجاه إما في اتجاه عقارب الســـاعة أو عكس اتجاه عقارب الســـاعة وإلا فإن مجموع الجهد النهائي لن يســـاوي الصـــفر. يمكننا استخدام قانون كيرشوف للجهد عند تحليل الدوائر المتسلسلة.

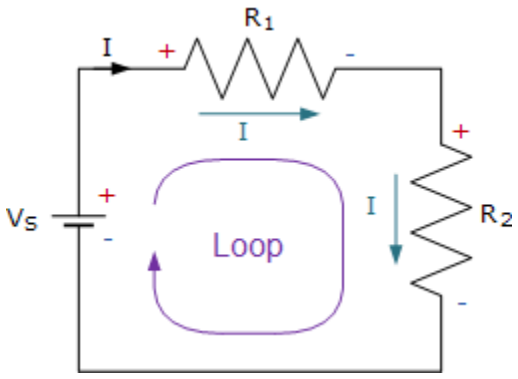
The sum of all the Voltage Drops around the loop is equal to Zero



$$V_{AB} + V_{BC} + V_{CD} + V_{DA} = 0$$

Kirchhoff's Voltage Law (KVL) is Kirchhoff's second law that deals with the conservation of energy around a closed-circuit path.

A Single Circuit Loop



Kirchhoff's voltage law states that the algebraic sum of the potential differences in any loop must be equal to zero as: $\Sigma V = 0$. Since the two resistors, R1 and R2 are wired together in a series connection, they are both part of the same loop so the same current must flow through each resistor.

Thus, the voltage drop across resistor, $R_1 = I*R_1$ and the voltage drop across resistor, $R_2 = I*R_2$ giving by KVL:

$$V_S + (-IR_1) + (-IR_2) = 0$$

$$\therefore V_S = IR_1 + IR_2$$

$$V_S = I(R_1 + R_2)$$

$$V_S = IR_T$$

$$\text{Where: } R_T = R_1 + R_2$$

We can see that applying Kirchhoff's Voltage Law to this single closed loop produces the formula for the equivalent or total resistance in the series circuit and we can expand on this to find the values of the voltage drops around the loop.

$$R_T = R_1 + R_2$$

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

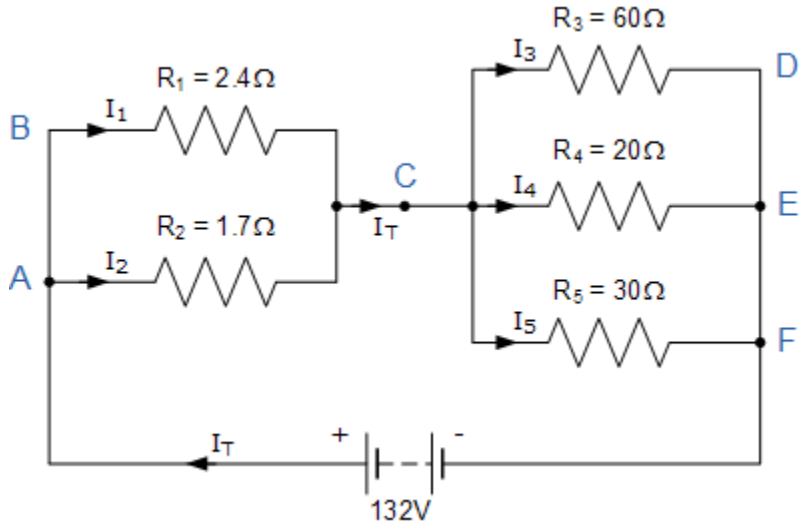
$$V_{R1} = IR_1 = V_S\left(\frac{R_1}{R_1 + R_2}\right)$$

$$V_{R2} = IR_2 = V_S\left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right)$$

تطبيق KCL على دوائر أكثر تعقيدًا.

يمكننا استخدام قانون كيرشوف للتيار لإيجاد التيارات المتدفقة حول دوائر أكثر تعقيدًا. نأمل أن نعرف الآن أن المجموع الجبري لجميع التيارات عند العقدة (نقطة الوصل) يساوي الصفر، ومع وضع هذه الفكرة في الاعتبار، فهي حالة بسيطة لتحديد التيارات التي تدخل العقدة وتلك التي تخرج من العقدة. خذ بعين الاعتبار الدائرة أدناه.

- **Kirchhoff's Current Law Example No1**



في هذا المثال توجد أربع نقاط مميزة للتيار إما للفصل أو الدمج معًا في العقد A وC وE والعقدة F. ينفصل تيار الدائرة الكلي I_T عند العقدة A ويتدفق عبر المقاومات R1 وR2، ويعاد تجميعه عند العقدة C قبل الانفصال مرة أخرى من خلال المقاومات R3 و R4 و R5 وأخيرًا يتم إعادة تجميعه مرة أخرى عند العقدة F.

لكن قبل أن نتمكن من حساب التيارات الفردية المتدفقة عبر كل فرع من فروع المقاومة، يجب علينا أولاً حساب التيار الإجمالي للدائرة I_T. قانون أوم يخبرنا أن $I = V/R$ وبما أننا نعرف قيمة V= ١٣٢ فولت، فإننا نحتاج إلى حساب مقاومات الدائرة على النحو التالي:

Circuit Resistance R_{AC}

$$\frac{1}{R_{(AC)}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{2.4} + \frac{1}{1.7}$$

$$\frac{1}{R_{(AC)}} = 1 \qquad \therefore R_{(AC)} = 1\Omega$$

Thus, the equivalent circuit resistance between nodes A and C is calculated as 1 Ohm.

Circuit Resistance R_{CF}

$$\frac{1}{R_{(CF)}} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} = \frac{1}{60} + \frac{1}{20} + \frac{1}{30}$$

$$\frac{1}{R_{(CF)}} = 0.1 \qquad \therefore R_{(CF)} = 10\Omega$$

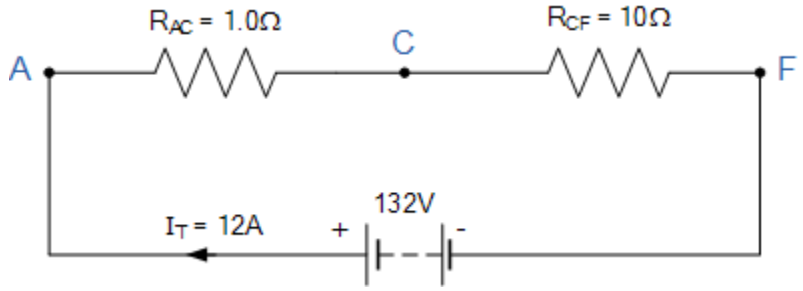
Thus, the equivalent circuit resistance between nodes C and F is calculated as 10 Ohms. Then the total circuit current, IT is given as:

$$R_T = R_{(AC)} + R_{(CF)} = 1 + 10 = 11\,\Omega$$

$$I_T = \frac{V}{R_T} = \frac{132}{11} = 12 \text{ Amperes}$$

Giving us an equivalent circuit of:

Kirchhoff's Current Law Equivalent Circuit



Therefore, V = 132V, RAC = 1Ω, RCF = 10Ω's and IT = 12A.

Having established the equivalent parallel resistances and supply current, we can now calculate the individual branch currents and confirm using Kirchhoff's junction rule as follows.

$$V_{AC} = I_T \times R_{AC} = 12 \times 1 = 12 \text{ Volts}$$

$$V_{CF} = I_T \times R_{CF} = 12 \times 10 = 120 \text{ Volts}$$

$$I_1 = \frac{V_{AC}}{R_1} = \frac{12}{2.4} = 5 \text{ Amps}$$

$$I_2 = \frac{V_{AC}}{R_2} = \frac{12}{1.7} = 7 \text{ Amps}$$

$$I_3 = \frac{V_{CF}}{R_3} = \frac{120}{60} = 2\,\text{Amps}$$

$$I_4 = \frac{V_{CF}}{R_4} = \frac{120}{20} = 6\,\text{Amps}$$

$$I_5 = \frac{V_{CF}}{R_5} = \frac{120}{30} = 4\,\text{Amps}$$

Thus, I1 = 5A, I2 = 7A, I3 = 2A, I4 = 6A, and I5 = 4A.

We can confirm that Kirchoff's current law holds true around the circuit by using node C as our reference point to calculate the currents entering and leaving the junction as:

$$\text{At node C} \quad \sum I_{IN} = \sum I_{OUT}$$

$$I_T = I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5$$

$$\therefore 12 = (5 + 7) = (2 + 6 + 4)$$

We can also double check to see if Kirchhoff's Current Law holds true as the currents entering the junction are positive, while the ones leaving the junction are negative, thus the algebraic sum is: I1 + I2 – I3 – I4 – I5 = 0 which equals 5 + 7 – 2 – 6 – 4 = 0.

- **Kirchhoff's Voltage Law Example No2**

Three resistors of values: 10 ohms, 20 ohms and 30 ohms, respectively are connected in series across an ideal 12-volt DC battery supply. Calculate: a) the total resistance,

b) the circuit current, c) the current through each resistor, d) the voltage-drop across each resistor, e) verify that Kirchhoff's voltage law, KVL holds true.

a) Total Resistance (R_T)

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 = 10\Omega + 20\Omega + 30\Omega = 60\Omega$$

Then the total circuit resistance R_T is equal to 60Ω

b) Circuit Current (I)

$$I = \frac{V_S}{R_T} = \frac{12}{60} = 0.2A$$

Thus, the total circuit current I is equal to 0.2 amperes or 200mA

c) Current Through Each Resistor

The resistors are wired together in series, they are all part of the same loop and therefore each experience the same amount of current. Thus:

$$IR_1 = IR_2 = IR_3 = ISERIES = 0.2 \text{ amperes}$$

d) Voltage Drop Across Each Resistor

$$V_{R1} = I \times R_1 = 0.2 \times 10 = 2 \text{ volts}$$

$$V_{R2} = I \times R_2 = 0.2 \times 20 = 4 \text{ volts}$$

$$V_{R3} = I \times R_3 = 0.2 \times 30 = 6 \text{ volts}$$

e) Verify Kirchhoff's Voltage Law

$$V_S + (-IR_1) + (-IR_2) + (-IR_3) = 0$$

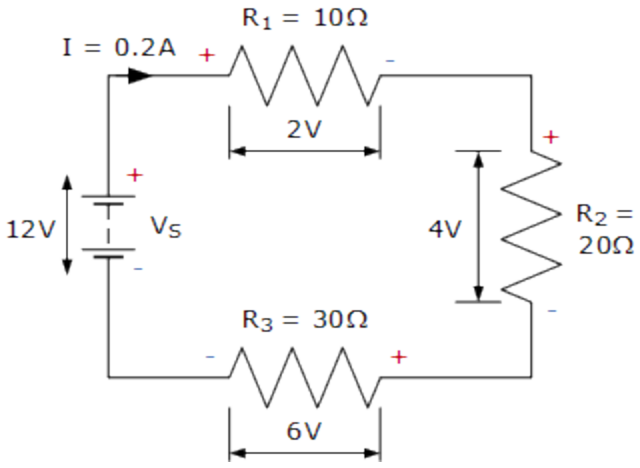
$$12 + (-0.2 \times 10) + (-0.2 \times 20) + (-0.2 \times 30) = 0$$

$$12 + (-2) + (-4) + (-6) = 0$$

$$\therefore 12 - 2 - 4 - 6 = 0$$

Thus, Kirchhoff's voltage law holds true as the individual voltage drops around the closed loop add up to the total.

Kirchhoff's Circuit Loop



We have seen here that Kirchhoff's voltage law, KVL is Kirchhoff's second law and states that the algebraic sum of all the voltage drops, as you go around a closed circuit from some fixed point and return back to the same point, and taking polarity into account, is always zero. That is $\Sigma V = 0$

الباب الثاني

نظم الأعداد

١ نظم الأعداد Number System

❖ ما هو نظام الأعداد في الرياضيات؟

يتم تعريف نظام الأعداد على أنه نظام الكتابة للتعبير عن الأعداد. إنه التدوين الرياضي لتمثيل أعداد مجموعة معينة باستخدام الأرقام أو الرموز الأخرى بطريقة متسقة. فهو يوفر تمثيلاً فريدًا لكل رقم ويمثل البنية الحسابية والجبرية للأشكال. كما يسمح لنا بإجراء العمليات الحسابية مثل الجمع والطرح والضرب والقسمة.

يمكن تحديد قيمة أي رقم في العدد من خلال:

← الرقم

← موقعه في العدد

← أساس نظام الأرقام

قبل مناقشة الأنواع المختلفة لأمثلة أنظمة الأعداد، دعونا أولاً نناقش ما هو العدد؟

❖ ما هو العدد؟

العدد هو قيمة رياضية تستخدم لحساب الكائنات أو قياسها أو تصنيفها. يتم استخدام الأعداد لإجراء العمليات الحسابية. ومن أمثلة الأعداد: الأعداد الطبيعية، والأعداد الصحيحة، والأعداد النسبية، وما إلى ذلك. ٠ هو أيضًا رقم يمثل قيمة فارغة.

هناك العديد من الاختلافات والتقسيمات الأخرى مثل الأعداد الزوجية والفردية والأعداد الأولية والمركبة. يتم استخدام المصطلحات الزوجية والفردية عندما يكون العدد قابلاً للقسمة على ٢ أو لا، في حين يتم التمييز بين الأعداد الأولية والمركبة بالأعداد التي لها عاملين فقط وأكثر من عاملين، على التوالي.

❖ أنواع أنظمة الأعداد Types of Number Systems

هناك أنواع مختلفة من أنظمة الأعداد في الرياضيات. الأنواع الأربعة الأكثر شيوعًا لأنظمة الأرقام هي:

١- **النظام العشري Decimal:** يحتوي نظام الترقيم العشري على أساس ١٠ (MOD-10) ويستخدم الأرقام من ٠ إلى ٩ لتمثيل قيمة عدد عشري.

٢- **النظام الثنائي Binary:** يحتوي نظام الترقيم الثنائي على أساس ٢ (MOD-2) ويستخدم رقمين فقط "٠" و"١" لتمثيل قيمة الرقم الثنائي.

٣- **النظام الثماني Octal:** يحتوي نظام الترقيم الثماني على أساس ٨ (MOD-8) ويستخدم ٨ أرقام بين ٠ و٧ لتمثيل قيمة عدد ثماني.

٤- **نظام السداسي عشر Hexadecimal:** يحتوي نظام الترقيم السداسي العشري على أساس ١٦ (MOD-16) ويستخدم إجمالي ١٦ رقمًا وحرفا لتمثيل قيمة عددية. تتكون الأرقام السداسية العشرية من الأرقام من ٠ إلى ٩ والأحرف من A إلى F.

١,١ نظام الأعداد العشرية (نظام الأعداد ذات الأساس ١٠)

يحتوي نظام الأعداد العشري على أساس ١٠ لأنه يستخدم عشرة أرقام من ٠ إلى ٩. في نظام الأعداد العشري، تمثل المواضع المتعاقبة على يسار العلامة العشرية الآحاد والعشرات والمئات والآلاف وما إلى ذلك. يتم التعبير عن هذا النظام بالأعداد العشرية. يظهر كل موضع قوة معينة للأساس (١٠).

← **مثال على نظام الأعداد العشرية:**

يتكون العدد العشري ١٤٥٧ من الرقم ٧ في خانة الآحاد، والرقم ٥ في خانة العشرات، والرقم ٤ في خانة المئات، والرقم ١ في خانة الآلاف والتي يمكن كتابة قيمتها على النحو التالي:

$(1\times10^3) + (4\times10^2) + (5\times10^1) + (7\times10^0)$

$(1\times1000) + (4\times100) + (5\times10) + (7\times1)$

$1000 + 400 + 50 + 7$

1457

❖ **تعريف العدد العشري**

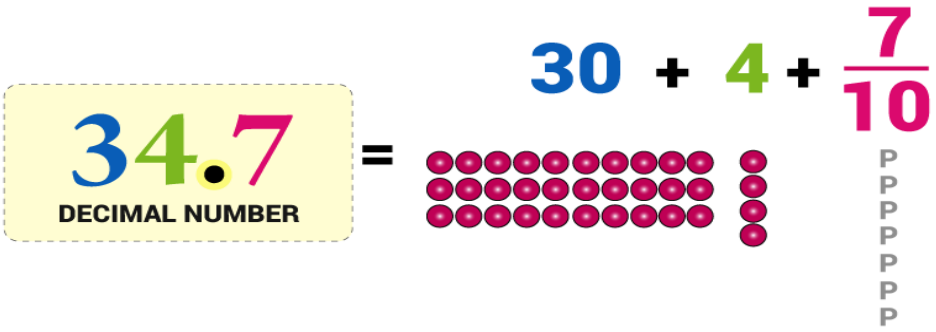
ما هي الأعداد العشرية؟ What are Decimals?

في الجبر، الأعداد العشرية هي أحد أنواع الأعداد، التي تحتوي على عدد صحيح وجزء كسري (عشري) مفصول بفاصلة عشرية. النقطة الموجودة بين العدد الصحيح وجزء الكسور تسمى العلامة العشرية. على سبيل المثال، ٣٤,٥ عدد عشري. هنا ٣٤ جزء من عدد صحيح و٥ هو جزء كسري (عشري)، "," هي العلامة العشرية.

دعونا نناقش بعض الأمثلة الأخرى.

إليكم الرقم "أربعة وثلاثون وسبعة أعشار" مكتوبًا كرقم عشري:

العلامة العشرية تقع بين الآحاد والأعشار، العدد ٣٤,٧ به ٣ عشرات، ٤ آحاد، ٧ أعشار



❖ **الكسر العشري Decimal Fraction**: يمثل الكسر الذي مقامه من قوى العشرة.

Example:

81.75 = 8175/100

32.425 = 32425/1000

❖ تحويل العدد العشري إلى كسر عشري:

← بالنسبة للعلامة العشرية، ضع "١" في المقام وأزل العلامة العشرية.

← "١" يتبعه عدد من الأصفار يساوي عدد الأرقام التي تلي العلامة العشرية.

For Example:

8 1.7 5

↓ ↓ ↓

1 0 0

81.75 = 8175/100

8 represents the power of 10^1 that is the tenths position.

1 represents the power of 10^0 that is the units position.

7 represents the power of 10^{-1} that is the one-tenths position.

5 represents the power of 10^{-2} that is the one-hundredths position.

So that is how each digit is represented by a particular power of 10 in the decimal number.

❖ تحويل العدد العشري إلى كسر Decimal to Fraction Conversion

نحن نعلم أن الأرقام الموجودة بعد العلامة العشـــرية تمثل أجزاء من عشـــرة، وأجزاء من مائة، وأجزاء من الألف، وما إلى ذلك. وبالتالي، أثناء تحويل العدد العشـــري إلى كســـر، اكتب الأعداد العشـــرية في النموذج الموسع وقم بتبسيط القيم:

For example, 0.75

The expanded form of 0.75 is 75 x (1/100) = 75/100 = 3/4.

Example:

Express 1.25 in fraction form.

Solution:

The given decimal number is 1.25

The expanded form of 1.25 is

= 125 x (1/100)

= 125 /100

=5/4

Hence, the equivalent fraction for 1.25 is 5/4.

ليكن لدينا العدد ٨٤٣ ، فإنه فعلياً عبارة عن مجموع كل عدد . .. مضـروباً بالمرتبة العشـرية الموافقة. فالعدد ٨ سـيكون مضـروباً بالمرتبة العشـرية الثانية، أي ١٠٢ وهي ١٠٠، والعدد ٤ سـيكون مضـروباً بالمرتبة

العشرية الأولى، أي ١٠١ وهي العدد ١٠، أما العدد ٣ فسيكون مضروباً بالمرتبة العشرية الصفرية، أي ١٠٠ وهي تساوي الواحد، ومع جمع الحدود السابقة تستطيع الحصول على القيمة الكلية للعدد وهي ٨٣٤

تدعى المرتبة العشرية التي يتم الضرب بها بالـ وزن (آحاد عشرات مئات آلاف ..... الخ).

$$\text{Decimal Number} = d_n\, d_{n-1} \ldots\ldots d_2\, d_1\, d_0$$

$$= (d_n \times b^n) + (d_{n-1} \times b^{n-1}) + \ldots\ldots + (d_2 \times b^2) + (d_1 \times b^1) + (d_0 \times b^0)$$

$$8\ 4\ 3 = (8 \times 10^2) + (4 \times 10^1) + (3 \times 10^0)$$

$$= 800 + 40 + 3$$

ولتوضيح أكثر نأخذ المثال التالي وضح مفهوم الرقم ١,٣٥٧,٨٩٦ بناء على نظام الأرقام.

أولاً نقوم بترقيم الأرقام من اليمين لتحديد قيمة كل رقم (لاحظ أن الترتيب بدأ من اليمين حتى في الأرقام الغربية، دلالة على أن مؤسس نظام الأرقام هو الخوارزمي)، ثم نحدد قيمة كل رقم برفع ترتيبه على الأساس ١٠.

1	3	5	7	8	9	6	الرقم
6	5	4	3	2	1	0	ترتيب الأرقام
10^6	10^5	10^4	10^3	10^2	10^1	10^0	قيمة كل رقم (المرتبة العشرية)

$$1{,}357{,}896 = 1 \times \text{one million} + 3 \times \text{one hundred thousand} + 5 \times \text{ten thousand} + 7 \times \text{one thousand} + 8 \times \text{one hundred} + 9 \times \text{ten} + 6 \times \text{one.}$$

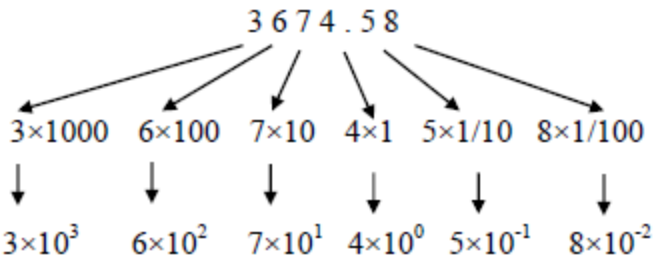
$$= 1 \times 1000\,000 + 3 \times 100\,000 + 5 \times 10\,000 + 7 \times 1000 + 8 \times 100 + 6 \times 1$$

وعلى ذلك يمكن التوصل للمعادلة التالية (معادلة النظم العددية)، والتي تصلح لإى نظام أعداد

$$d_n \ldots\ldots d_3 d_2 d_1 d_0 = d_n b^n + \ldots + d_3 b^3 + d_2 b^2 + d_1 b^1 + d_0 b^0$$

حيث: d تمثل الرقم و b تمثل قاعدة النظام والأس المرفوع يمثل ترتيب الرقم بدأً من الصفر ومن اليمن (b=2 في النظام التنائي، b=8 في النظام التمانى، b=10 في النظام العشري، b=16 في النظام السداسي عشر).

مثلاً العدد العشري 3674.58 يمكن تحليله إلى المراتب التالية:



مثال:

بين معنى الرقم العشري **3458** باستعمال معادلة النظم العددية.

الحل:

$$d_n.....d_3d_2d_1d_0=d_nb^n+...+d_3b^3+d_2b^2+d_1b^1+d_0b^0$$

$$\begin{aligned}3458_{10} &= 3\times10^3 + 4\times10^2 + 5\times10^1 + 8\times10^0\\ &= 3000 + 400 + 50 + 8\\ &= 3458\end{aligned}$$

١,٢ نظام الأعداد الثنائي Binary Number System

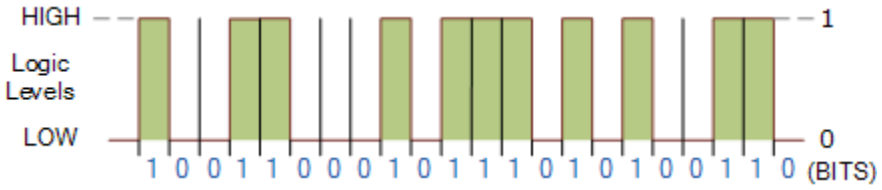
نظام الأعداد الثنائية هو أحد الأنواع الأربعة لنظم الأعداد. في تطبيقات الحاسوب، حيث يتم تمثيل الأرقام الثنائية برمزين أو رقمين فقط، أي ٠ (صفر) و١(واحد). يتم التعبير عن الأعداد الثنائية هنا بنظام الأعداد ذو الأساس ٢. على سبيل المثال، (١٠١)٢ هو عدد ثنائي. يقال أن كل رقم في هذا النظام هو بت Bit حيث يتم تخزين الرقم الواحد في بت واحد.

يتم تخزين البيانات في الدوائر الرقمية وأجهزة الكمبيوتر ونقلها كسلسلة من الأصفار والواحدات، ولذلك يتم استخدام نظام الأعداد الثنائي لتمثيل البيانات.

على عكس الدائرة الخطية أو التناظرية analogue circuit مثل مضخمات التيار المتردد التي تعالج الإشارات التي تتغير باستمرار من قيمة إلى أخرى، على سبيل المثال السعة أو التردد. تقوم الدوائر الرقمية Digital circuits بمعالجة الإشارات التي تحتوي على مستويين أو حالتين فقط من الجهد، يُسمى المنطق "٠" والمنطق "١".

بشـكل عام، يمثل المنطق "١" جهدًا أعلى، مثل ٥ فولت، والذي يشـار إليه عادةً باسـم قيمة عالية HIGH، بينما يمثل المنطق "٠" جهدًا منخفضًا، مثل ٠ فولت أو أرضي، ويشار إليه عادةً باسم قيمة منخفضة LOW. يُطلق على هذين المسـتويين المنفصـلين للجهد اللذين يمثلان القيم الرقمية "١" (واحد) و"٠" (أصـفار) اسـم: الأرقام الثنائية، وفي الدوائر والتطبيقات الرقمية والحسابية يُشار إليهما عادةً باسم Bits البتات.

Binary Bits of Zeros and Ones



نظرًا لوجود قيمتين منطقيتين صـالحتين فقط لتمثيل المنطق "١" أو المنطق "٠"، يجعل نظام استخدام الأرقام الثنائية مثاليًا للاستخدام في الدوائر والأنظمة الرقمية أو الإلكترونية.

نظام الأرقام الثنائية هو نظام ترقيم ذو أسـاس ٢ يتبع نفس مجموعة القواعد في الرياضـيات مثل نظام الأرقام العشـري أو نظام الأرقام ذو الأسـاس ١٠ الشـائع الاسـتخدام. لذلك بدلاً من قوى العشـرة، (10^n) على سـبيل المثال: ١، ١٠، ١٠٠، ١٠٠٠ وما إلى ذلك، تسـتخدم الأرقام الثنائية قوى العدد اثنين، (2^n) مما يؤدي إلى مضاعفة قيمة كل بتة متتالية بشكل فعال، على سبيل المثال: ١، ٢ ، ٤، ٨، ١٦، ٣٢ إلخ.

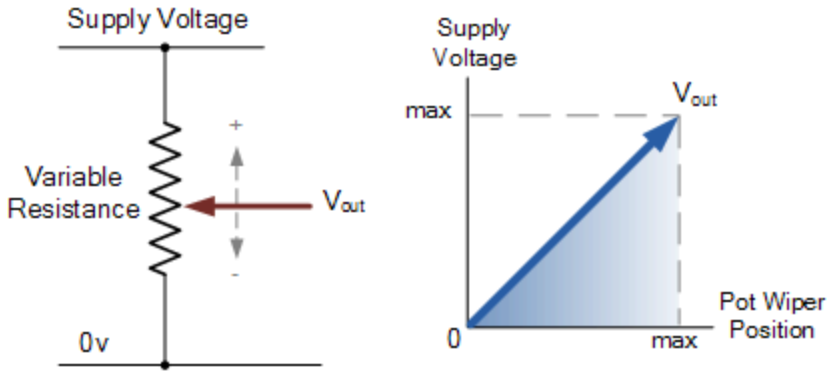
يمكن أن تكون الفولتية المسـتخدمة لتمثيل الدائرة الرقمية بأي قيمة، ولكن بشـكل عام في الأنظمة الرقمية وأنظمة الكمبيوتر يتم الاحتفاظ بها أقل بكثير من ١٠ فولت. في الأنظمة الرقمية، تسـمى هذه الجهود "المستويات المنطقية logic levels" ومن الناحية المثالية يمثل أحد مستويات الجهد حالة "عالية HIGH"، بينما يمثل مستوى جهد آخر مختلف وأقل حالة "منخفضة LOW". يستخدم نظام الأرقام الثنائية كلتا الحالتين.

❖ **يمكن تقسيم الدوائر والأنظمة الإلكترونية إلى فئتين رئيسيتين.**

• **الدوائر التناظرية Analogue Circuits:** تعمل الدوائر التناظرية أو الخطية على تضـخيم أو الاسـتجابة لمسـتويات الجهد المتغيرة باسـتمرار والتي يمكن أن تتناوب بين القيمة الموجبة والسـالبة على مدى فترة من الزمن.

• **الدوائر الرقمية Digital Circuits:** تنتج الدوائر الرقمية أو تسـتجيب أيضـاً لمسـتويين جهد موجب أو سالب متميزين يمثلان إما المستوى المنطقي "١" أو المستوى المنطقي "٠".

❖ مثال علي الدائرة التناظرية Analogue Voltage Output Representation

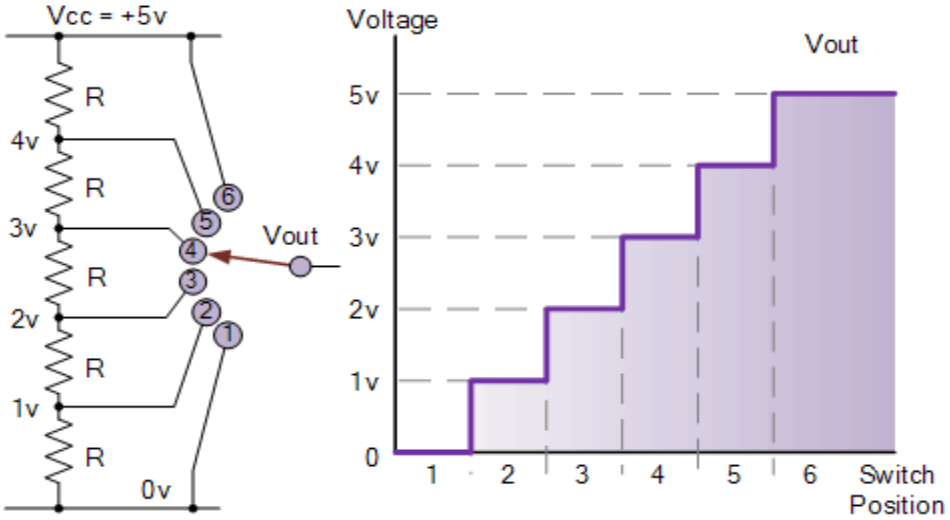


Analogue Voltage Output

يختلف الخرج من مقياس الجهد (المقاومة المتغيرة) مع تدوير طرف الماسحة لإنتاج عدد لا نهائي من نقاط جهد الخرج بين ٠ فولت وVMAX. يتغير الجهد تدريجيا بسرعه أو ببطئ سواء تصاعديا أو تنازليا ولا يوجد تغير مفاجئ أو متدرج (خطوات أو درجات). تشمل أمثلة الإشارات التناظرية درجة الحرارة والضغط ومستويات السائل وشدة الضوء.

❖ مثال علي الدائرة الرقمية Binary Numbers – Digital Voltage Output

يتم في هذا المثال استخدام مفتاح دوار يتحرك في خطوات من نقطة (عقدة) إلي أخري. عندما يتم تدوير المفتاح من موضع (أو عقدة) إلى الموضع التالي لجهد الخرج، يتغير VOUT بسرعة في مستويات جهد منفصلة ومميزة تمثل مضاعفات ١,٠ فولت في كل إجراء أو خطوة تبديل، كما هو موضح في الرسم البياني للخرج.



Digital Voltage Output

على سبيل المثال، سيكون جهد الخرج ٢ فولت، ٣ فولت، ٥ فولت، وما إلى ذلك، ولكن ليس ٢,٥ فولت، ٣,١ فولت، أو ٤,٦ فولت. يمكن بسهولة إنتاج مستويات جهد خرج أدق باستخدام مفتاح متعدد المواضع وزيادة عدد العناصر المقاومة داخل شبكة المقسم المحتملة، وبالتالي زيادة عدد خطوات التبديل المنفصلة.

يمكننا أن نرى أن الفرق الرئيسي بين الإشارة أو الكمية التناظرية والكمية الرقمية هو أن الكمية "التناظرية" تتغير باستمرار بمرور الوقت بينما الكمية "الرقمية" لها قيم منفصلة (خطوة بخطوة). "منخفض" إلى "مرتفع" أو من "مرتفع" إلى "منخفض".

الأرقام الثنائية – مستويات المنطق الرقمي Binary Numbers – Digital Logic Levels

في جميع الدوائر الإلكترونية والحاسوبية، يُسمح لمستويين منطقيين فقط بتمثيل حالة واحدة. ويشار إلى هذه المستويات بالمنطق ١ أو المنطق ٠، مرتفع أو منخفض، صحيح أو خطأ، تشغيل أو إيقاف. تستخدم معظم الأنظمة المنطقية المنطق الإيجابي، وفي هذه الحالة يتم تمثيل المنطق "٠" بصفر فولت ويتم تمثيل المنطق "١" بجهد أعلى. على سبيل المثال، +٥ فولت لمنطق TTL كما هو موضح.

First State	Second State
Logic "0"	Logic "1"
LOW	HIGH
FALSE	TRUE
Low Level Voltage Output	High Level Voltage Output
0V or Ground	+5 Volts

❖ **تحويل العدد الثنائي إلي عشري Binary to Decimal Conversion**

نظرًا لأن الرقم العشري هو رقم مرجح (موزون)، فإن التحويل من الرقم العشري إلى الثنائي (الأساس ١٠ إلى الأساس ٢) سينتج أيضًا رقمًا ثنائيًا مرجحًا حيث تكون البتة اليمنى هي البتة الأقل قيمةأو Least significant bit (LSB)، والبتة اليسرى الأكثر أهمية هي البتة الأكثر قيمة، أو most significant bit (MSB)، ويمكننا تمثيل ذلك على النحو التالي:

تمثيل العدد الثنائي Representation of a Binary Number

MSB	Binary Digit							LSB
2^8	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
256	128	64	32	16	8	4	2	1

في نظام الأرقام الثنائية، يزداد وزن كل رقم بمعامل ٢ كما هو موضح. ثم الرقم الأول وزنه ١ (٢٠) والرقم الثاني وزنه ٢ (٢١) والثالث وزنه ٤ (٢٢) والرابع وزنه ٨ (٢٣) وهكذا.

على سبيل المثال، تحويل رقم ثنائي إلى رقم عشري سيكون:

Decimal Digit Value	256	128	64	32	16	8	4	2	1
Binary Digit Value	1	0	1	1	0	0	1	0	1

وبجمع كل قيم الأرقام العشرية من اليمين إلى اليسار في المواضع التي يمثلها "١" نحصل على: (٢٥٦) + (٦٤) + (٣٢) + (٤) + (١) = ٣٥٧١٠ أو ثلاثمائة وسبعة وخمسون كرقم عشري.

❖ **طريقة أخري لتحويل العدد الثنائي إلي عشري:**

مثال:

ما هو المكافئ العشري للرقم 10100110

الحل:

$$d_n.....d_3d_2d_1d_0=d_nb^n+....+d_3b^3+d_2b^2+d_1b^1+d_0b^0$$

$$\begin{aligned}10100110_{\,2} &= 1\times2^7+0\times2^6+1\times2^5+0\times2^4+0\times2^3+1\times2^2+1\times2^1+0\times2^0\\ &= 128+0+32+0+0+4+2+0\\ &= 166_{10}\end{aligned}$$

مثال

لديك العدد الثنائي 101101، أوجد القيمة المكافئة لهذا العدد في النظام العشري.

الحل:

$$101101 = 1\times2^5 + 0\times2^4 + 1\times2^3 + 1\times2^2 + 0\times2^1 + 1\times2^0$$
$$= 32 + 0 + 8 + 4 + 0 + 1$$
$$= 45$$

ويمكن التعبير عن ذلك من خلال العلاقة الآتية:

$$(101101)_2 = (45)_{10}$$

❖ تحويل الكسر الثنائي إلي العشري:

تحويل الكسر من النظام الثنائي إلى النظام العشري

يمكن اجراء عملية تحويل كسر أي عدد ثنائي إلى نظيره في النظام العشري من خلال مرحلتين الأولى تحويل العدد الصحيح ثم بعد ذلك تحويل الكسر.

مثال: إذا أردنا أن نحول العدد الثنائي التالي (١٠٠١٠١,١٠١) إلى نظيره في النظام العشـــري فإننا ســـنقوم بتحويل العدد الصحيح أولاً ثم بعد ذلك نحول الكسر. و يوضح الجدول التالي هذه العملية.

الأوزان	1	2	4	8	16	32
العدد	1	0	1	0	0	1
القيم	1		4			32

وبهذا يكون العدد العشري المناظر هو ٣٢+٤+١=٣٧

لكي نحول الكسر نستخدم أيضا الأوزان (القيم الموقعية) من خلال الصيغة الموسعة:

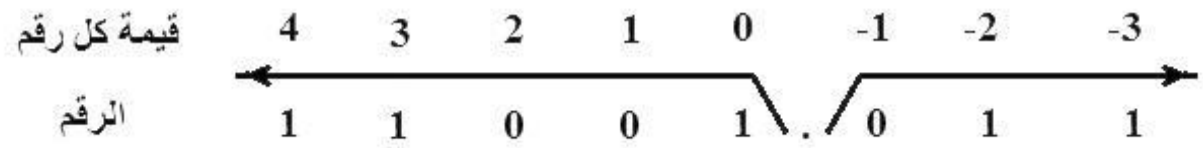
$$101 = 1\times2^{-1} + 0\times2^{-2} + 1\times2^{-3}$$
$$= 0.5 + 0 + 0.125$$
$$= 0.625$$

والآن نجمع العدد الصحيح 37 والكسر 0.625 ويكون العدد المناظر هو 37.625_{10}

كما يمكن تحويل الرقم المحتوي على كسر مباشرة مع مراعاة أن أرقام القيمة الموضعية بعد علامة الكسر تكون سالبة.

مثال حول العدد الثنائي التالي إلى مكافئه العشري: $(١١٠٠١,٠١١)_{٢} \rightarrow (\ ?\ )_{١٠}$

الحل:



$$d_n.....d_3\,d_2\,d_1\,d_0 = d_n b^n + ... + d_3 b^3 + d_2 b^2 + d_1 b^1 + d_0 b^0$$

$$(11001.011)_2 = 1x2^4 + 1x2^3 + 0x2^2 + 0x2^1 + 1x2^0 + 0x2^{-1} + 1x2^{-2} + 1x2^{-3}$$
$$= 1x16 + 1x8 + 0x4 + 0x2 + 1x1 + 0x\frac{1}{2} + 1x\frac{1}{4} + 1x\frac{1}{8}$$
$$= 25.625$$
$$\therefore (11001.011)_2 = (25.625)_{10}$$

مثال

حول الرقم الثنائي 100101.01 إلى النظام العشري.

الحل

نبدأ بكتابة صف الأوزان، ويكتب تحتها الرقم الثنائي، ثم يتم جمع الأوزان المقابلة للرقم ١.

الأوزان	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0.	2^{-1}	2^{-2}
العدد	32	16	8	4	2	1.	1/2	1/4
القيم	1	0	0	1	0	1.	0	1
	32			+4		+1		+1/4 = 37.25

❖ **التحويل من النظام العشري إلي النظام الثنائي Converting from decimal to binary**

يتم هذا التحويل بالقسمة المتتالية للعدد العشري الصحيح المراد تحويله على أساس النظام الثنائي ٢ وتسجيل الباقي بعد كل عملية قسمة. وحيث أن القسمة على الرقم ٢ فإن الباقي يكون إما ٠ أو ١ فنحصل على العدد الثنائي من ترتيب بواقي القسمة من الأسفل إلى الأعلى وكتابته من اليسار إلى اليمين.

لنطبق هذه الطريقة على العدد 37 كما بالمثال التالي:

		الباقي
2	37	
2	18	1
2	9	0
2	4	1
2	2	0
2	1	0
2	0	1

اقرأ بواقي القسمة من الأسفل إلى الأعلى لتحصل على النظير الثنائي للعدد العشري 37 وهو $(100101)_2$

1 0 0 1 0 1

أما بالنسبة للعدد الكسري يتم تحويل الجزء الصحيح من العدد الكسري أولاً بالطريقة السابقة. ثم يتم ضرب الكسر في أساس النظام الثنائي ٢ ثم أخذ الجزء الكسري فقط من ناتج الضرب وضربه في الأساس ٢ وهكذا، ولو هناك واحد صحيح يرحل للباقي، إلي أن يصل الناتج (الجزء الكسري) إلي صفر أو أقرب قيمة وتحصل على العدد الثنائي من ترتيب ناتج الضرب في عمود الجزء الصحيح من الأعلى إلى الأسفل وكتابته من اليسار إلى اليمين.

مثال: حول العدد ٢٠,٦٢٥ من العشري إلي الثنائي؟

الحل: يتم تحويل العدد الصحيح أولاً كما بالمثال السابق

		الباقي
2	20	
2	10	0
2	5	0
2	2	1
2	1	0
2	0	1

اقرأ بواقي القسمة من الأسفل إلى الأعلى لتحصل على النظير الثنائي للعدد العشري 20 وهو $(10100)_2$

ثم يتم تحويل العدد الكسري وهو ٠,٦٢٥ كالتالي:

		الباقي
$2\times0.626 =$	**1**.252	1
$2\times0.252 =$	**0**.504	0
$2\times0.504 =$	**1**.008	1

ناتج الضرب في عمود الجزء الصحيح من الأعلى إلى الأسفل لتحصل على النظير الثنائي للعدد العشري 0.625 وهو $(.101)_2$ بدقة ثلاث أرقام

إذن العدد الثنائي المكافئ للعدد العشري 20.625 هو $(10100.101)_2$.

مثال:

حول الكسر العشري 0.188 إلى النظام الثنائي.

الحل:

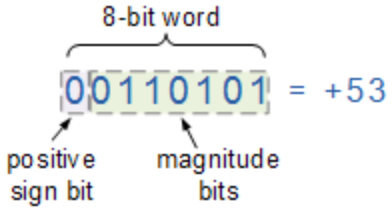
		الباقي
$2\times 0.188 =$	**0**.376	0
$2\times 0.376 =$	**0**.752	0
$2\times0.752 =$	**1**.504	1
$2\times0.504 =$	**1**.008	1
$2\times0.008 =$	**0**.016	0

ناتج الضرب في عمود الجزء الصحيح من الأعلى إلى الأسفل لتحصل على النظير الثنائي للعدد العشري 0.188 وهو $(0.00110)_2$ وذلك بدقة خمسة أرقام.

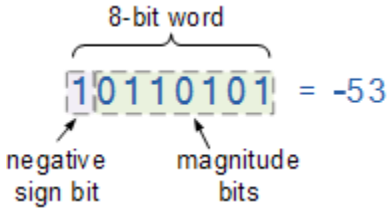
❖ **إشارة الأعداد الثنائية Signed Binary Numbers**

تستخدم الأرقام الثنائية MSB كبت إشارة لعرض نطاق من الأرقام الموجبة أو الأرقام السالبة.

Positive Signed Binary Numbers



Negative Signed Binary Numbers



❖ أسماء وبادئات الأرقام الثنائية Binary Number Names & Prefixes

يمكن جمع الأرقام الثنائية معًا وطرحها تمامًا مثل الأرقام العشـــرية مع دمج النتيجة في واحد من نطاقات الحجم المتعددة اعتمادًا على عدد البتات المستخدمة. تأتي الأرقام الثنائية في ثلاثة أشكال أساسية - بت bit، بايت byte وكلمة word، حيث البت هو رقم ثنائي واحد، والبايت هو ثمانية أرقام ثنائية، والكلمة هي ١٦ رقمًا ثنائيًا. يُشار عمومًا إلى تصنيف البتات الفردية إلى مجموعات أكبر بالأسماء الأكثر شيوعًا التالية:

Number of Binary Digits (bits)	Common Name
1	Bit
4	Nibble
8	Byte
16	Word
32	Double Word
64	Quad Word

اليوم، نظرًا لأن أنظمة التحكم الدقيقة أو المعالجات الدقيقة أصبحت أكبر بشكل متزايد، يتم الآن تجميع الأرقام الثنائية الفردية (البتات) معًا في ٨ لتكوين BYTE واحد مع أن معظم أجهزة الكمبيوتر مثل محركات الأقراص الثابتة ووحدات الذاكرة تشير عادةً إلى حجمها بالميجابايت أو بالجيجابايت.

Number of Bytes	Common Name
1,024 (2^{10})	kilobyte (kb)
1,048,576 (2^{20})	Megabyte (Mb)
1,073,741,824 (2^{30})	Gigabyte (Gb)
a very long number! (2^{40})	Terabyte (Tb)

١,٣ نظام الأعداد الثماني Octal Number System

نظام الأرقام الثماني هو نوع آخر من أنظمة الترقيم الحاسوبية والرقمية التي تستخدم نظام Base-8

نظام الترقيم الثماني يشبه إلى حد كبير من حيث المبدأ نظام الترقيم السداسي عشر باستثناء أنه في نظام الترقيم الثماني، يتم تقسيم الرقم الثنائي إلى مجموعات مكونة من ٣ بتات فقط، مع وجود قيمة مميزة لكل مجموعة أو مجموعة من البتات تتراوح بين ٠٠٠ (٠) و ١١١ (٤+٢+١ = ٧).

OCTAL	BINARY
0	000
1	001
2	010
3	011
4	100
5	101
6	110
7	111

وبالتالي فإن نظام الأعداد الثماني يحتوي على نطاق مكون من "٨" أرقام فقط، (٠، ١، ٢، ٣، ٤، ٥، ٦، ٧) مما يجعله نظام ترقيم ذو أساس ٨ وبالتالي، q تساوي "٨".

نظرًا لأن أساس نظام الأعداد الثماني هو ٨ (الأساس ٨)، والذي يمثل أيضًا عدد الأرقام الفردية المستخدمة في النظام، يتم استخدام الحرف المنخفض ٨ لتحديد العدد المعبر عنه بالنظام الثماني. على سبيل المثال، يتم التعبير عن الرقم الثماني على النحو التالي: ٨(٢٣٧).

تمامًا مثل نظام الترقيم السداسي العشري، يوفر "نظام الأرقام الثماني" طريقة ملائمة لتحويل الأرقام الثنائية الكبيرة إلى مجموعات أصغر حجمًا وأكثر إحكاما. ومع ذلك، في هذه الأيام يتم استخدام نظام الترقيم الثماني بشكل أقل تكرارًا من نظام الترقيم السداسي العشري الأكثر شيوعًا، وقد اختفى تقريبًا كنظام رقمي أساسي.

❖ تمثيل العدد الثماني Representation of an Octal Number

MSB	Octal Number							LSB
8^8	8^7	8^6	8^5	8^4	8^3	8^2	8^1	8^0
16M	2M	262k	32k	4k	512	64	8	1

❖ تحويل الأعداد الثمانية Transfer octal Numbers

Decimal Number	3-bit Binary Number	Octal Number
0	000	0
1	001	1
2	010	2
3	011	3
4	100	4
5	101	5
6	110	6
7	111	7

Example No1: Binary number To Octal Number System

Using our previous binary number of 1101010111001111_2 convert this binary number to its octal equivalent, (base-2 to base-8).

Binary Digit Value	0011010101110011111
Group the bits into three´s starting from the right hand side	001 101 010 111 001 111
Octal Number form	152717_8

Thus, 0011010101110011111_2 in its Binary form is equivalent to 152717_8 in Octal form.

Example No2: Octal Numbers to Decimal number.

Convert the octal number 2322_8 to its decimal number equivalent, (base-8 to base-10).

Octal Digit Value	2322_8
In polynomial form	$=(2\times8^3)+(3\times8^2)+(2\times8^1)+(2\times8^0)$
Add the results	$=(1024)+(192)+(16)+(2)$
Decimal number form equals: 1234_{10}	

Then, converting octal to decimal shows that 2322_8 in its Octal form is equivalent to 1234_{10} in its Decimal form.

Example No3: Decimal number to Octal.

لتحويل الأعداد العشرية إلى أعداد ثمانية، يتم قسمة العدد العشري على ٨ في كل مرة، فينتج أو يعطي باقيًا. الباقي الأول الذي نحصـــل عليه هو الرقم الأقل أهمية (قيمة) (LSD) والباقي الأخير هو الرقم الأكثر أهمية (قيمة) (MSD). دعونا نفهم التحويل مع مثال المساعدة.

Problem: Suppose 560 is a decimal number, convert it into an octal number.

Solution: If 560 is a decimal number, then,

560/8 = 70 and the remainder is 0

70/8 = 8 and the remainder is 6

8/8 = 1 and the remainder is 0

And 1/8 = 0 and the remainder is 1

So, the octal number starts from MSD to LSD, i.e. 1060

Therefore, $560_{10} = 1060_8$

Problem: Convert 0.52 into an octal number.

Solution: The fraction part of the decimal number has to be multiplied by 8.

0.52 × 8 = 0.16 with carry 4

0.16 × 8 = 0.28 with carry 1

0.28 × 8 = 0.24 with carry 2

0.24 × 8 = 0.92 with carry 1

So, for the fractional octal number, we read the generated carry from up to down.

Therefore, 0.4121 is the octal number.

في حين أن Octal هو نوع آخر من أنظمة الأعداد الرقمية، إلا أنه قليل الاستخدام هذه الأيام، بدلاً من ذلك يتم استخدام نظام الترقيم السداسي عشر الأكثر استخدامًا لأنه أكثر مرونة.

❖ النظام السداسي عشر Hexadecimal Numbers

الأعداد السداسية العشرية، والتي غالبًا ما يتم اختصارها إلى "أعداد سداسية عشرية" أو "ست عشرية"، هي أرقام ممثلة بالأساس ١٦ بدلاً من الأساس ١٠ الذي نستخدمه في النظام العشري.

نظام الأرقام السداسي العشري هو نوع من أنظمة الأعداد، له قيمة أساس تساوي ١٦. ويتم نطقه أيضًا أحيانًا باسم "ست عشري". يتم تمثيل الأرقام السداسية العشرية بـ ١٦ رمزًا فقط. هذه الرموز أو القيم هي

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E and F.

يمثل كل رقم قيمة عشرية. على سبيل المثال، D يساوي ١٠ ١٣.

For example: $7B3_{16}$, $6F_{16}$, $4B2A_{16}$ are hexadecimal numbers.

تستخدم أنظمة الأرقام الثنائية الأساس ٢ بينما تستخدم الأرقام السداسية العشرية الأساس ١٦. أحد العيوب الرئيسية لاستخدام الأرقام الثنائية لتمثيل الأرقام العشرية ذات الأساس ١٠ هو أن السلسلة الثنائية المكافئة المكونة من ١ و٠ يمكن أن تكون طويلة جدًا ومربكة.

عند العمل مع الأنظمة الرقمية الكبيرة، من الشائع العثور على أرقام ثنائية تتكون من ٨ و١٦ وحتى ٣٢ رقمًا فرديًا مما يجعل من الصعب القراءة أو الكتابة دون حدوث أخطاء، خاصة عند العمل مع الكثير من الأرقام الثنائية المكونة من ١٦ أو ٣٢ بت .

إحدى الطرق الشائعة للتغلب على هذه المشكلة هي ترتيب الأرقام الثنائية في مجموعات من أربع بتات (٤ بتات). تستخدم هذه المجموعات المكونة من ٤ بتات نوعًا آخر من أنظمة الترقيم المستخدمة بشكل شائع في أنظمة الكمبيوتر والأنظمة الرقمية تسمى الأرقام السداسية العشرية.

كما قلنا للتو، يمكن أن تكون السلاسل الثنائية طويلة جدًا وصعبة القراءة، ولكن يمكننا أن نجعل الحياة أسهل عن طريق تقسيم هذه الأرقام الثنائية الكبيرة إلى مجموعات زوجية لتسهيل كتابتها وفهمها.

For example, the following group of binary digits $1101\ 0101\ 1100\ 1111_2$ are generally much easier to read and understand than 1101010111001111_2 when all the binary number are bunched up together.

تعد الأرقام السداسية العشرية نظامًا أكثر تعقيدًا من استخدام النظام الثنائي أو العشري فقط، وتُستخدم بشكل أساسي عند التعامل مع أجهزة الكمبيوتر ومواقع عناوين الذاكرة. من خلال تقسيم رقم ثنائي إلى مجموعات

مكونة من ٤ بتات، يمكن الآن أن يكون لكل مجموعة أو مجموعة مكونة من ٤ أرقام قيمة محتملة تتراوح بين "٠٠٠٠" (٠) و"١١١١" (٨+٤+٢+١ = ١٥) مما يعطي إجمالي ١٦ مجموعة أرقام مختلفة من ٠ إلى ١٥. لا تنس أن "٠" هو أيضًا رقم صالح.

نتذكر من نظام الأرقام الثنائية أن مجموعة الأرقام المكونة من ٤ بتات تسمى "nibble". نظرًا لأن ٤ بتات مطلوبة أيضًا لإنتاج رقم سداسي عشري، فيمكن اعتبار الرقم السداسي أيضًا بمثابة nibble أو نصف بايت. وبالتالي، يلزم وجود رقمين سداسي عشري لإنتاج بايت واحد كامل يتراوح من ٠٠ إلى FF.

أيضًا، نظرًا لأن ١٦ في النظام العشري هو القوة الرابعة للرقم ٢ (أو ٢٤)، فهناك علاقة مباشرة بين الرقمين ٢ و ١٦، لذا فإن الرقم السداسي الواحد له قيمة تساوي أربعة أرقام ثنائية، لذا فإن q الآن تساوي "١٦".

وبسبب هذه العلاقة، يمكن تمثيل أربعة أرقام في رقم ثنائي برقم سداسي عشري واحد. وهذا يجعل التحويل بين الأرقام الثنائية والست عشرية أمرًا سهلاً للغاية، ويمكن استخدام النظام الست عشري لكتابة أرقام ثنائية كبيرة بأرقام أقل بكثير.

❖ تحويل النظام السداسي عشر

يمكن تحويل أنظمة الأعداد السداسية العشرية إلى أنظمة أرقام أخرى مثل النظام الثنائي (الأساس ٢)، والنظام الثماني (الأساس ٨)، وأنظمة الأعداد العشرية (الأساس ١٠).

Hexadecimal Digit	Decimal Digit	Binary Digit
0	0	0000
1	1	0001
2	2	0010
3	3	0011
4	4	0100
5	5	0101
6	6	0110
7	7	0111
8	8	1000
9	9	1001
A	10	1010
B	11	1011
C	12	1100
D	13	1101
E	14	1110
F	15	1111

باســـتخدام الرقم الثنائي الأصـــلي من الأعلى 1111_2 1100 0101 1101 يمكن الآن تحويل هذا إلى رقم سداسي عشري مكافئ من $D5CF_{16}$ وهو أسهل بكثير في القراءة والفهم من صف طويل من ١ و٠ الذي كان لدينا من قبل.

من أجل التمييز بين الأرقام السداسية العشرية والأرقام الدينارية، يتم استخدام بادئة إما "#" (Hash) أو "$" (علامة الدولار) قبل قيمة الرقم السداسي العشري الفعلي، #D5CF أو $D5CF.

❖ تمثيل رقم سداسي عشري Representation of a Hexadecimal Number

MSB	Hexadecimal Number							LSB
16^8	16^7	16^6	16^5	16^4	16^3	16^2	16^1	16^0
4.3G	2.6G	16M	1M	65k	4k	256	16	1

تعد إضـافة أرقام سداسـية عشـرية إضـافية لتحويل كل من الأرقام العشـرية والثنائية إلى رقم سداسـي عشـري أمرًا سهلاً للغاية إذا كان هناك ٤ أو ٨ أو ١٢ أو ١٦ رقمًا ثنائيًا للتحويل. ولكن يمكننا أيضًا إضافة الصفر إلى يسار البتة الأكثر أهمية، وهي MSB، إذا كان عدد البتات الثنائية ليس من مضاعفات الأربعة.

على سـبيل المثال، ١١٠٠١٠١١٠١١٠٠١٢ هو رقم ثنائي مكون من أربعة عشـر بت وهو كبير جدًا بالنسـبة لثلاثة أرقام سـداسـية عشـرية فقط، ولكنه صـغير جدًا بالنسـبة لرقم سـداسـي عشـري مكون من أربعة أرقام. الجواب هو إضـافة أصـفار إضـافية إلى أقصـى اليسـار حتى نحصـل على مجموعة كاملة من الأرقام الثنائية المكونة من أربعة بتات أو مضاعفاتها.

Adding of Additional 0's to a Binary Number

Binary Number	0011	0010	1101	1001
Hexadecimal Number	3	2	D	9

تنطبق "إضافة" الصفر هذه على أي طول رقم ثنائي للعثور على الرقم السداسي العشري المكافئ. على سبيل المثال، إذا كان لديك رقم ثنائي مكون من ٩ بتات وتحتاج إلى رقم سداسي عشري مكون من ٤ أرقام (١٦ بت)، فستتم إضافة ٧ أصفار إلى الجانب الأيسر من الرقم الثنائي المكون من ٩ بتات.

Giving: $0000000111111111_2 = 01FF_{16}$ and so on.

❖ Hexadecimal Number System Conversion to Others

- **Method 1:** Convert Hexadecimal to Binary with Conversion Table

Example: Convert hexadecimal $(67F)_{16}$ to binary.

Solution: Looking at the conversion table, find the equivalent of each digit to hexadecimal.

$(6)_{16} = (0110)_2$

$(7)_{16} = (0111)_2$

$(F)_{16} = (1111)_2$

Combine all the binary numbers together to obtain the final one.

Therefore, $(67F)_{16} = (011001111111)_2$

Method 2: Convert Hexadecimal to Binary without Conversion Table:

Example: Convert hexadecimal $(76)_{16}$ to binary.

Solution: Convert $(76)_{16}$ to decimal by multiplying each digit with 16^{n-1}. Multiply it

$(76)_{16} = 7 \times 16^{(2-1)} + 6 \times 16^{(1-1)}$

$(76)_{16} = 7 \times 16^1 + 6 \times 16^0$

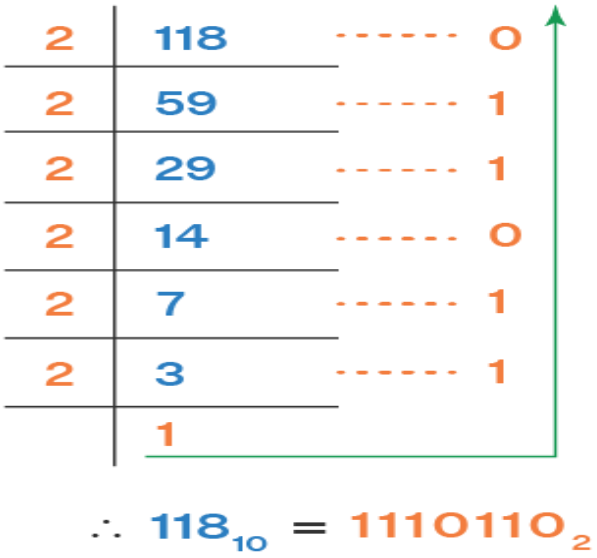
$(76)_{16} = 7 \times 16 + 6 \times 1$

$(76)_{16} = 112 + 6$

$(76)_{16} = 118$

Therefore, $(76)_{16} = (118)_{10}$.

Convert $(118)_{10}$ to a binary number by dividing the number by 2 until the quotient is zero.



Therefore, $(118)_{10} = (1110110)_2$.

Hence, $(76)_{16} = (1110110)_2$.

❖ Convert Hexadecimal to Decimal

Converting hexadecimal to decimal is done in a similar manner as the previous two i.e. multiply each digit with the power of 16. Let us take an example.

Example: Convert $(DC24)_{16}$ to Decimal.

Solution:

$(DC24)_{16} = D \times 16^3 + C \times 16^2 + 2 \times 16^1 + 4 \times 16^0$

$(DC24)_{16} = 13 \times 16^3 + 12 \times 16^2 + 2 \times 16^1 + 4 \times 16^0$ (*convert the symbols to digits looking at the hexadecimal to decimal conversion table used above*)

$(DC24)_{16} = 13 \times 4096 + 12 \times 256 + 2 \times 16 + 4 \times 1$

$(DC24)_{16} = 53248 + 3072 + 32 + 4$

$(DC24)_{16} = 56356$

Therefore, the decimal equivalent of $(DC24)_{16} = (56356)_{10}$.

Convert Decimal to Hexadecimal

The decimal to hexadecimal conversion is done by using the base number of hexadecimal that is 16 so the number needs to be divided by 16 until the quotient is zero. Let us look at an example.

Example: Convert $(150)_{10}$ to hexadecimal.

Solution: Divide 150 by 16 until the quotient is zero.

150/16 = 9, remainder is 6

9/16 = 0, remainder is 9

Write the remainder from bottom to top.

Therefore, $(150)_{10} = (96)_{16}$.

Hexadecimal Number System With Decimal Point

With a decimal point, a hexadecimal number has two parts: integer and fraction. The integer part is on the left of the decimal point whereas the fraction part is on the right of the decimal point. Since the digits use the power of 16, the digits on the right will have a power of 16 in the decreasing order.

For example: $(5E.64)_{16} = 5 \times 16^1 + E \times 16^0 + 6 \times 16^{-1} + 4 \times 16^{-2}$

Therefore, the decimal equivalent of $(DC24)_{16} = (56356)_{10}$.

الباب الثالث

القياس

١ قياس واختبار المكونات الإلكترونية

لإجراء عملية قياس صحيحة فإن الخطوة الأولى هي التعرف على طبيعة المكون:

❖ **طبيعة المكون:**

في الأساس، هناك نوعان من المكونات الإلكترونية. تسمى إحدى المجموعتين بالمكونات الفعالة Active Components بينما تسمى المجموعة الأخرى بالمكونات غير الفعالة Passive Components.

← **المكونات الفعالة Active Components** هي تلك التي تحتاج إلى طاقة خارجية لعملياتها. أنها توفر نوعا من المكاسب للدائرة، حيث توفر المكونات الفعالة تأثيرًا نشطًا مثل تضخيم أو تصحيح أو تحويل الطاقة الكهربائية الموردة. على سبيل المثال: الثنائيات (الدايوود)، الترانزستور، الثايرستور، والدياك، الترياك.

← **المكونات غير الفعالة Passive Components:** لا تحتاج إلى أي قوة خارجية للقيام بعملياتهم الصحيحة. وهي لا توفر مكاسب، في الواقع، فهي تبدد الطاقة. حيث توفر المكونات السلبية أو غير الفعالة وظائف سلبية مثل استهلاك الطاقة الكهربائية الموردة أو تخزينها أو إطلاقها. ومن الأمثلة على ذلك: المقاومات، المكثفات، الكريستالة، الفيوزات، والملفات.

❖ **طريقة تثبيت المكون في الدائرة:**

هناك نوعان من التقنيات المهمة جدًا المستخدمة في تثبيت المكونات الإلكترونية في الدائرة.

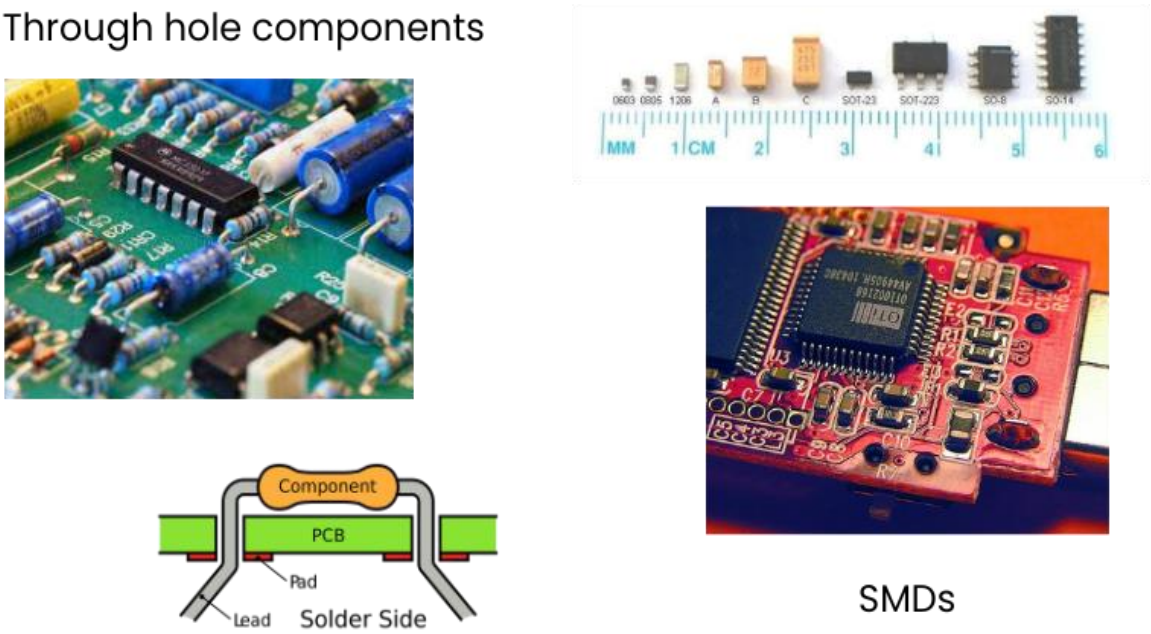
← تثبيت المكونات من خلال الثقوب Through holes components

← التثبيت على السطح Surface mount devices (SMD)

المكونات التي يتم تثبيتها من خلال الفتحات في الدائرة Through holes components، تحتوي على أطراف سميكة (يمكنك تسميتها بالأرجل legs أو وصلات leads) تمر عبر فتحات الدائرة PCBs.

بينما من ناحية أخرى، يتم لحام SMDs على سطح الدائرة. كلا النوعين لهما استخدامات ومزايا خاصة بهما.

لا يختلف الأمر عن أيهما أفضل – فالأمر يعتمد كليًا على ما تقوم بتصميمه. تُستخدم الثقوب في الغالب للتعامل مع الطاقة العالية بينما تُفضل أجهزة SMD عندما نريد منتجًا صغير الحجم.



Through holes vs SMD components

١,١ الطرق العامة لاختبار المكونات الإلكترونية General methods for electronic components testing

١,١,١ طريقة الفحص البصري The Visual Inspection method

وكما يمكنك تخمينه من الاسم، فهي طريقة عامة لرؤية أحد المكونات بأعيننا. في هذه الطريقة، نقوم بفحص المكون، سواء في الدائرة أو خارج الدائرة، ونرى السيناريوهات الواضحة التالية:

- ← إذا كان مفتوحا أو منفجرا.
- ← هناك أي تسرب.
- ← إذا تم كسره.
- ← إذا كان هناك أي تشققات مرئية.
- ← إذا تغير لونه.
- ← إذا كانت هناك بعض أعراض الاحتراق على PCB بالقرب من المكون..
- ← إذا كان هناك أي رائحة كريهة (شياط أو احتراق).
- ← عند تشغيل الدائرة هناك بعض الأصوات الغريبة القادمة من المكون..

← وكذلك شعورك (أو شكك من واقع خبرتك) تجاه المكون.

إذا كان هناك أي من الحالات المذكورة أعلاه، فقد حان الوقت لاســـتبدال هذا المكون مباشـــرة إذا كان داخل لوحة الدائرة. أو لا تفكر حتى في استخدام هذا المكون إذا كان خارج الدائرة.

١,١,٢ استخدام أجهزة الاختبار **Using the test Devices**

في معظم الأحيان، سيتم اكتشاف أحد المكونات من خلال الفحص البصري البسيط. ولكن هذا ليس صحيحا لجميع الحالات. لذلك فإن أجهزة الاختبار هي الحل الأمثل.

بالمناسبة، أجهزة الاختبار وحدها لن تساعدك إذا لم تكن لديك المعرفة الصحيحة حول الدوائر. لذا، أفترض أنك تعرف بالفعل العنصر الذي تريد اختباره بالضبط.

❖ أجهزة الاختبار Test Devices

- Digital Multimeter
- Component tester
- LCR Meter and tweezers (SMD component testing)
- IC tester
- Oscilloscope and a function generator (for advanced testing, totally optional for beginners)

Just for extra knowledge. If your components are high frequency then you should have a working spectrum analyzer and vector network analyzer (VNA) as well for the measurement of S-parameters and reflection coefficients.

١,١,٢,١ **المقياس الرقمي المتعدد** *Digital multimeter*

هو جهاز قياس إلكتروني يمكنه قياس الكميات التالية بدقة عالية: المقاومة (سواء من خلال الثقب أوSMD)، قياسات الجهد والتيار لكل من التيار المتردد والتيار المستمر، اختبار الاستمرارية، قياس سعة المكثف.

١,١,٢,٢ جهاز اختبار المكونات (اختبار الترانزستور) *Component tester (transistor tester)*

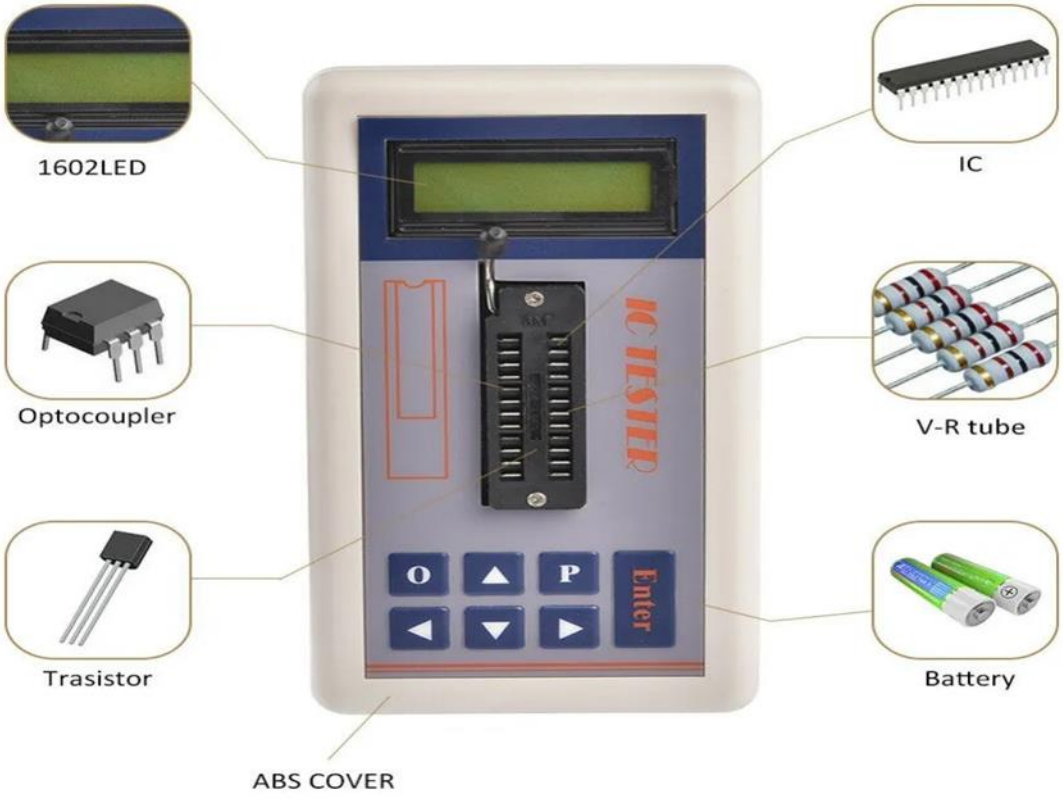
إنه يخبرنا مباشرة عن المكون الجيد والسيء. يمكنه قياس العديد من المكونات مثل الترانزستورات، الدايوودات، المكثفات...إلخ

١,١,٢,٣ مقياس *LCR* أو ملاقط *LCR meter or LCR tweezers LCR*

عندما يتعلق الأمر باختبار المكونات على اللوحة (الدائرة الكهربية)، فأنت بحاجة إلى مقياس LCR (الأفضل للثقوب) وملقط LCR (الأفضل للمكونات السطحية). يمكن استخدامه لقياس العديد من المكونات مثل الملفات (الحث L)، المكثفات (السعة C)، والمقاومة (R).

١,١,٢,٤ جهاز اختبار الدوائر المتكاملة *(ICs)* Integrated circuits (ICs) tester

يمكنك استخدام مقياس متعدد multimeter لاختبار الدوائر المتكاملة أيضًا. ولكن هذا ليس فعالا جدا ويحتاج خبرة ويستهلك الوقت. لهذا، يجب أن يكون لدينا جهاز اختبار ICs مخصص.



IC Tester

١,٢ القياس بالمالتيمتر Components testing by a digital multimeter

❖ **Parts of a Multimeter :**A basic multimeter consists of four parts. They are : Display, Selection Knob, Ports and Probes.

عادة، يأتي كل جهاز متعدد القياســـات مزودًا بزوج من المجســـات، أحدهما أحمر والآخر أســـود. قم دائمًا بتوصـــيل المجس الأســـود بمنفذ COM. عادةً ما يتم توصـــيل المســـبار الأحمر بالمنفذ الذي يحمل العلامة VΩmA. استخدم المنفذ الآخر الذي يحمل الملصق 10 ADC لقياس التيار المستمر حتى ١٠ أمبير.

WARNING: The 10A port will usually be marked whether there is an internal fuse or not. Be very careful when using this port and do not use this port for long continuous durations (not more than 10s).

1- Measuring Voltage:

Using a Digital Multimeter, you can measure both the DC and AC Voltage.

❖ DC Voltage

Plug-in the correct probes into the Multimeter and set the knob to measure DC Voltage.

The number to which knob points to is the maximum value that we can measure. So, if you set the knob to 20, then you can measure DC Voltages up to 20V.

In case you want to measure the voltage of a 9V battery, then set the knob to 20. What happens if you set the range lower than the measuring value? In this case, the LCD will display 1, indicating that the result has exceeded the range.

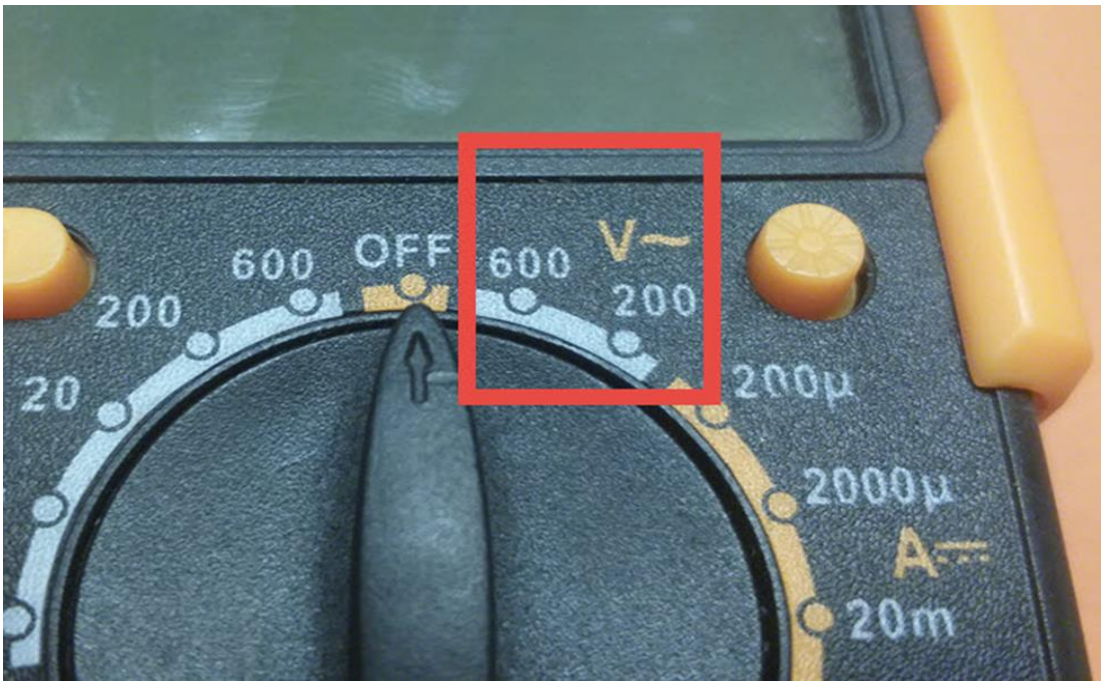
Now, connect the red probe to the positive terminal of the battery and Black probe to the negative terminal.

- **AC Voltage**

WARNING: Measure AC Voltage with extreme caution and preferably under a professional supervision. Make sure that the probes are properly inserted into the Multimeter ports without any exposed metal. Do not touch the probes by the tips. AC Mains can be very dangerous.

To measure AC mains Voltage, set the knob to 600 in AC Voltage Measurement (V with a Sine Wave). I chose 600 because my mains supply is 240V. Always set the knob for AC Voltage measurement before inserting the probes.

Now, Insert the probes into the socket and you can see the measured AC Voltage displayed on the LCD.

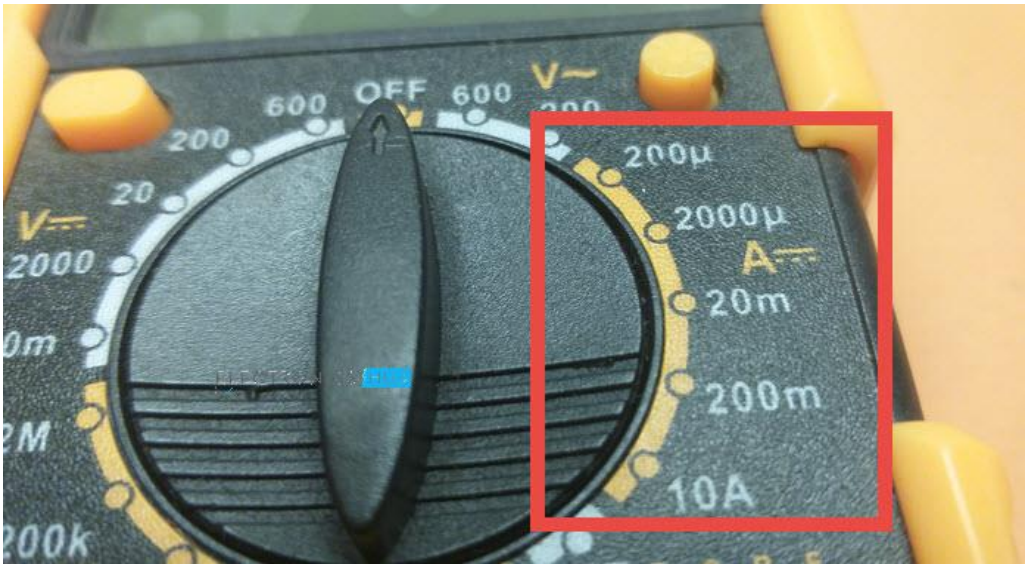


AC voltage selection

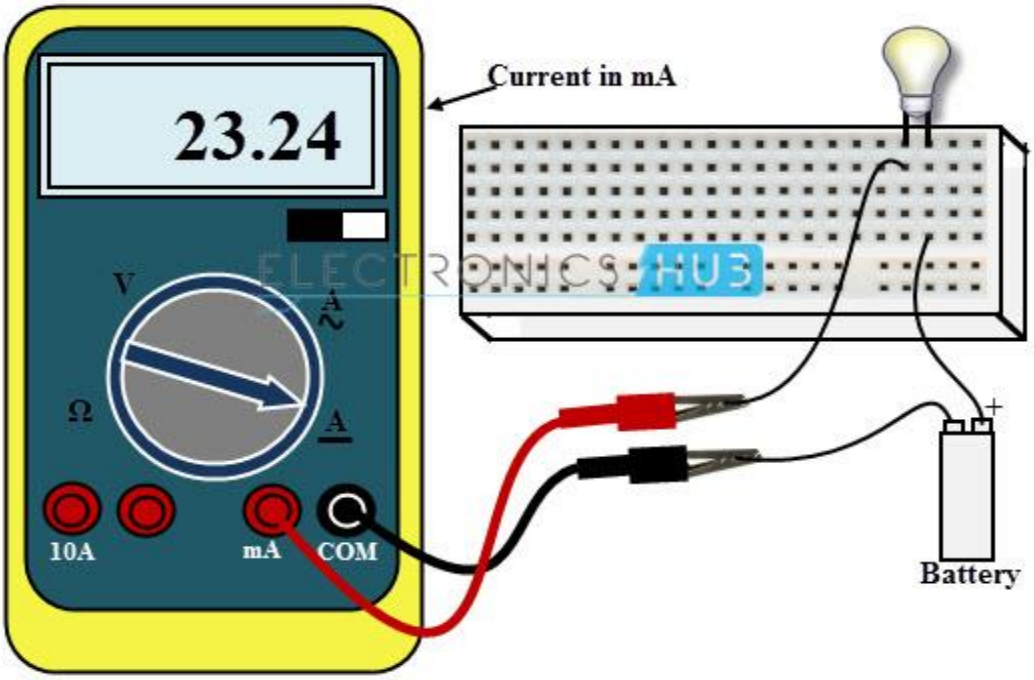
Measuring AC voltage

2- Measuring Current

We must make the Multimeter a part of the circuit so that same current passes through the Multimeter as in the component (connect multimeter in series with circuit). The Ammeter section of the Multimeter is indicated by the symbol A. Another important point to note is that most Digital Multimeters can only measure DC Current.



DC current selection



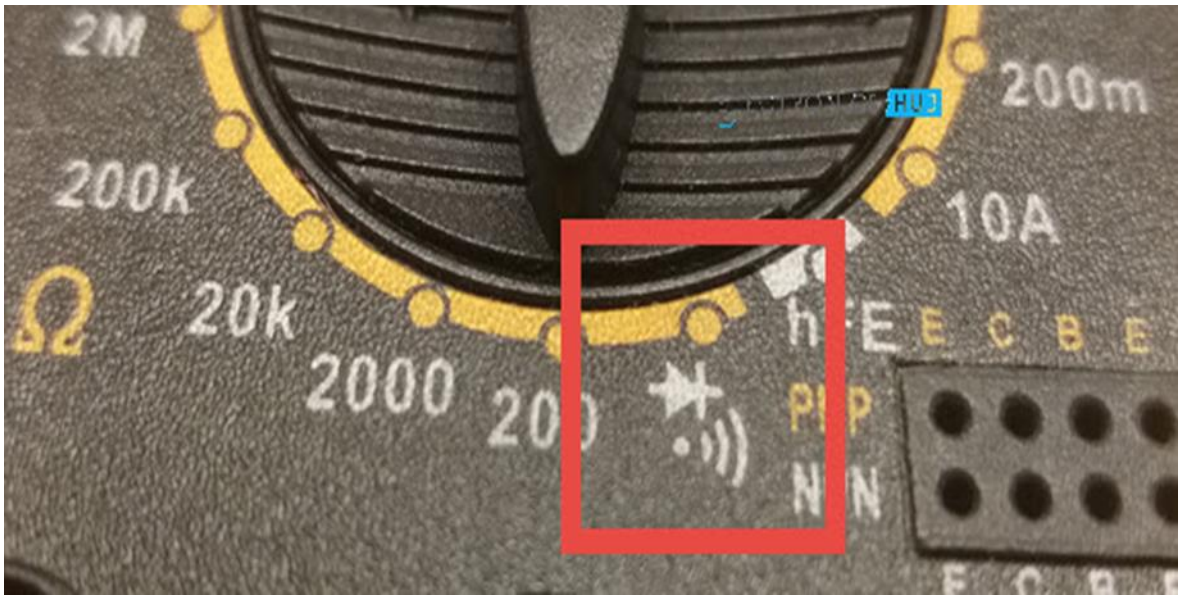
3- Measuring Resistance

The Ohmmeter section of the Multimeter is represented by Ω symbol. This meter can measure resistance up to 2MΩ.

Set the knob to the desired range in the resistance measurement and connect the probes to the leads of the resistor. The measured resistance will be displayed on the LCD

4- Testing Continuity

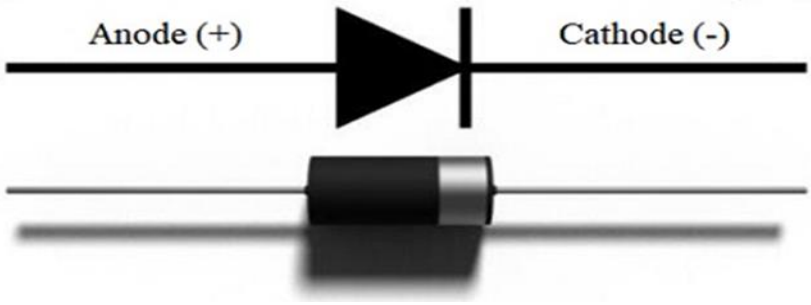
The most frequently used and one of the easiest functions of a Multimeter is the continuity test. It is used to test continuity from point A to B in a circuit, whether a wire is conducting or not, whether a switch is properly functioning or not.



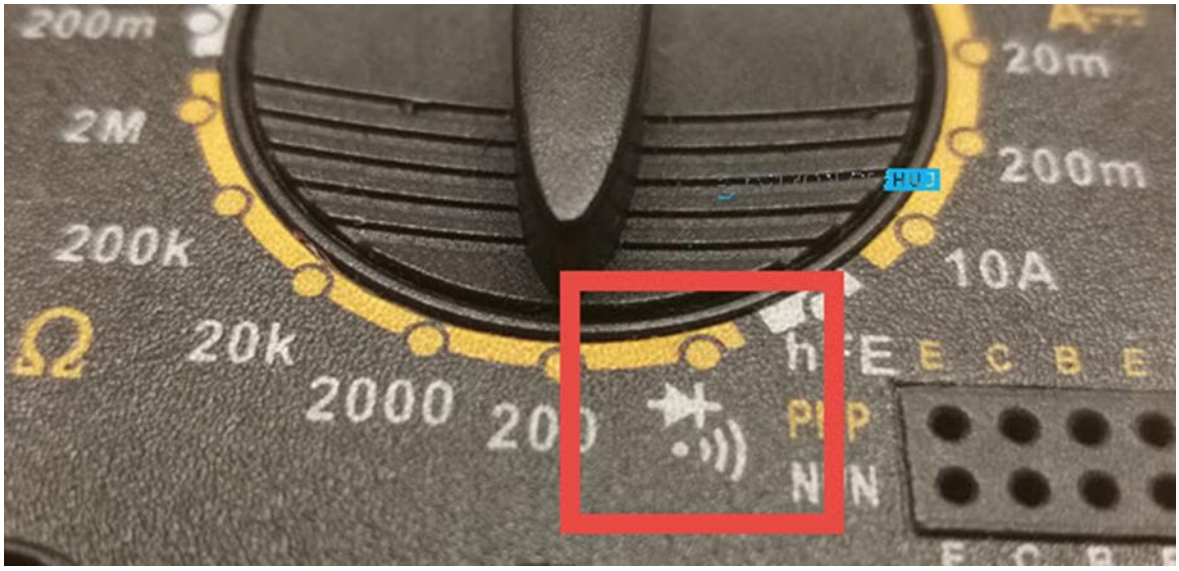
Set the knob to test for continuity and connect the probes across a wire. If the wire is in good condition without any breakage, then you will hear a continuous buzzer. If there is a problem in the wire, you won't hear any sound.

Testing Continuity

5- Diode Test



The diode test feature is usually combined with continuity test and is represented by a Diode Symbol. To test a diode, set the knob to Diode Test mode and connect the red probe to Anode of the diode and Black probe to Cathode of the diode.

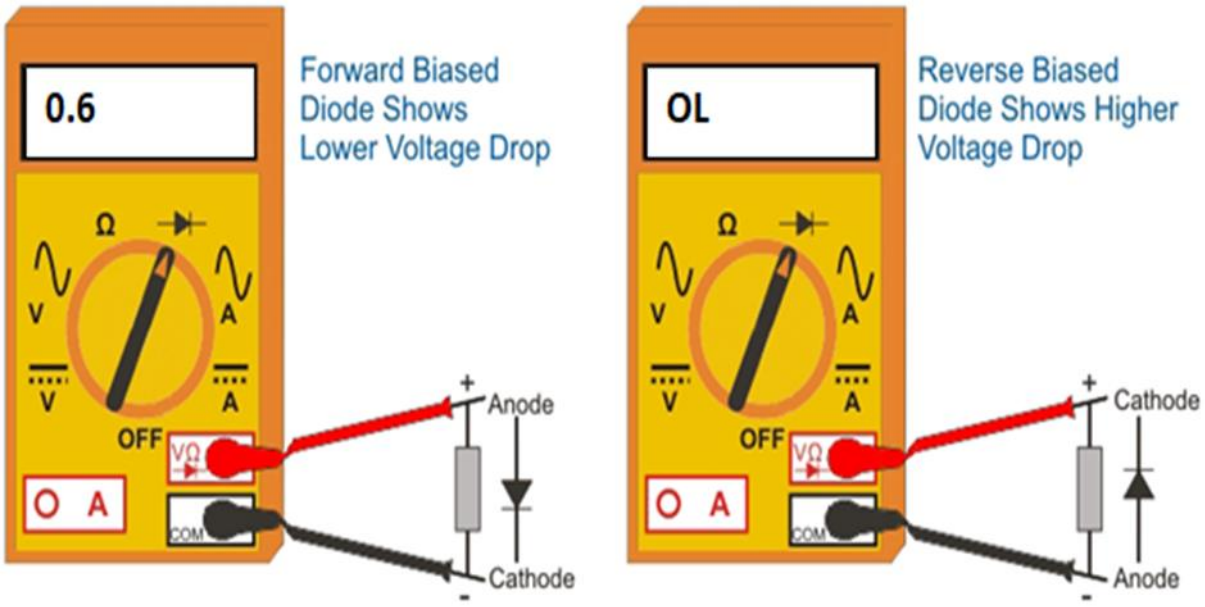


❖ **Diode Mode Testing**

Step by Step Instructions:

1. Identify the diode terminals (anode and cathode).
2. Keep the digital multimeter (DMM) in diode checking mode by rotating the central knob to the place where the diode symbol is indicated. In this mode multimeter is capable to supply a current of 2mA approximately between the test leads.

3. Connect the red probe to the anode and black probe to the cathode. This means diode is forward-biased.
4. Observe the reading on the meter display. If the displayed voltage value is in between 0.6 to 0.7 (since it is silicon diode) then the diode is healthy and perfect. For germanium diodes this value is in between 0.25 to 0.3.
5. Now reverse the terminals of the meter that means connect the red probe to cathode and black to anode. This is the reverse biased condition of the diode where no current flows through it. Hence the meter should read OL (which is equivalent to open circuit) if the diode is healthy.
6. If the meter shows irrelevant values to the above two conditions, then the diode is defective.



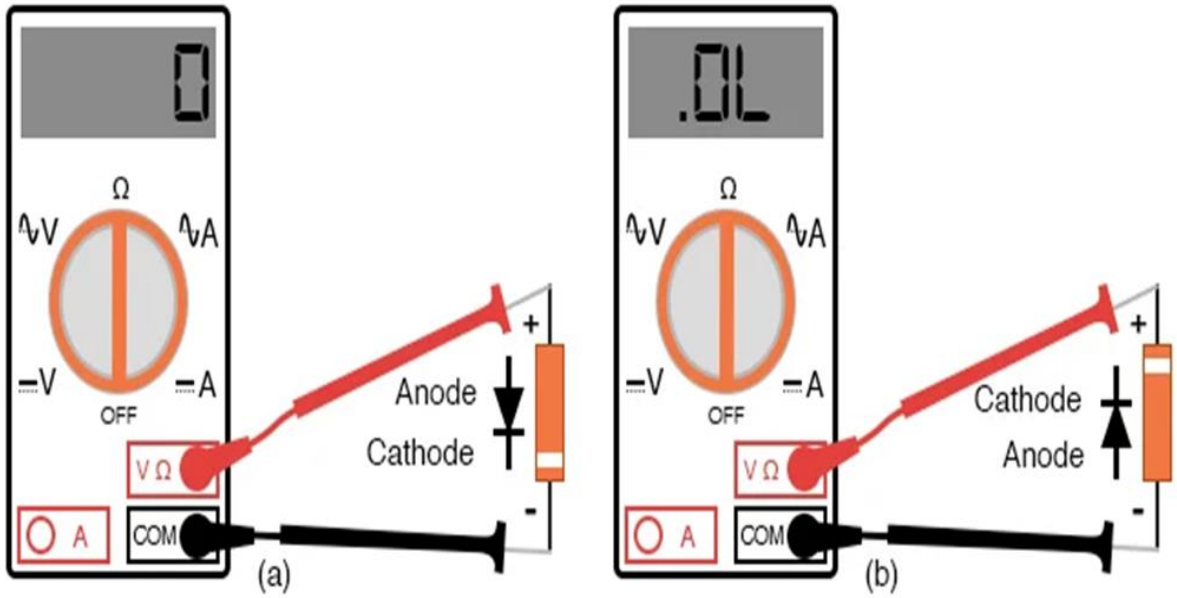
❖ **Ohmmeter Mode Diode Testing**

Step by Step Instructions:

1. Identify the terminals anode and cathode of the diode.
2. Keep the digital multimeter (DMM) in resistance or ohmmeter mode by rotating the central knob or selector to the place where ohm symbol or resistor

values are indicated. Keep the selector in low resistance (may be 100K ohm) mode for forward-bias.

3. Connect the red probe to the anode and black probe to the cathode. This means diode is forward-biased.
4. If the meter displays a moderately low value on the meter display, which may be from 1000 ohm to 10 mega ohm , then the diode is good and healthy.
5. Now reverse the terminals of the multimeter such that anode is connected to black probe and cathode to red probe. So, the diode is reverse biased.
6. Keep the selector in high resistance mode (may be 100K ohm) for the reverse bias testing procedure.
7. If the meter shows a very high resistance value or OL on meter display, then the diode is good and functions properly. Since in reverse biased condition diode offers a very high resistance.



Ohmmeter Mode Diode Testing

6- Test a Capacitor

How to Discharge a Capacitor?

This is very important because capacitors can hold the charge even if the power supply is disconnected. If the capacitor is not discharged properly and if you accidently touch the leads of the capacitor, it will discharge through your body and cause an electric shock.

There are a couple of ways in which you can discharge a capacitor- :

1-Using a Screwdriver:

Take an insulated screwdriver (with a longer handle) and hold it in one hand. Take the capacitor in the other hand and touch the metal part of the screwdriver to both the terminals of the capacitor.

2-Using a Discharge Resistor (Bleeder Resistor):

Take a large value resistor (usually, few kilo Ohms, known as a Bleeder Resistor) with a high-power rating (like 5W) and connect it across the terminals of the capacitor. Instead of directly connecting, you can make use of wires with crocodile clips on both the ends. The capacitor will slowly discharge, and you can monitor the voltage across the terminals of the capacitor with a multimeter.

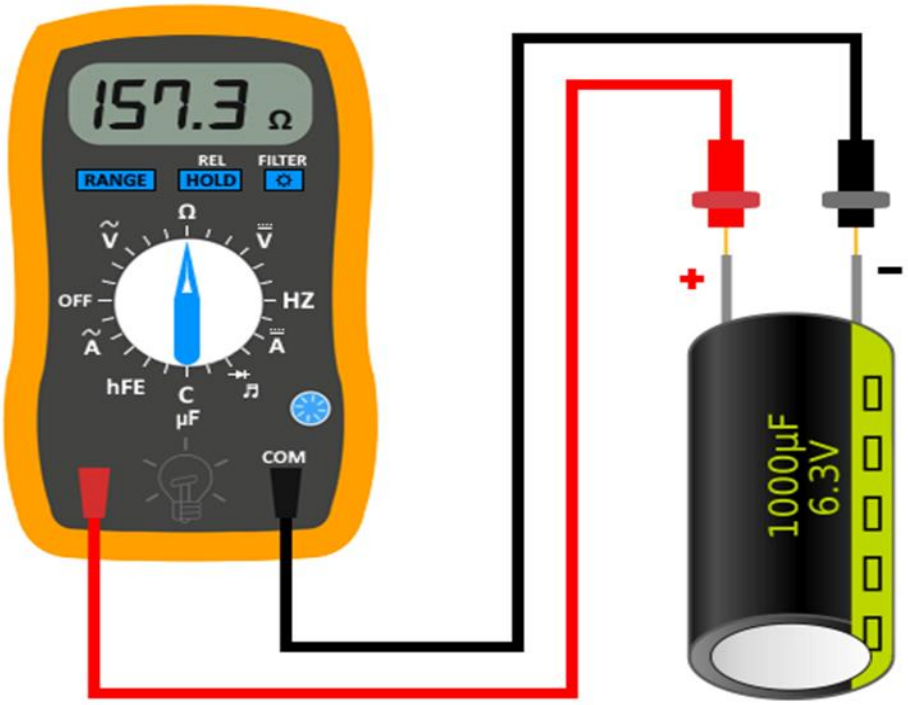
Methods to test a capacitor:

Method 1: Using Resistance Mode

To test a capacitor by DMM (Digital Multimeter) in the Resistance "Ω" or Ohm mode, follow the steps given below.

1. Make sure the capacitor is fully discharged.
2. Set the meter on the Ohmic range (Set it at least on 1000 Ohm = 1kΩ).
3. Connect the multimeter probes to the capacitor terminals (Negative to Negative and Positive to Positive).
4. Digital multimeter will show some numbers for a second. Note the reading.

5. And then immediately it will return to the OL (Open Line) or infinity "∞". Every attempt of Step 2 will show the same result as shown in steps 4 and 5. It means that Capacitor is in Good Condition.
6. If there is no Change, then Capacitor is dead.



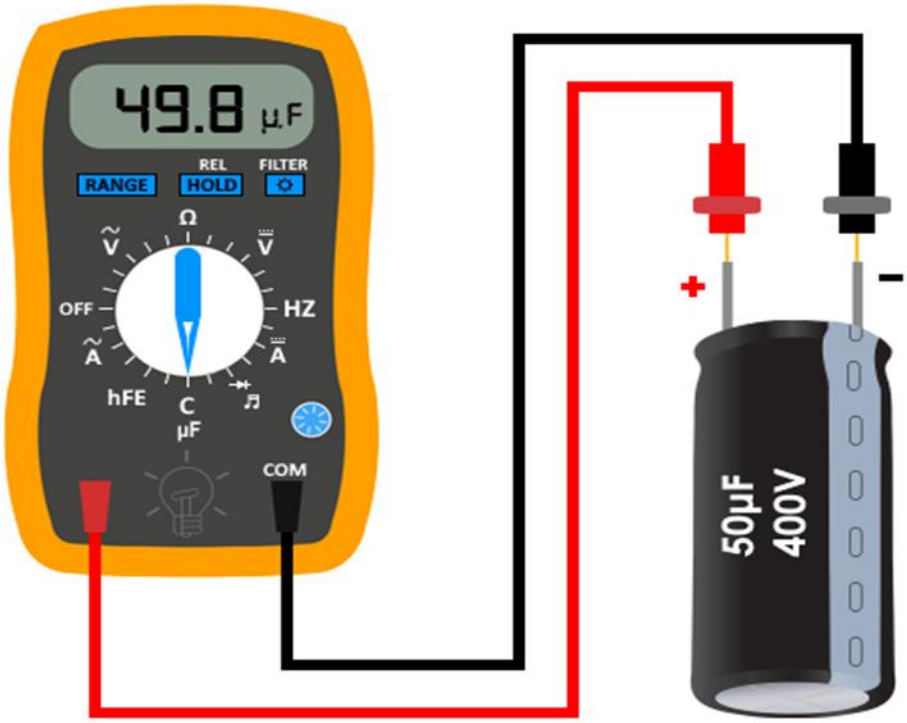
Method 2: Using Capacitance Mode:

The capacitance mode in a multimeter can be used to test the tiny capacitors. To do this, rotate the knob of the multimeter to the capacitance mode and follow the following basic instructions:

1. Make sure the capacitor is fully discharged.
2. Remove the capacitors from the circuit board.
3. Now select capacitance "C" on the multimeter.
4. Now connect the capacitor terminal to the multimeter leads. (Red to Positive and Black to Negative).
5. If the reading is close to the actual value of the capacitor (i.e., the printed value on the capacitor container box), then the capacitor is in good condition. Note

that the reading may be less than the actual value of the capacitor (the rated value of the capacitor due to the tolerance of ±10 or ±20).

6. If you read a significantly lower capacitance or none, then the capacitor is dead, and you should change it with a new one.

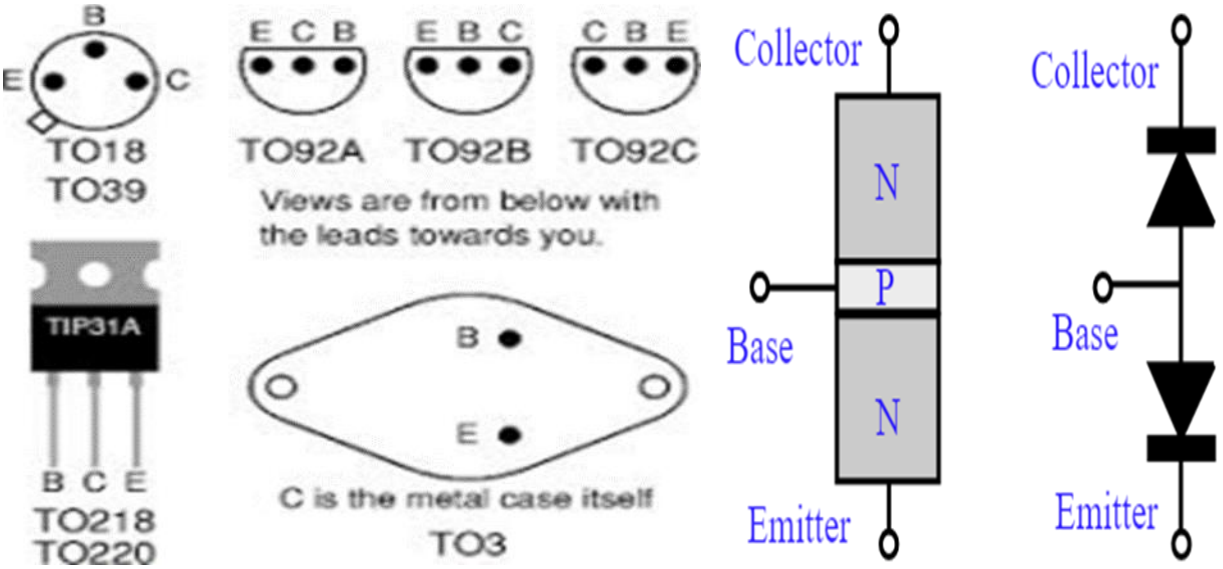


7. **Test a transistor with a multimeter:**

You must first find the datasheet and look-up some basic parameters.

1. Locate the emitter, base, and collector terminals.
2. Determine whether the transistor is a PNP, or NPN type.
3. Find the stated hFE value from the datasheet.

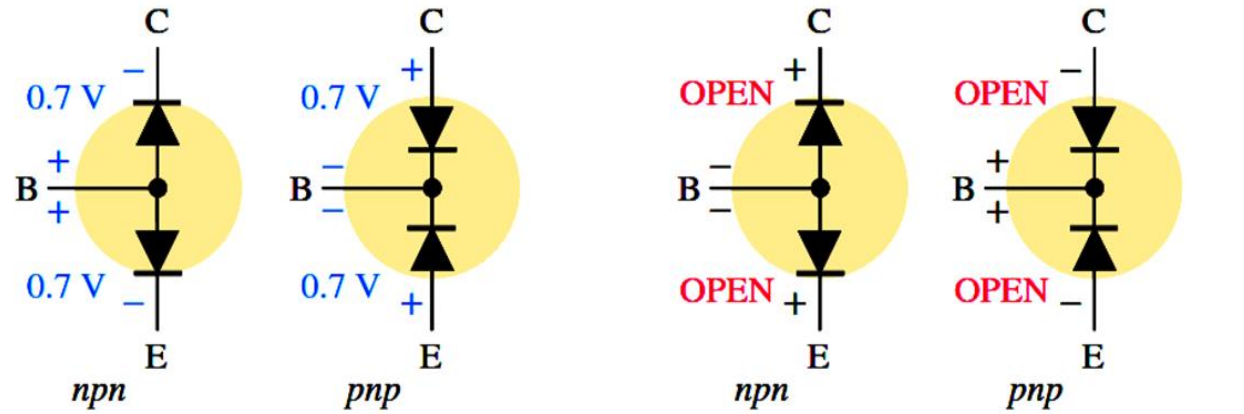
(hFE stands for "*Hybrid parameter forward current gain, common emitter*", and is a measure of the DC current gain of a bipolar junction transistor (BJT).



Method 1: With hFE socket, Set the range switch to hFE position and insert the transistor correctly into the test socket.

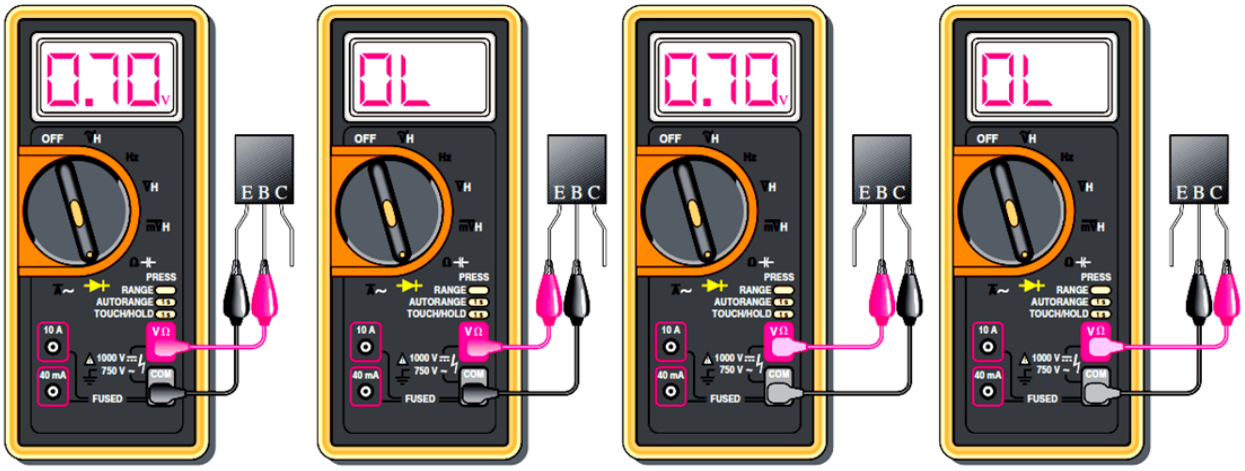
Method 2 :- With a DMM diode mode.

For this test, you can view the transistor as two diodes connected as shown in Below Figure for both NPN and PNP transistors. The base-collector junction is one diode, and the base-emitter junction is the other.



(a) Both junctions should typically read 0.7 V when forward-biased.

(b) Both junctions should ideally read OPEN when reverse-biased.



(a) Forward-bias test of the BE junction

(b) Reverse-bias test of the BE junction

(c) Forward-bias test of the BC junction

(d) Reverse-bias test of the BC junction

NPN transistor

الباب الرابع

المكونات الغير فعالة

Passive components

المكون غير الفعال Passive components

أي عنصـــر كهربائي أو إلكتروني لا يتطلب تشـــغيله طاقةً كهربائية ويقوم فقط باســـتهلاك (تبديد) الطاقة الكهربائية بدون المسـاهمة بتضـخيم التيار والجهد فإنه يُعرّف على أنه عنصـر غير فعال. أشـهر الأمثلة على العناصر غير الفعالة: المقاومات، المكثفات، الملفات.

لا يتمكنوا من التحكم في التيار أو تضخيمه أو القيام بأي شيء من هذا القبيل. يمكنهم ضبط الإشارة الكهربائية فقط. يمكنك اعتبارها مكونات تستهلك الطاقة وتخزنها.

١ المقاومات Resistors

ما هي المقاومة؟

المقاومة هي مكون الكتروني يقاوم تدفق التيار الكهربائي. هو مكون غير فعال يســتخدم للتحكم أو إعاقة تدفق التيار الكهربائي في الدائرة الكهربائية من خلال توفير المقاومة، وبالتالي تطوير انخفاض في الجهد عبر الجهاز.

وظيفة المقاومة في الدائرة:

تســتخدم المقاومات للحد من تدفق التيار. وهذا أمر بالغ الأهمية. إذا لم يتم اســتخدامها، فإن المكونات ســوف تستهلك الكثير من التيار وتحترق. وتسمى هذه القوة المعاكسة بالمقاومة ويتم قياسها بالأوم (Ω).

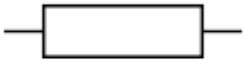
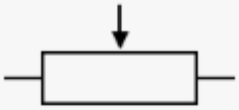
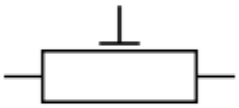
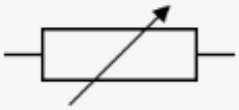
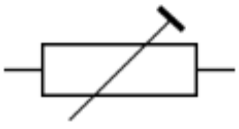
أيضــا من وظائف المقاومة: تقســيم الجهد، وتوليد الحرارة، ودوائر المطابقة والتحميل، والتحكم في الكســب، وتحديد ثوابت الوقت.

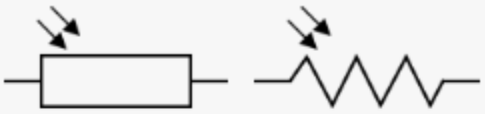
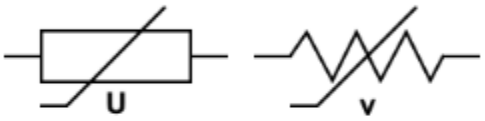
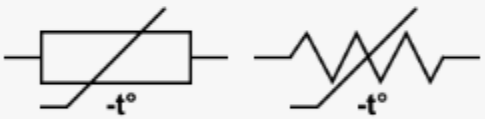
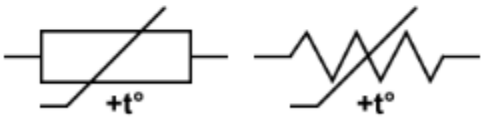
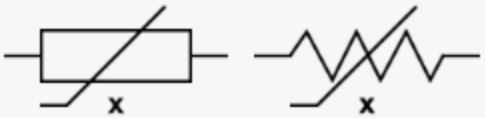
الأوم Ω هو المقاومة التي تحدث عندما يمر تيار قدره أمبير واحد (A) عبر مقاومة بانخفاض قدره فولت واحد (V) عبر أطرافها. ويمثل هذه النسبة قانون أوم: $R = V/I$

❖ رمز المقاومة Resistor Symbol

رمز IEC الدولي عبارة عن شكل مستطيل به أطراف عند كل نهاية كما هو موضح في الشكل الموجود على اليسار. في الولايات المتحدة الأمريكية، يعد معيار ANSI شائعًا جدًا ويمثل المقاومة الثابتة كخط متعرج (كما هو موضح على اليمين).

The International Electrotechnical Commission (IEC), The American National Standards Institute (ANSI)

Type	Abbreviation	IEC (International)	ANSI (US)
Fixed resistor	R		
Heater resistor			
Variable resistors	VR		
Potentiometer			
Trimming potentiometer			
Rheostat			
Preset resistor			

Dependent resistors		
Photo resistor or Light dependent resistor	LDR	
Varistor or Voltage dependent resistor	VDR RV MOV	
NTC thermistor	NTC RT	
PTC thermistor	PTC RT	
Magneto resistor or Magnetic dependent resistor	MDR	

❖ أنواع المقاومات Types of resistors

يمكن تقسيم المقاومات حسب النوع الوظيفي بالإضافة إلى نوع مادة المقاومة. ويمكن تقسيمها كالتالي:

❖ **Fixed resistors**

❖ **Variable resistors, such as the:**

- Potentiometer.
- Rheostat.
- Trimpot.

❖ **Resistors for which the resistance value is dependent on a physical quantity:**

- Thermistors (NTC and PTC) - the resistance is a function of temperature.

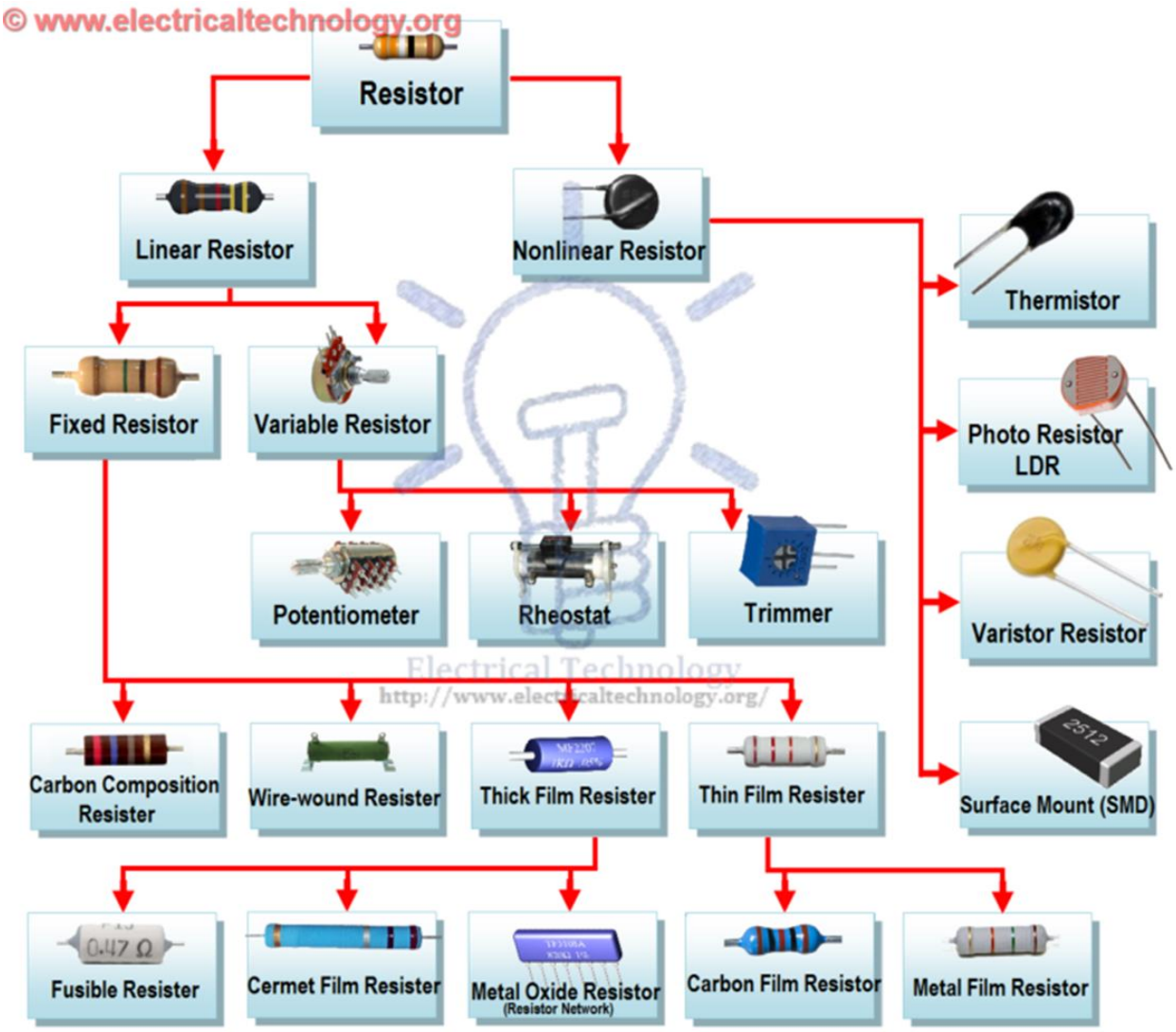
- Photo resistors (LDR) - the resistance is a function of light level.
- Varistors - the resistance is a function of voltage.
- Magneto resistors - the resistance is a function of magnetic field.
- Strain gauges - the resistance is a function of mechanical load.

المقاومات حسب المادة المصنوع منها المقاوم ←

#Carbon composition #Carbon film #Metal film

#Metal oxide film #Wire wound #Foil

وهناك طرق أخري لتقسيم المقاومات أهمها في الشكل التالي:



❖ **Fixed Resistors:**

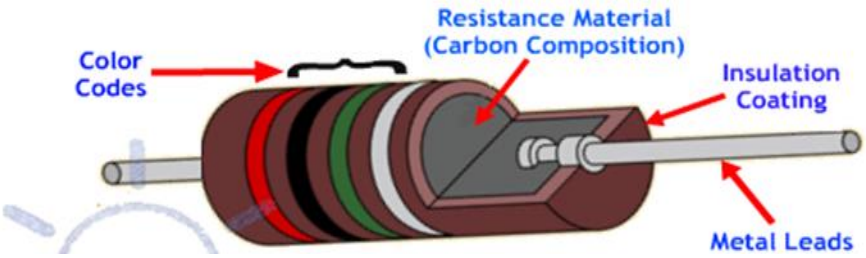
As the name says, a fixed resistor is a resistor which has a specific value, and we can't change the value of fixed resistors.

❖ **Types of Fixed resistors.**

- Carbon Composition Resistors
- Wire Wound Resistors
- Thin Film Resistors
- Thick Film Resistors

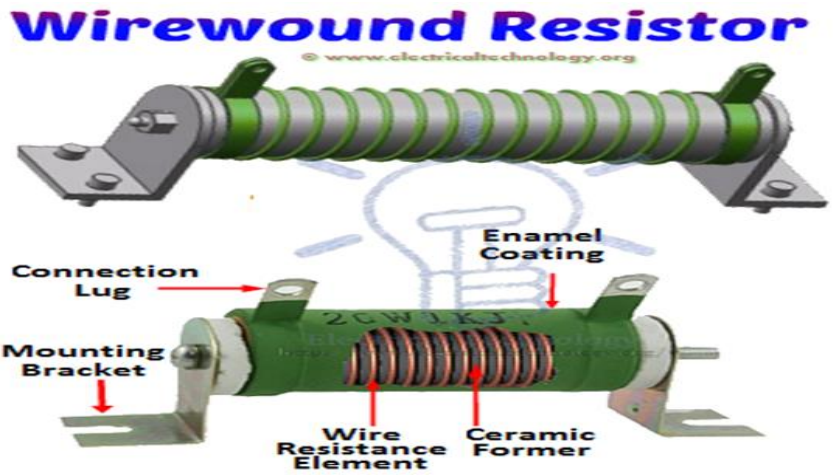
Carbon Composition Resistors

A typical fixed resistor is made from the mixture of granulated or powdered carbon or graphite. They are available in 1 ohm to 25 mega ohms and in power rating from ¼ watt to up to 5 Watts.



Wire wound Resistors:

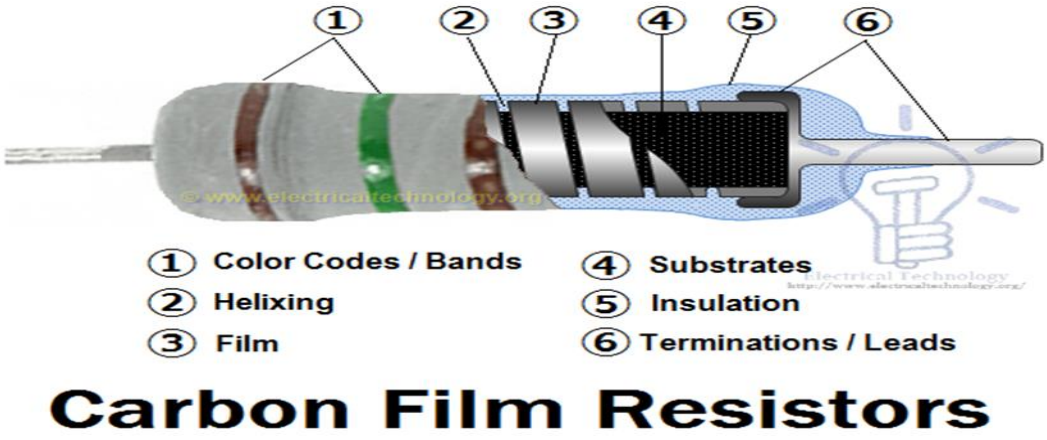
A wire-wound resistor is made from the insulating core or rod by wrapping around a resistive wire. They are available in the range of 2 watts up to a 100-watt power rating or more. The ohmic value of these types of resistors is 1 ohm up to 200k ohms or more and can be operated safely up to 350°C.



Thin Film Resistors (Carbon Film and Metal Film Resistors)

Carbon Film Resistors

Carbon film resistors contain an insulating material rod or core made of high-grade ceramic material, which is called the substrate. A very thin, resistive carbon layer or film is overlaid around the rod.

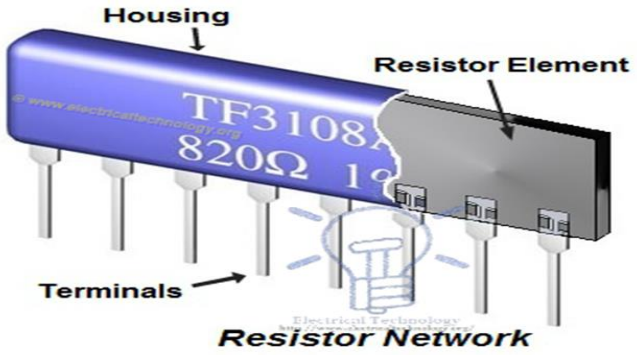


Metal film resistors

Metal film resistors are the same in construction as carbon film resistors, but the main difference is that there is metal (or a mixture of metal oxides, nickel, chromium, or a mixture of metals and glass, which is called metal glaze, which is used as resistive film) instead of carbon.

Thick Film Resistors: (Cermet Film Resistor)

Cermet resistors are a type of thick film resistor for which a thicker conducting paste is used. The paste is a mix of both ceramic and metal, thus the term "cermet."



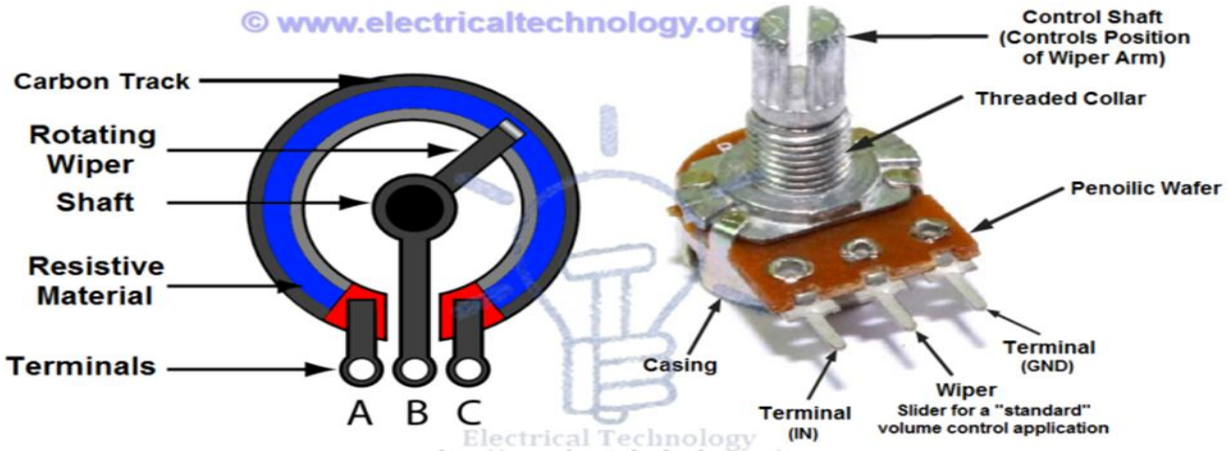
❖ **Variable Resistors**

They are used in the radio receiver for volume control and tone control resistance.

Types of Variable Resistors: Potentiometers**,** Rheostats and Trimpot.

Potentiometers

A potentiometer is a three-terminal device that is used to control the level of voltage in a circuit. The resistance between two external terminals is constant, while the third terminal is connected to a moving contact (a wiper), which is variable. The value of resistance can be changed by rotating the wiper, which is connected to the control shaft.



This way, potentiometers can be used as voltage dividers, and these resistors are called variable composition resistors. They are available up to 10 megaohms.

Rheostats

What is the main difference between a potentiometer and a rheostat?

If we connect a circuit between resistor element terminals (where one terminal is a general end of the resistor element while the other one is a sliding contact or wiper) as a variable resistor for controlling the circuit current, then it is a rheostat.

On the other hand, if we do the same as mentioned above for controlling the level of voltage, then this variable resistor would be called a potentiometer. That's it.

Trimmers

There is an additional screw with a potentiometer or variable resistors for better efficiency and operation, and they are known as trimmers. The value of resistance can be changed by changing the position of the screw to rotate with a small screwdriver.

❖ **Non-Linear Resistors**

Types of Non-Linear Resistors: Thermistors, Varistors (VDR) and Photo Diode Resistor LDR.

Thermistors

Thermistors are two-terminal devices that are very sensitive to temperature.

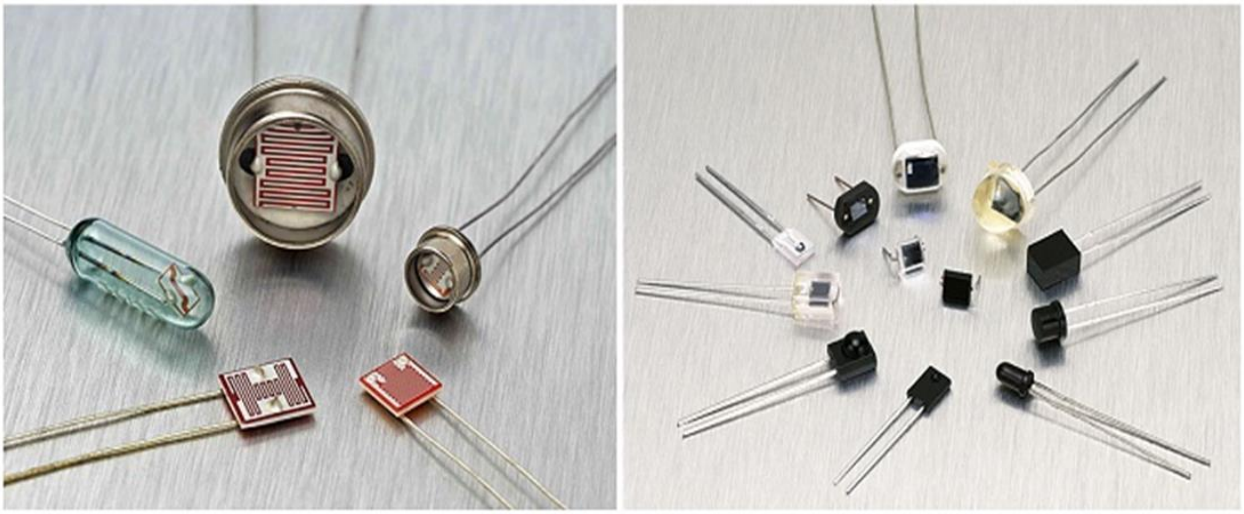
Thermistors either have a negative temperature coefficient (NTC) or a positive temperature coefficient (PTC).

Varistors (VDR)

Varistor (VDR) Resistors are voltage-dependent resistors (VDR), which are used to eliminate high-voltage transients.

Photo Resistor, LDR (Light Dependent Resistor)

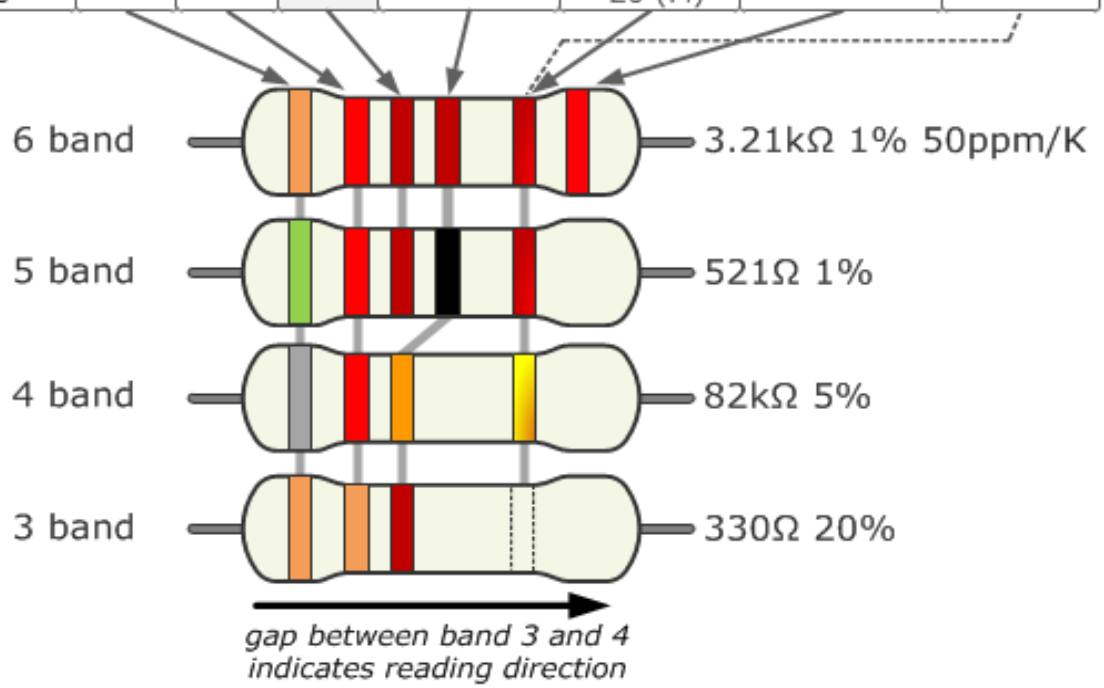
A photo resistor, or LDR (light-dependent resistor), is a resistor whose terminal value changes with light intensity.



❖ **كود ألوان المقاومات Resistor Color Code**

يمكن معرفة قيمة المقاومة الثابتة عن طريق القياس كما تم شرحه في الفصل السابق، أيضا يمكن معرفة قيمة المقاومة عن طريق شرائط الألوان الموجودة علي المقاومة كالتالي:

Color	Signficant figures			Multiply	Tolerance (%)	Temp. Coeff. (ppm/K)	Fail Rate (%)
black	0	0	0	x 1		250 (U)	
brown	1	1	1	x 10	1 (F)	100 (S)	1
red	2	2	2	x 100	2 (G)	50 (R)	0.1
orange	3	3	3	x 1K		15 (P)	0.01
yellow	4	4	4	x 10K		25 (Q)	0.001
green	5	5	5	x 100K	0.5 (D)	20 (Z)	
blue	6	6	6	x 1M	0.25 (C)	10 (Z)	
violet	7	7	7	x 10M	0.1 (B)	5 (M)	
grey	8	8	8	x 100M	0.05 (A)	1(K)	
white	9	9	9	x 1G			
gold			3th digit only for 5 and 6 bands	x 0.1	5 (J)		
silver				x 0.01	10 (K)		
none					20 (M)		



❖ **نصائح لقراءة رموز ألوان المقاومة**

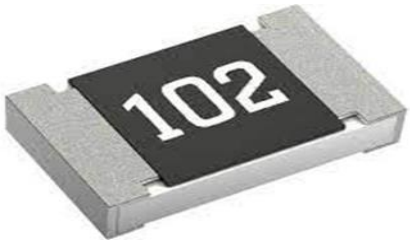
← قد لا يكون اتجاه القراءة واضـــحًا دائمًا. في بعض الأحيان توفر المســـاحة المتزايدة بين النطاقين ٣ و٤ إشـارة إلى اتجاه القراءة. أيضـًا، عادةً ما يكون النطاق الأول هو الأقرب إلى الطرف. الشـريط الذهبي أو الفضي (التسامح) هو دائمًا الشريط الأخير.

← من الممارسات الجيدة مراجعة وثائق الشركة المصنعة (الداتا شيت) للتأكد من نظام ترميز الألوان المستخدم.

← في حالة الشك، قم بقياس المقاومة بالأوميتر. وفي بعض الحالات قد تكون هذه هي الطريقة الوحيدة لمعرفة المقاومة؛ على سبيل المثال عندما حدوث حرق أو بهتان أشرطة الألوان.

❖ **حساب قيمة المقاومة السطحية SMD resistor code**

- **الكود المكون من ٣ أرقام The 3-digit code**



Standard-tolerance SMD resistors are marked with a simple 3-digit code. The first two numbers will indicate the significant digits, and the third will be the multiplier, telling you the power of ten to which the two significant digits must be multiplied (or how many zeros to add). Resistances of less than 10 ohms do not have a multiplier; the letter 'R' is used instead to indicate the position of the decimal point.

3-digit code examples:

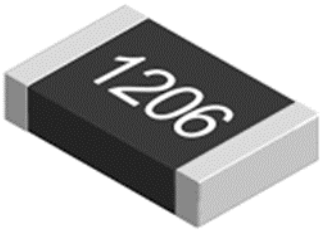
220 *= 22 x 10^0 (1) = 22Ω (not 220Ω!)*

471 *= 47 x 10^1 (10) = 470Ω*

102 *= 10 x 10^2 (100) = 1000Ω or 1kΩ*

3R3 *= 3.3Ω*

- **الكود المكون من ٤ أرقام The 4-digit code**



The 4-digit code is used for marking precision surface mount resistors. It's similar to the previous system, the only difference is the number of significant digits: the first three numbers will tell us the significant digits, and the fourth will be the multiplier,

indicating the power of ten to which the three significant digits must be multiplied (or how many zeros to add). Resistances of less than 100 ohms are marked with the help of the letter 'R', indicating the position of the decimal point.

4-digit code examples:

4700 = 470 x 10^0 (1) = 470Ω (not 4700Ω!)

2001 = 200 x 10^1 (10) = 2000Ω or 2kΩ

1002 = 100 x 10^2 (100) = 10000Ω or 10kΩ

15R0 = 15.0Ω

EIA-96

Recently, a new coding system (EIA-96) has appeared on 1% tolerance SMD resistors. It consists of a three-character code: the first two numbers will tell us the three significant digits of the resistor value (see the lookup table below), and the third marking (a letter) will indicate the multiplier. انظر إلي الجدول في الصفحة التالية

رابطة الصناعات الالكترونية Electronic Industries Association (EIA)

من أهم التطبيقات التي تعتمد علي المقاومات:

❖ **مجزئات الجهد Voltage Dividers**

مجزئ الجهد هو عبارة عن دائرة كهربية بسيطة تقوم بتحويل الجهد العالي إلى جهد أقل. فعن طريق استخدام جهد دخل (input voltage) ومقاومتين متصلتين على التوالي، يمكننا الحصول على جهد خرج (output voltage) عبارة عن جزء من جهد الدخل. تعتبر مجزئات الجهد أحد الدوائر الكهربية الأساسية المستخدمة في الإلكترونيات. فإذا كان قانون أوم (Ohm's law) يمثل أساس التعامل مع الإلكترونيات فإن دراسة مجزئات الجهد تعد أول تطبيق على ذلك الأساس.

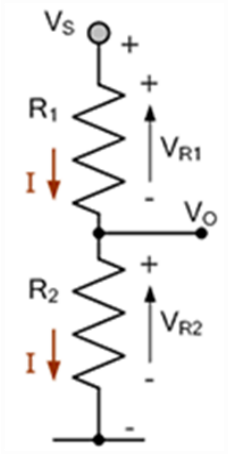
Code	Value	Code	Value	Code	Value	Code	Value
01	100	25	178	49	316	73	562
02	102	26	182	50	324	74	576
03	105	27	187	51	332	75	590
04	107	28	191	52	340	76	604
05	110	29	196	53	348	77	619
06	113	30	200	54	357	78	634
07	115	31	205	55	365	79	649
08	118	32	210	56	374	80	665
09	121	33	215	57	383	81	681
10	124	34	221	58	392	82	698
11	127	35	226	59	402	83	715
12	130	36	232	60	412	84	732
13	133	37	237	61	422	85	750
14	137	38	243	62	432	86	768
15	140	39	249	63	442	87	787
16	143	40	255	64	453	88	806
17	147	41	261	65	464	89	825
18	150	42	267	66	475	90	845
19	154	43	274	67	487	91	866
20	158	44	280	68	499	92	887
21	162	45	287	69	511	93	909
22	165	46	294	70	523	94	931
23	169	47	301	71	536	95	953
24	174	48	309	72	549	96	976

Code	Multiplier
Z	0.001
Y or R	0.01
X or S	0.1
A	1
B or H	10
C	100
D	1000
E	10000
F	100000

EIA-96 code examples:

01Y = *100 x 0.01 = 1Ω*
68X = *499 x 0.1 = 49.9Ω*
76X = *604 x 0.1 = 60.4Ω*
01A = *100 x 1 = 100Ω*
29B = *196 x 10 = 1.96kΩ*
01C = *100 x 100 = 10kΩ*

عند تطبيق قيمة جهد معين VS على مقاومتين متصلتين على التوالي معاً، فإن الجهدVS سيتوزع على حسب قيم المقاومتين R1 و R2 كالتالي:



$$V_S = V_{R1} + V_{R2}$$

$$V_{R1} = I \times R_1 \quad \text{و} \quad V_{R2} = I \times R_2$$

مصدر الجهد $V_S = I \times R_1 + I \times R_2$

$$\therefore V_S = I(R_1 + R_2)$$

التيار المار $I = \dfrac{V_S}{(R_1 + R_2)}$

أما بالنسبة إلى تيار المقاومة I_{R1} يساوي قيمة I_{R2}، وذلك لأن التيار في حالة التوالي ثابت القيمة عند مروره بمسار واحد. ولإيجاد قيمة الجهد V_{R1}، والتيار I_{R1} المار في المقاومة R1، نستخدم المعادلات التالية:

$$I_{R1} = \frac{V_{R1}}{R_1} = \frac{V_S}{(R_1 + R_2)}$$

$$\therefore V_{R1} = V_S\left(\frac{R_1}{R_1 + R_2}\right)$$

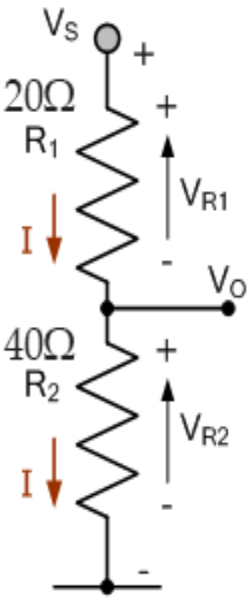
لإيجاد قيمة الجهد V_{R2}، والتيار I_{R2} المار في المقاومة R2، نستخدم المعادلات التالية:

$$I_{R2} = \frac{V_{R2}}{R_2} = \frac{V_S}{(R_1 + R_2)}$$

$$\therefore V_{R2} = V_S\left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right)$$

تطبيق على تحليل مجزئ الجهد(مقاومتين)

إذا تم تطبيق مصدر جهد VS = 12V، وقيمة المقاومة الأولى R1 = Ω20 والمقاومة الثانية R2 = Ω40.



$$R_T = R_1 + R_2 = 20 + 40 = 60\Omega$$

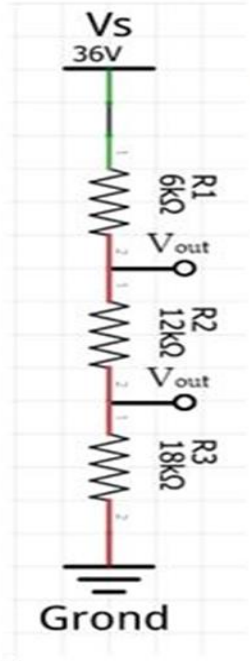
$$I = \frac{V_S}{R_T} = \frac{12}{60} = 0.2\ [\text{Amps, A}]\ \text{or}\ 200\text{mA}$$

$$V_{R1} = I \times R_1 = V_S\left(\frac{R_1}{R_1 + R_2}\right) = 12\left(\frac{20}{20+40}\right) = 4\text{volts}$$

$$V_{R2} = I \times R_2 = V_S\left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right) = 12\left(\frac{40}{20+40}\right) = 8\text{volts}$$

تطبيق مجزئ الجهد (ثلاث مقاومات)

إذا تم تطبيق مصدر جهد $V_S = 12V$، حيث أن قيم المقاومات الثلاثة $R_1 = 6k\Omega$ و $R_2 = 12k\Omega$ و $R_3 = 18k\Omega$.



$$= R_1 + R_2 + R_3 = 6k\Omega + 12k\Omega + 18k\Omega = 36k\Omega$$

$$I = \frac{V_S}{R_T} = \frac{36}{36000} = 1\text{mA}$$

$$V_{R1} = V_S\left(\frac{R_1}{R_T}\right) = 36\left(\frac{6000}{36000}\right) = 6\text{volts}$$

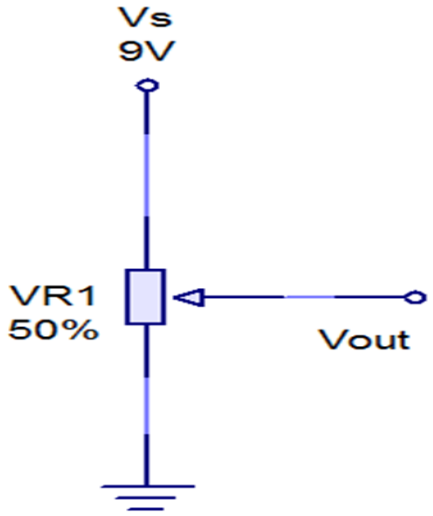
$$V_{R2} = V_S\left(\frac{R_2}{R_T}\right) = 36\left(\frac{12000}{36000}\right) = 12\text{volts}$$

$$V_{R3} = V_S\left(\frac{R_3}{R_T}\right) = 36\left(\frac{18000}{36000}\right) = 18\text{volts}$$

وللتحقق من الحل سوف نجمع قيم الجهود الموزعة على كل مقاومة، يجب أن يتساوى الناتج قيمة مصدر الجهد الكلي

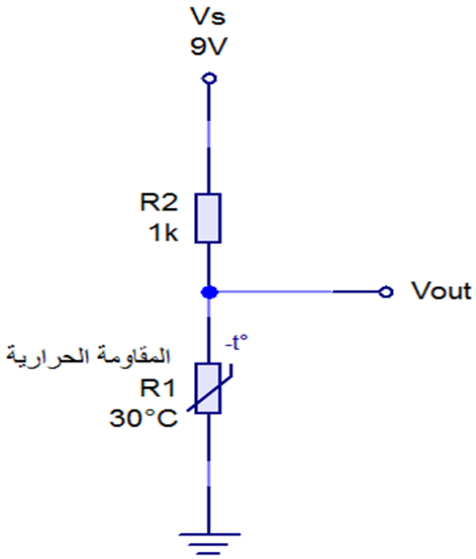
$$VT = 6\ V + 12\ V + 18\ V = 36.0\ V$$

❖ **استخدامات دوائر مجزئ الجهد**



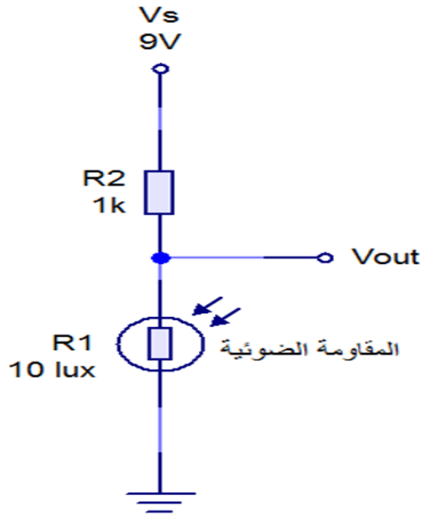
المقاومة المتغيرة

توصـــل المقاومة المتغيرة على أطرافها بجهد معين من أجل التحكم في قيمة خرج الجهد Vout بواسطة تحريك محور إدارة المقاومة.



المقاومة الحرارية

الفكرة من توصـــيل المقاومة الثابتة على التوالي مع المقاومة الحرارية هو توزيع الجهد على المقاومتين من أجل التحكم في قيمة خرج الجهد Vout بواسطة التأثير الناتج عن حرارة المحيط



المقاومة الضوئية

الفكرة من توصـــيل المقاومة الثابتة على التوالي مع المقاومة الضـوئية هو توزيع الجهد على المقاومتين من أجل التحكم في قيمة خرج الجهد Vout بواسطة التأثير الناتج عن ضوء النهار والليل.

٢ المكثفات

❖ ما هو المكثف؟ What is a Capacitor?

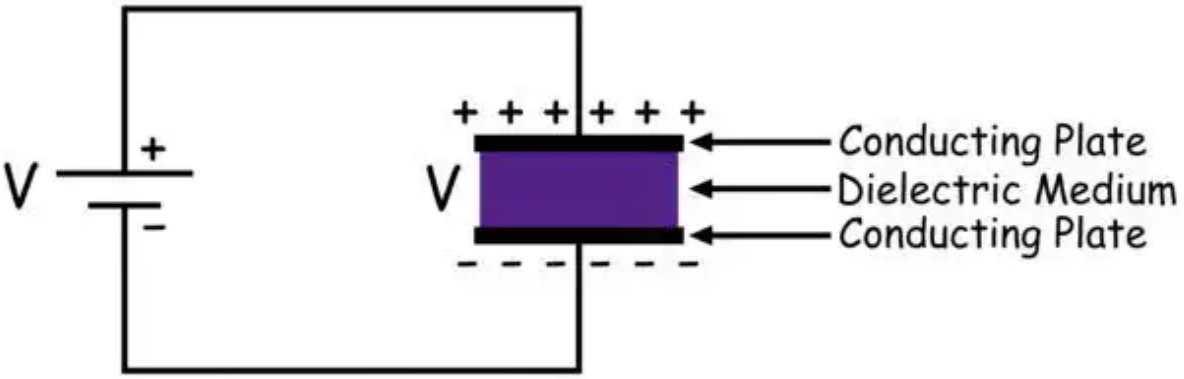
المكثفات هي واحدة من ثلاثة مكونات إلكترونية أساسية تشكل أساس الدائرة - إلى جانب المقاومات والملفات. يعمل المكثف الموجود في الدائرة الكهربائية كجهاز لتخزين الشحنات. إنها تعمل علي تخزين الشحنة الكهربائية عندما نطبق الجهد الكهربي عليها، وتتخلى عن الشحنة المخزنة إلى الدائرة عند الحاجة (عند فتح الدائرة).

❖ تركيب المكثف

في شكله الأساسي ، يتكون المكثف من لوحين (معدن) موصلين متوازيين أو أكثر غير متصلين ، ولكن يتم فصلهما كهربائياً إما عن طريق الهواء أو بواسطة شكل من أشكال مادة عازلة جيدة مثل الورق المشمع، الميكا، السيراميك، البلاستيك أو شكل من أشكال هلام سائل كما هو مستخدم في المكثفات الإلكتروليتية. تسمى الطبقة العازلة بين لوحات المكثفات عادة بالعازل.

عندما نقوم بتوصيل مصدر جهد عبر المكثف، يصبح الموصل (لوحة المكثف) المتصل بالطرف الموجب للمصدر مشحونًا بشحنة موجبة، ويصبح الموصل (لوحة المكثف) المتصل بالطرف السالب للمصدر مشحونًا بشحنة سالبة.

بسبب وجود عازل بين الموصلات، من الناحية المثالية، لا يمكن لأي شحنة أن تنتقل من لوحة إلى أخرى.



لذلك سيكون هناك اختلاف في مستوى الشحن بين هذين الموصلين (اللوحين). ولذلك يظهر فرق الجهد الكهربي عبر اللوحين. تراكم الشحنات في صفائح المكثفات ليس لحظياً؛ بل إنه يتغير تدريجياً. يرتفع الجهد الذي يظهر عبر المكثف بشكل كبير حتى يصبح مساوياً لجهد المصدر.

❖ **وظائف وأهمية المكثف:**

← **تخزين الطاقة Energy Storage:** يمكن للمكثفات تخزين الطاقة على شـــكل مجال كهربائي. ويمكن اســـتخدام ذلك لتلبية متطلبات الطاقة اللحظية في الدائرة. على ســـبيل المثال، يأخذ فلاش الكاميرا الطاقة بسرعة من المكثفات ويطلق الطاقة على شكل انفجار.

← **تصحيح معامل القدرة Power Factor Correction:** تلعب المكثفات دورًا مهمًا في تصحيح معامل القدرة في المنشـــآت الصـــناعية. بســـبب الأحمال الحثية، يمكن أن ينخفض معامل القدرة ويقلل من كفاءة الطاقة. تعمل المكثفات على تحســـين معامل القدرة وتحســـين اســـتهلاك الطاقة عن طريق موازنة الطاقة التفاعلية الحثية.

← **تثبيت الجهد Voltage Stabilization:** تســـتخدم المكثفات لتخفيف تقلبات الجهد. قد تكون هناك تغيرات وتقلبات لحظية في الأنظمة الكهربائية. توفر المكثفات اســـتقرار الجهد عن طريق موازنة هذه التقلبات وضمان التشغيل الصحيح للأجهزة الإلكترونية.

← **الترشيح Filtering:** تستخدم المكثفات لتصفية الضوضاء والتوافقيات غير المرغوب فيها في الدوائر الإلكترونية. يمكن أن تحدث التوافقيات والضوضاء عالية التردد في الأجهزة والدوائر الإلكترونية. تقوم المكثفات بامتصـــاص مكونات التردد غير المرغوب فيها، مما يقلل من الضـــوضـــاء في الدائرة ويحســـن جودة الإشارة.

← **البدء والتسريع Starting and Accelerating:** تستخدم المكثفات لبدء وتسريع الأجهزة التي تحتاج إلى تيار تشـغيل عالي، مثل المحركات الكهربائية. تسـمح المكثفات للمحرك بسـحب تيار مرتفع عند بدء التشغيل وتوفير عزم الدوران المطلوب عند بدء التشغيل.

← **التنعيم smoothing:** تنعيم التيار المسـتمر في دوائر تحويل التيار المتردد إلى مسـتمر وتخفيف معامل التموج بعد تقويم الدارة.

❖ **رمز المكثف Capacitor Symbol**

❖ **السعة Capacitance:**

السـعة هي الخاصـية الكهربائية للمكثف وهي مقياس لقدرة المكثف على تخزين شـحنة كهربائية على لوحيه، وحدة السعة هي فاراد F نسبة للفيزيائي البريطاني مايكل فاراداي.

تعريف السعة "المكثف لديه سعة فاراد واحد عندما يتم تخزين شحنة مقدارها واحد كولوم على الألواح بجهد واحد فولت".

لاحظ أن السـعة C دائمًا موجبة في القيمة ولا تحتوي على وحدات سـالبة. ومع ذلك ، فإن الفاراد هي وحدة قياس كبيرة جدًا لاستخدامها بمفردها ، لذا تُستخدم أجزاء الفاراد عمومًا مثل الميكرو فاراد، النانو فاراد وبيكو فاراد، على سبيل المثال.

The capacitance value of the capacitor

$$C = Q / V$$

The quantity of charge on the plates

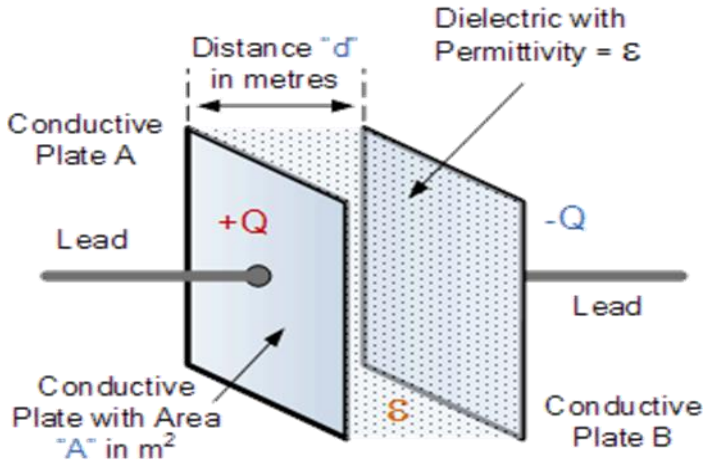
$$Q = C \times V$$

Standard Units of Capacitance

- Microfarad (μF) $1\mu F = 1/1{,}000{,}000 = 0.000001 = 10^{-6}$ F
- Nanofarad (nF) $1nF = 1/1{,}000{,}000{,}000 = 0.000000001 = 10^{-9}$ F
- Picofarad (pF) $1pF = 1/1{,}000{,}000{,}000{,}000 = 0.000000000001 = 10^{-12}$ F

Capacitance of a Parallel Plate Capacitor

The generalized equation for the capacitance of a parallel plate capacitor is given as: $C = \varepsilon_o (A/d)$ where ε represents the absolute permittivity of the dielectric material being used. The dielectric constant, εo also known as the "permittivity of free space" has the value of the constant 8.84×10^{-12} Farads per meter.



Capacitance Example No1

A capacitor is constructed from two conductive metal plates 30cm x 50cm which are spaced 6mm apart from each other and uses dry air as its only dielectric material. Calculate the capacitance of the capacitor.

$$\text{Using:} \quad C = \varepsilon_o \frac{A}{d}$$

$$\text{where: } \varepsilon_o = 8.84\times10^{-12}$$

$$A = 0.3\times 0.5\, m^2 \quad \text{and} \quad d = 6\times10^{-3}\, m$$

$$C = \frac{8.84\times10^{-12}\times(0.3\times0.5)}{6\times10^{-3}} = 0.221nF$$

يتضح أن سعة المكثف تعتمد علي:

١- مساحة سطح الألواح المعدنية.

٢- المسافة بين الألواح.

٣- نوع المادة العازلة بين الألواح.

❖ **أنواع المكثفات Types of Capacitors**

❖ **مكثف متغيرة Variable Capacitor**

حيث يلزم التغيير المستمر للسعة لضبط أجهزة الإرسال وأجهزة الاستقبال وأجهزة الراديو الترانزستور. المكثفات العازلة المتغيرة هي أنواع متعددة الألواح ذات عازل هوائي، تحتوي على مجموعة من الصفائح الثابتة (دوارات الجزء الثابت) ومجموعة من الصفائح المتحركة (دوارات الدوار) التي تتحرك بين اللوحات الثابتة.

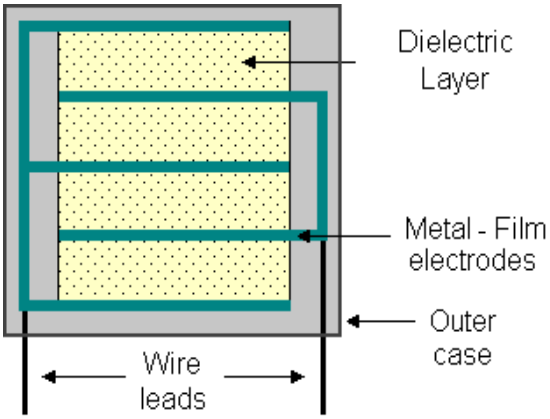
بالإضافة إلى أنواع المكثفات المتغيرة باستمرار، تتوفر أيضًا مكثفات متغيرة من النوع المحدد مسبقًا، تسمى Trimmers. هذه عمومًا عبارة عن مكثفات صغيرة يمكن ضبطها أو "تم ضبطها مسبقًا" على قيمة سعة معينة بمساعدة مفك براغي صغير، وهي متوفرة بسعة صغيرة جدًا تبلغ 500 pF أو أقل، وغير مستقطبة.

Variable and trimmer capacitor.

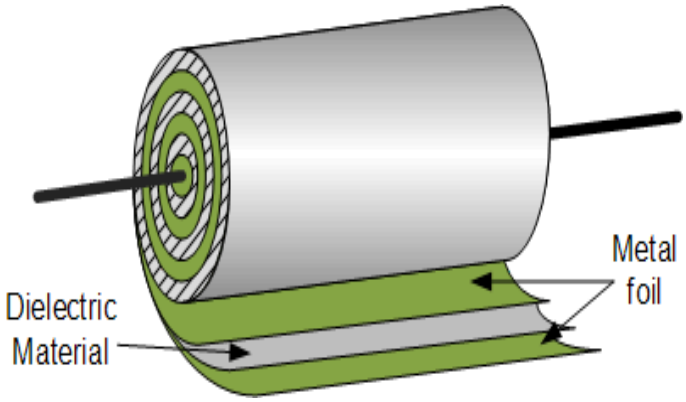
❖ **مكثفات الأفلام (شرائط أو طبقات رقيقة) Film Capacitor Type**

المكثفات الفيلمية هي الأكثر شيوعًا بين جميع أنواع المكثفات، وتتكون من عائلة كبيرة نسبيًا من المكثفات مع اختلاف في خصائصها العازلة. وتشمل هذه البوليستر (مايلار)، والبوليسترين، والبولي بروبيلين، والبولي كربونات، والورق المعدني، والتيفلون وما إلى ذلك. تتوفر مكثفات الأفلام في سعة تتراوح من صغيرة مثل 5 pF إلى كبيرة مثل 100 uF اعتمادًا على النوع الفعلي للمكثف وتصنيف الجهد الخاص به. يتم تصنيع أنواع المكثفات الفيلمية والرقائقية من شرائح طويلة من رقائق معدنية رفيعة مع مادة عازلة محصورة بين الرقائق المعدنية والتي يتم لفها في لفة محكمة ثم يتم إغلاقها في أنابيب ورقية أو معدنية. تأتي مكثفات الأفلام أيضًا في مجموعة متنوعة من الأشكال التي تشمل:

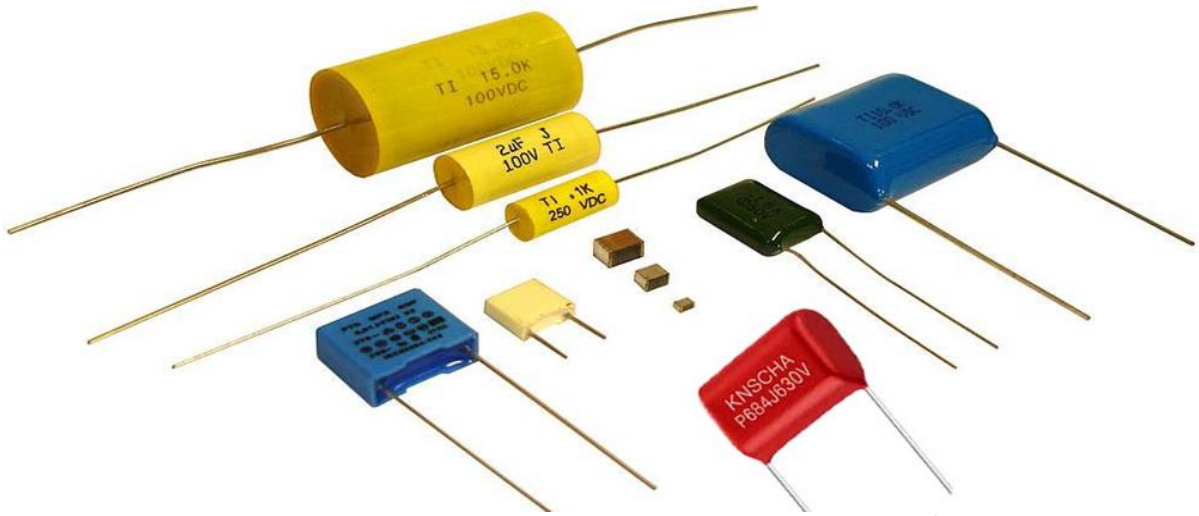
Radial Lead Type



Axial Lead Type



تُستخدم مكثفات الأفلام والرقائق عمومًا في التطبيقات ذات الطاقة العالية والأكثر دقة.



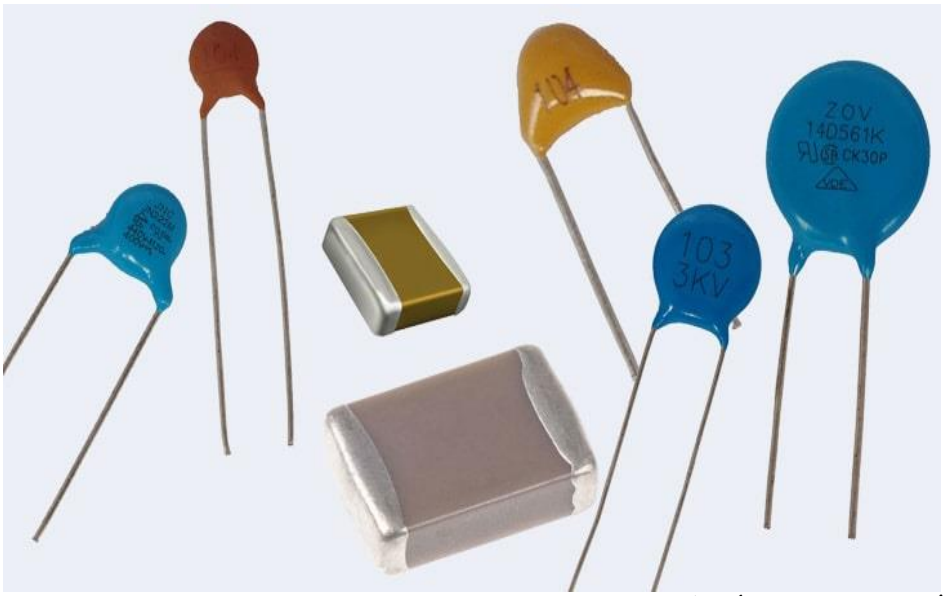
❖ **المكثفات السيراميكية Ceramic Types of Capacitor**

المكثفات الخزفية أو المكثفات القرصية كما يطلق عليها عمومًا، يتم تصنيعها عن طريق طلاء وجهين من قرص صغير من البورسلين أو السيراميك بالفضة ثم يتم تجميعهما معًا لصنع مكثف. بالنسبة لقيم السعة المنخفضة جدًا، يتم استخدام قرص سيراميكي واحد يبلغ حوالي ٣-٦ مم. تتميز المكثفات الخزفية بثابت عازل عالي (High-K) وهي متوفرة بحيث يمكن الحصول على سعة عالية نسبيًا بحجم مادي صغير.

تتراوح قيم المكثفات الخزفية من عدد قليل من بيكوفاراد إلى واحد أو اثنين ميكروفاراد (µF) ولكن معدلات جهدها منخفضة جدًا بشكل عام.

عادةً ما تحتوي أنواع المكثفات الخزفية على رمز مكون من ٣ أرقام مطبوع على جسمها لتحديد قيمة السعة

الخاصة بها بالبيكو فاراد. عموما أول رقمين يشيران إلى قيمة المكثف والرقم الثالث يشير إلى عدد الأصفار المراد إضافتها. على سبيل المثال، مكثف قرصي سيراميكي يحمل الرقم ١٠٣ يشير إلى ١٠ و٣ أصفار بيكو فاراد وهو ما يعادل 10000 pF أو 10 nF.



تُستخدم الحروف أحيانًا للإشارة إلى قيمة التسامح الخاص بالمقاومة مثل: J = 5% أو K = 10% أو M = 20% وما إلى ذلك.

❖ المكثفات الالكتروليتية Electrolytic Types of Capacitor

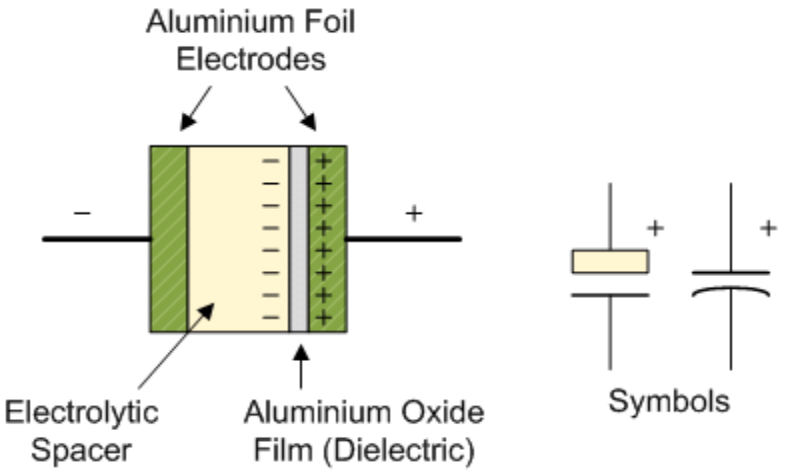
تُستخدم المكثفات الإلكتروليتية عمومًا عند الحاجة إلى قيم سعة كبيرة جدًا. هنا بدلاً من استخدام طبقة معدنية رقيقة جدًا لأحد الأقطاب الكهربائية، يتم استخدام محلول إلكتروليت شبه سائل على شكل هلام أو معجون والذي يعمل بمثابة القطب الكهربائي الثاني (عادةً الكاثود).

العازل الكهربائي عبارة عن طبقة رقيقة جدًا من الأكسيد والتي يتم زراعتها كيميائيًا في الإنتاج بسمك الفيلم أقل من عشرة ميكرون. هذه الطبقة العازلة رقيقة جدًا لدرجة أنه من الممكن صنع مكثفات ذات قيمة كبيرة من السعة لحجم فيزيائي صغير، حيث أن المسافة بين الألواح d صغيرة جدًا.

غالبية أنواع المكثفات الإلكتروليتية مستقطبة، أي أن جهد التيار المستمر المطبق على أطراف المكثف يجب أن يكون ذو قطبية صحيحة، أي موجبًا للطرف الموجب وسالبًا للطرف السالب لأن الاستقطاب غير الصحيح سيؤدي إلى تحطيم طبقة الأكسيد العازلة وقد ينتج عن ذلك ضرر دائم.

يتم تمييز قطبية جميع المكثفات الإلكتروليتية المستقطبة بوضوح بعلامة سالبة للإشارة إلى الطرف السالب ويجب اتباع هذه القطبية.

تُستخدم المكثفات الإلكتروليتية عمومًا في دوائر إمداد الطاقة بالتيار المستمر نظرًا لسعتها الكبيرة وصغر حجمها للمساعدة في تقليل جهد التموج أو لتطبيقات الاقتران والفصل. أحد العيوب الرئيسية للمكثفات الإلكتروليتية هو انخفاض جهدها نسبيًا، وبسبب استقطاب المكثفات الإلكتروليتية، يتبع ذلك أنه لا يجب استخدامها مع إمدادات التيار المتردد.



تأتي المكثفات الإلكتروليتية بشكل عام في شكلين أساسيين؛ **مكثفات الألومنيوم ومكثفات التنتالوم.**

❖ مكثفات الألومنيوم الإلكتروليتية Aluminium Electrolytic Types of Capacitor

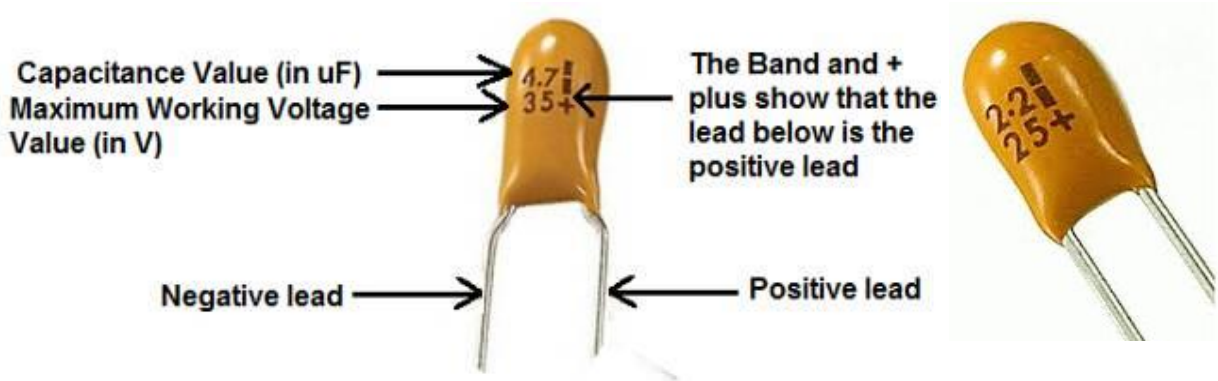
هناك نوعان أساسيان من مكثفات الألمنيوم الإلكتروليتية، نوع الرقائق العادية ونوع الرقائق المحفورة. إن سماكة طبقة أكسيد الألومنيوم وفولطية الانهيار العالية تعطي هذه المكثفات قيم سعة عالية جدًا بالنسبة لحجمها. يختلف نوع الرقاقة المحفورة عن نوع الرقاقة العادية حيث أن أكسيد الألومنيوم الموجود على رقائق الأنود والكاثود قد تم حفره كيميائيًا لزيادة مساحة سطحه والسماحية. من الأفضل استخدام رقائق التحليل الكهربائي المحفورة في دوائر التوصيل وحجب التيار المستمر والدوائر الالتفافية بينما تكون أنواع الرقائق العادية أكثر ملاءمة كمكثفات تنعيم في مصادر الطاقة.

❖ مكثفات التنتالوم الإلكتروليتية Tantalum Electrolytic Types of Capacitor

Tantalum electrolytic Capacitors and tantalum beads are available in both wet (foil) and dry (solid) electrolytic types with the dry or solid tantalum being the most common. Solid tantalum capacitors use manganese dioxide as their second terminal and are physically smaller than the equivalent aluminium capacitors.

إن خصائص العزل الكهربائي لأكسيد التنتالوم هي أيضًا أفضل بكثير من تلك الخاصة بأكسيد الألومنيوم، مما يوفر تيارات تسرب أقل واستقرارًا أفضل للسعة، مما يجعلها مناسبة للاستخدام في تطبيقات الحجب والتجاوز والفصل والترشيح والتوقيت.

بشكل عام، يتم تحديد السلك الموجب على جسم المكثف بواسطة علامة قطبية، حيث يكون جسم مكثف حبة التنتالوم ذو شكل هندسي بيضاوي. تتراوح القيم النموذجية للسعة من 47 nF إلى 470 uF.



Electrolytic's are widely used capacitors due to their low cost and small size but **there are three easy ways to destroy an electrolytic capacitor:**

Over-voltage: excessive voltage will cause current to leak through the dielectric resulting in a short circuit condition.

Reversed Polarity: reverse voltage will cause self-destruction of the oxide layer and failure.

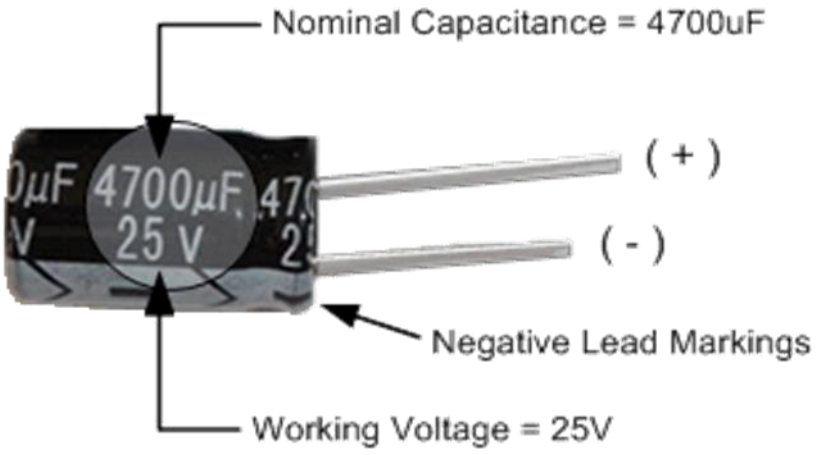
Over Temperature: excessive heat dries out the electrolytic and shortens the life of an electrolytic capacitor.

❖ مكثفات الميكا Mica Capacitors

الميكا هي مجموعة من المعادن الطبيعية. مكثفات الميكا الفضـــية هي المكثفات التي تســـتخدم الميكا كمادة عازلة. هناك نوعان من مكثفات الميكا: مكثفات الميكا المثبتة ومكثفات الميكا الفضـــية. تعتبر مكثفات الميكا المثبتة الآن قديمة بسبب خصـائصـها الرديئة. يتم استخدام مكثفات الميكا الفضية بدلاً من ذلك. إنها مصـنوعة من صفائح الميكا المغطاة بالمعدن على كلا الجانبين. يتم بعد ذلك تغليف هذا التجميع بمادة الإيبوكسي لحمايته من البيئة. تُسـتخدم مكثفات الميكا عمومًا عندما يتطلب التصـميم مكثفات مسـتقرة وموثوقة ذات قيم صـغيرة نسبيًا. وهي عبارة عن مكثفات منخفضـة الفقد، مما يسمح باستخدامها بترددات عالية، ولا تتغير قيمتها كثيرًا بمرور الوقت.

مكثفات الميكا هي مكثفات غير مستقطبة، مما يعني أنها لا تحتوي على قطبية محددة ويمكن توصيلها في أي اتجاه في الدائرة. وهذا يجعلها أسهل في الاستخدام وأقل عرضة لأخطاء التثبيت.

❖ **خصائص المكثفات Capacitor Characteristics**



1. **Nominal Capacitance, (C) السعة الاسمية**

The nominal value of the Capacitance, C of a capacitor is the most important of all capacitor characteristics. This value measured in pico-Farads (pF), nano-Farads (nF) or micro-Farads (μF) and is marked onto the body of the capacitor as numbers, letters, or colored bands.

2. **Working Voltage, (WV) جهد العمل**

The Working Voltage is another important capacitor characteristic that defines the maximum continuous voltage either DC or AC that can be applied to the capacitor without failure during its working life. Common working DC voltages are 10V, 16V, 25V, 35V, 50V, 63V, 100V, 160V, 250V, 400V and 1000V and are printed onto the body of the capacitor.

3. **Tolerance, (±%) السماحية**

The most common tolerance variation for capacitors is 5% or 10% but some plastic capacitors are rated as low as ±1%.

4. **Leakage Current تيار التسرب**

leakage is very low such as in film or foil type capacitors. leakage current is high as in electrolytic's capacitors (tantalum and aluminium).

5. Working Temperature, (T) درجة حرارة العمل

The normal working range for most capacitors is -30 ^{o}C to +125 ^{o}C with nominal voltage ratings given for a **Working Temperature** of no more than +70 ^{o}C especially for the plastic capacitor types.

6. Temperature Coefficient, (TC) معامل درجة الحرارة

The temperature coefficient of a capacitor is generally expressed linearly as parts per million per degree centigrade (PPM/^{o}C), or as a percent change over a particular range of temperatures. some capacitors do not change their value and remain constant over a certain temperature range, such capacitors have a zero-temperature coefficient. These types of capacitors such as Mica or Polyester are generally referred to as Class 1 capacitors.

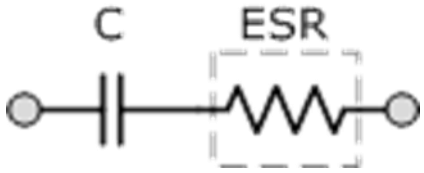
7. Polarization القطبية

Capacitor Polarization generally refers to the electrolytic type capacitors but mainly the Aluminium Electrolytic's, with regards to their electrical connection. The majority of electrolytic capacitors are polarized types, that is the voltage connected to the capacitor terminals must have the correct polarity, i.e. **positive to positive and negative to negative.**

8. Equivalent Series Resistance, (ESR)

ESR defines the energy losses of the "equivalent" series resistance of a capacitor; it must therefore determine the capacitor's overall I^2R heating losses, especially when used in power and switching circuits.

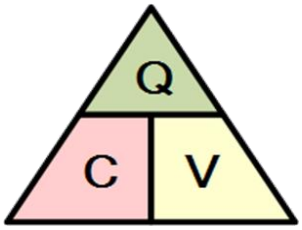
Capacitors with a relatively high ESR have less ability to pass current from their plates to the external circuit because of their longer charging and discharging RC time constant. The ESR of electrolytic capacitors increases over time as their electrolyte dries out. Capacitors with very low ESR ratings are available and are best suited when using the capacitor as a filter.



As a final note, capacitors with small capacitance's (less than 0.01μF) generally do not pose much danger to humans. However, when their capacitance's starts to exceed 0.1μF, touching the capacitor leads can be a shocking experience.

❖ **Capacitance and Charge السعة والشحنة**

$$Q = C \times V$$



Where: Q (Charge, in Coulombs) = C (Capacitance, in Farads) x V (Voltage, in Volts)

❖ **Capacitor with Air as its dielectric**

$$C = \frac{Q}{V} = \varepsilon \frac{A}{d}$$

❖ **Capacitor with a Solid as its dielectric**

$$C = \frac{Q}{V} = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{A}{d}$$

Where A is the area of the plates in square meters, m^2. ε_0 (epsilon) is the value of the permittivity for air which is 8.84 x 10^{-12} F/m, and ε_r is the permittivity of the dielectric medium used between the two plates.

Capacitance Example No1

A parallel plate capacitor consists of two plates with a total surface area of 100 cm^2. What will be the capacitance in pico-Farads, (pF) of the capacitor if the plate separation is 0.2 cm, and the dielectric medium used is air.

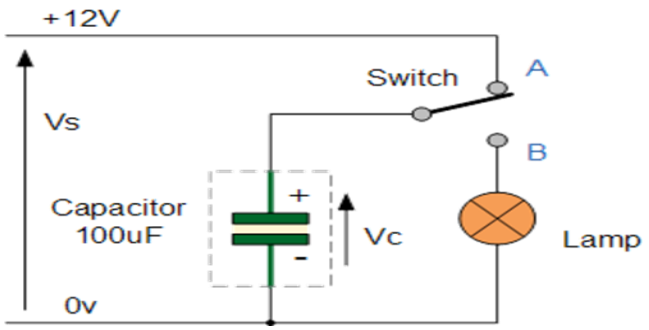
$$C = \varepsilon \frac{A}{d}, \quad \varepsilon = 8.85 pF/m$$

$$A = 100 cm^2 = 0.01 m^2, \quad d = 0.2 cm = 0.002 m$$

$$\therefore \; C = 8.85 \times 10^{-12} \times \frac{0.01 m^2}{0.002 m} = 44 pF$$

Capacitor Charge Example No2

Calculate the charge in the capacitor circuit.



$$Q = C \times V$$

$$Q = 100\mu F \times 12v = 1.2 \times 10^{-3} = 1.2mC$$

Energy in a Capacitor

$$\text{Energy, } W = \frac{1}{2}CV^2 \text{ or } \frac{CV^2}{2} \text{ in Joules, (j)}$$

So, the energy stored in the 100uF capacitor circuit above is calculated as:

$$\text{Energy, } W = \frac{CV^2}{2} = \frac{100 \times 10^{-6} \times 12^2}{2} = 7.2mJ$$

- **Capacitors in Parallel**

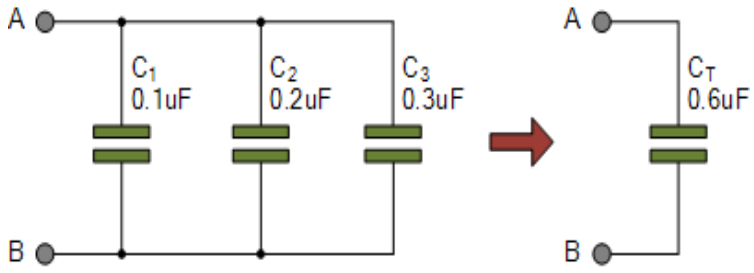
$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad \text{but, } Q = CV$$

$$\therefore Q_T = CV_T = CV_1 + CV_2 + CV_3$$

$$\text{or } C_T = C_1 + C_2 + C_3$$

Capacitors in Parallel Example No1

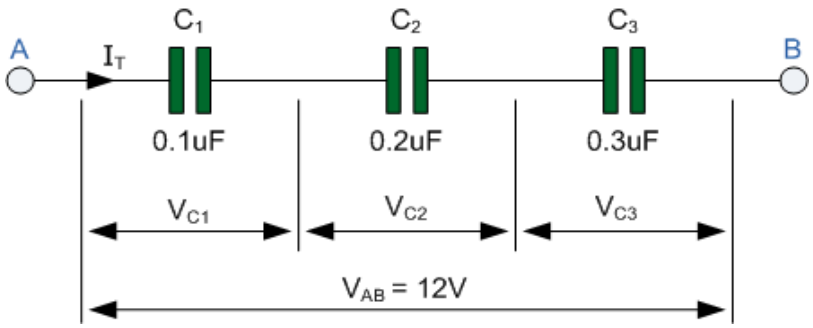
Calculate the total equivalent circuit capacitance C_T



CT = C1 + C2 + C3 = 0.1uF + 0.2uF + 0.3uF = 0.6uF

- **Capacitors in Series**

QT = Q1 = Q2 = Q3 ….etc.



$$V_{AB} = V_{C1} + V_{C2} + V_{C3} = 12V$$

$$V_{C1} = \frac{Q_T}{C_1},\ V_{C2} = \frac{Q_T}{C_2},\ V_{C3} = \frac{Q_T}{C_3}$$

$$V_{AB} = \frac{Q_T}{C_T} = \frac{Q_T}{C_1} + \frac{Q_T}{C_2} + \frac{Q_T}{C_3}$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \cdots + \frac{1}{C_n}$$

Capacitors in Series Example No1

Taking the three capacitor values from the above example, we can calculate the total capacitance, CT for the three capacitors in series as:

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{0.1\mu F} + \frac{1}{0.2\mu F} + \frac{1}{0.3\mu F} = \frac{1}{18.33\times10^{-6}}$$

$$\therefore C_T = 0.055\mu F \text{ or } 55nF$$

Capacitors in Series Example No2

Find the overall capacitance and the individual rms(root mean square) voltage drops across the following sets of two capacitors in series when connected to a 12V AC supply.

a) two capacitors each with a capacitance of 47nF

b) one capacitor of 470nF connected in series to a capacitor of 1 µF

a) Total Equal Capacitance,

$$C_T = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2} = \frac{47nF \times 47nF}{47nF + 47nF} = 23.5nF$$

Voltage-drop across the two identical 47nF capacitors,

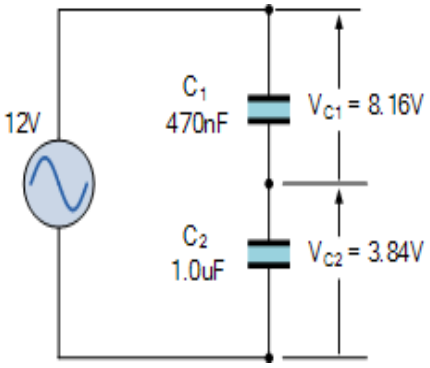
$$V_{C1} = \frac{C_T}{C_1} \times V_T = \frac{23.5nF}{47nF} \times 12V = 6volts$$

$$V_{C2} = \frac{C_T}{C_2} \times V_T = \frac{23.5nF}{47nF} \times 12V = 6volts$$

b) Total Unequal Capacitance,

$$C_T = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2} = \frac{470nF \times 1uF}{470nF + 1uF} = 320nF$$

Voltage-drop across the two non-identical Capacitors: C1 = 470nF and C2 = 1µF.



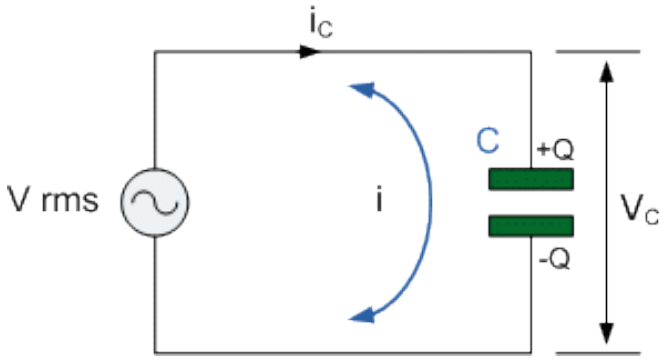
$$V_{C1} = \frac{C_T}{C_1} \times V_T = \frac{320nF}{470nF} \times 12 = 8.16volts$$

$$V_{C2} = \frac{C_T}{C_2} \times V_T = \frac{320nF}{1uF} \times 12 = 3.84volts$$

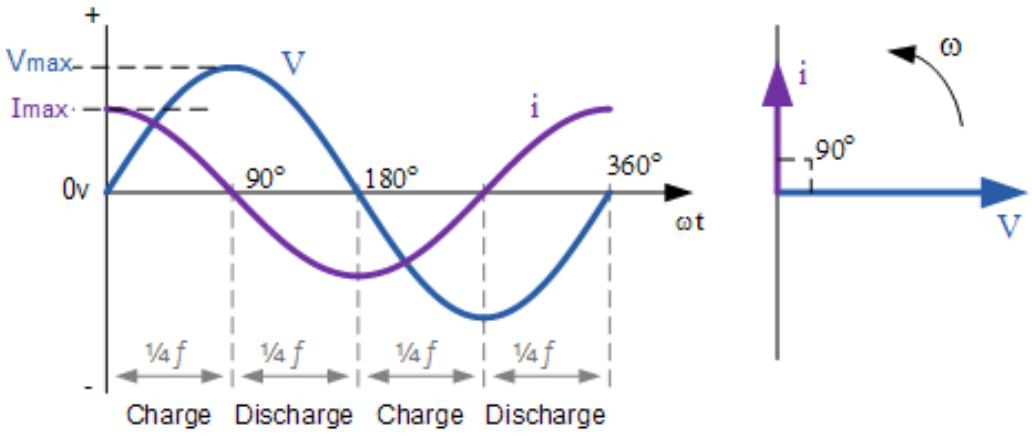
$$Q_{C1} = V_{C1} \times C_1 = 8.16V \times 470nF = 3.84\mu C$$

$$Q_{C2} = V_{C2} \times C_2 = 3.84V \times 1uF = 3.84\mu C$$

❖ Capacitance in AC Circuits



AC Capacitor Phasor Diagram



من الشـــكل الموجي أعلاه، يمكننا أن نرى أن التيار يقود الجهد بمقدار ٤/١ دورة، أو ٩٠ درجة، كما هو موضـح في الرسـم البياني المتجه. ومن ثم يمكننا القول أنه في دائرة سـعوية بحتة، يتخلف الجهد المتردد عن التيار بمقدار ٩٠ درجة.

مثل المقاومات، توفر المكثفات أيضًـــا شـــكلاً من أشـــكال المقاومة ضـــد تدفق التيار عبر الدائرة، ولكن مع المكثفات في دوائر التيار المتردد، تُعرف هذه المقاومة باسم المفاعلة reactance، أو بشكل أكثر شيوعًا في دوائر المكثفات، المفاعلة الســعوية capacitive reactance. لذا فإن الســعة في دوائر التيار المتردد تعاني من المفاعلة السعوية.

❖ المفاعلة السعوية Capacitive Reactance

المفاعلة الســعوية في دائرة ســعوية بحتة هي معاكســة تدفق التيار في دوائر التيار المتردد. كما هو الحال مع المقاومة، يتم قياس المفاعلة أيضًا بوحدة أوم ولكن يُعطى لها الرمز X_C لتمييزها عن قيمة المقاومة البحتة.

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{\omega C}$$

Where: F is in Hertz and C is in Farads. $2\pi f$ can also be expressed collectively as the Greek letter Omega, ω to denote an angular frequency.

X_c = Capacitive Reactance in Ohms, (Ω)

π (pi) = a numeric constant of 3.142

f = Frequency in Hertz, (Hz)

C = Capacitance in Farads, (F)

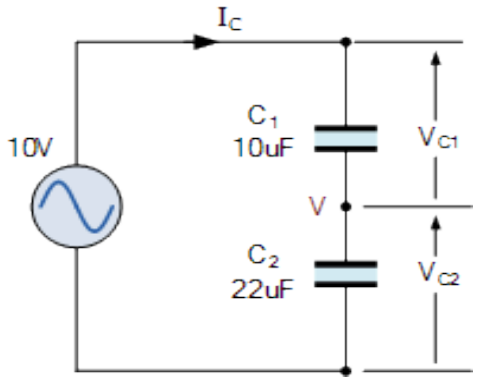
AC Capacitance Example No1

Find the rms current flowing in an AC capacitive circuit when a 4μF capacitor is connected across an 880V, 60Hz supply.

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times 60 \times (4 \times 10^{-6})} = 663\Omega$$

$$I_{RMS} = \frac{V_{RMS}}{X_C} = \frac{880V}{663\Omega} = 1.33 Amperes$$

- **Capacitive Voltage Divider**



Capacitive Voltage Divider Example No1

Using the two capacitors of 10uF and 22uF in the series circuit above, calculate the rms voltage drops across each capacitor when subjected to a sinusoidal voltage of 10 volts rms at 80Hz.

Capacitive Reactance of 10uF capacitor

$$X_{C1} = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times 80 \times 10 \times 10^{-6}} = 200\Omega$$

Capacitive reactance of 22uF capacitor

$$X_{C2} = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times 80 \times 22 \times 10^{-6}} = 90\Omega$$

Total capacitive reactance of series circuit – Note that reactance's in series are added together just like resistors in series.

$$Xc_{(total)} = X_{C1} + X_{C2}$$
$$= 200\Omega + 90\Omega = 290\Omega$$

or:

$$C_T = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2} = \frac{10uF \times 22uF}{10uF + 22uF} = 6.88uF$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C_T} = \frac{1}{2\pi \times 80 \times 6.88uF} = 290\Omega$$

Circuit current

$$I = \frac{E}{Xc} = \frac{10\,V}{290\,\Omega} = 34.5\,mA$$

Then the voltage drop across each capacitor in series capacitive voltage divider will be:

$$V_{C1} = I \times X_{C1} = 34.5mA \times 200\Omega = 6.9V$$

$$V_{C2} = I \times X_{C2} = 34.5mA \times 90\Omega = 3.1V$$

٣ الملفات (المحثات) Inductors

الملف أو المحث هو مكون سلبي يستخدم في معظم دوائر القدرة الإلكترونية لتخزين الطاقة في شكل طاقة مغناطيسية عند تطبيق الكهرباء عليها. إحدى الخصائص الرئيسية للمحرّض (الملف) هي أنه يعيق أو يعارض أي تغيير في كمية التيار المتدفق من خلاله. كلما تغير التيار عبر ملف الحث، فإنه إما يكتسب شحنة أو يفقد الشحنة من أجل معادلة التيار المار عبره. يُطلق على المحث أيضًا اسم الخانق choke أو المفاعل reactor أو مجرد ملف coil.

يتم تشكيل الملفات بسلك ملفوف بإحكام حول قلب مركزي صلب والذي يمكن أن يكون إما قضيبًا أسطوانيًا مستقيمًا أو حلقة أو حلقة مستمرة لتركيز الفيض المغناطيسي.

❖ رموز الملفات Inductors symbols

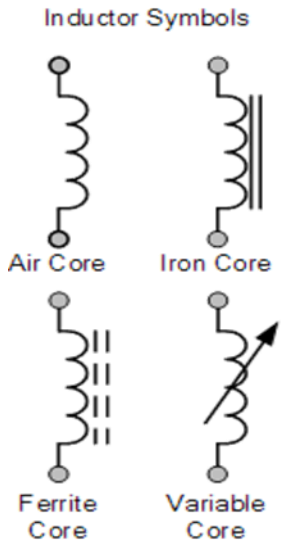
الرمز التخطيطي للملف هو رمز ملف من الأسلاك، لذلك يمكن أيضًا تسمية ملف من الأسلاك بالملف. يتم تصنيف الملفات عادةً وفقًا لنوع القلب الداخلي الذي يتم لفه حوله، على سبيل المثال:

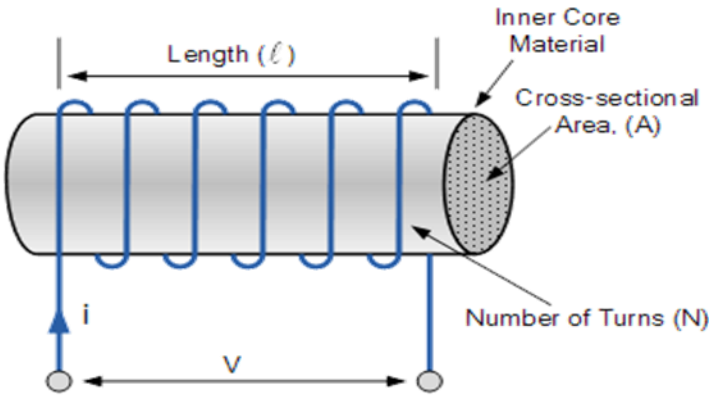
- ❖ اللب أو القلب المجوف (الهواء الحر).
- ❖ اللب أو القلب الحديدي الصلب.
- ❖ الفريت الناعم.
- ❖ القلب المتغير.

مع تمييز أنواع القلب المختلفة عن طريق إضافة خطوط متوازية متواصلة أو منقطة بجانب لفائف الأسلاك، كما هو مبين أدناه.

التيار الذي يتدفق عبر ملف الحث ينتج تدفقًا مغناطيسيًا يتناسب معه. ولكن على عكس المكثف، الذي يقاوم تغير الجهد عبر ألواحه، فإن المحث يقاوم معدل تغير التيار المتدفق عبره بسبب تراكم الطاقة المستحثة ذاتيًا

داخل مجاله المغناطيسي. بمعنى آخر، تقاوم الملفات تغيرات التيار، ولكنها ستمرر بسهولة تيارًا مستمرًا في حالة ثابتة.





إن قدرة الملف على مقاومة التغيرات في التيار والتي ترتبط أيضًا بالتيار i مع التدفق المغناطيسي الخاص به NΦ كثابت التناسب تسمى الحث الذي يُعطى الرمز L مع وحدات Henry، (H) بعد جوزيف هنري.

تعتبر الملفات شائعة جدًا في الدوائر الكهربائية، وهناك العديد من العوامل التي تحدد حث الملف مثل شكل الملف shape of the coil، وعدد لفات السلك المعزول the number of turns of the insulated wire، وعدد طبقات السلك the number of layers of wire، والمسافة بين اللفات the spacing between the turns، ونفاذية مادة القلب the permeability of the core material، وحجم أو مساحة المقطع العرضي للقلب cross-sectional area of the core وما إلى ذلك، على سبيل المثال لا الحصر.

❖ **القوة الدافعة المستحثة في الملف Induced EMF across the coil**

$$E \ \alpha \ \frac{dI}{dt}$$

$$E \ = \ L \ \frac{dI}{dt}$$

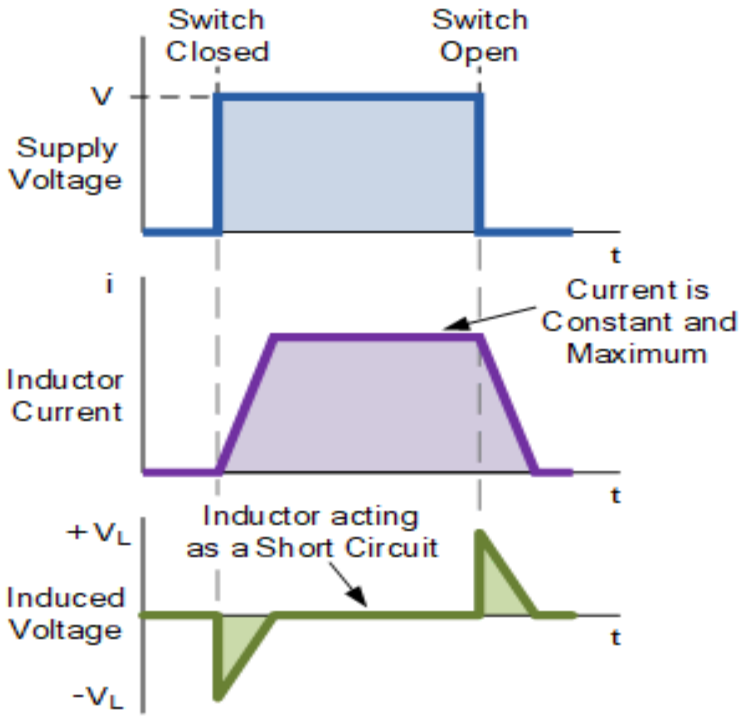
Where:

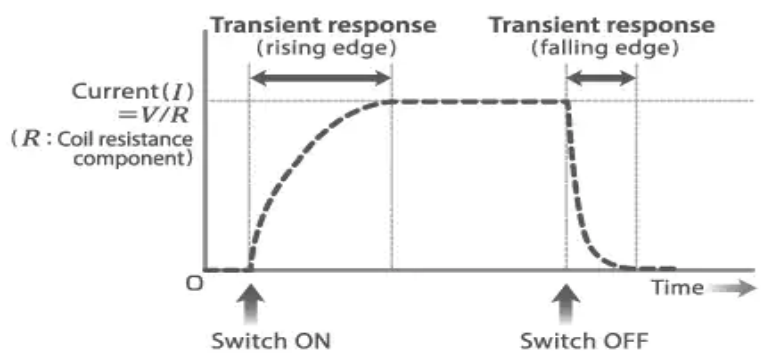
- **E** is the EMF produced

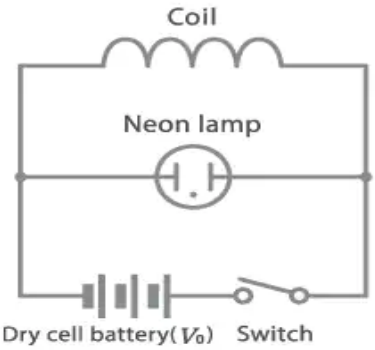
- **dI/dt** indicates the rate of change of current
- **L** indicates the co-efficient of inductance.

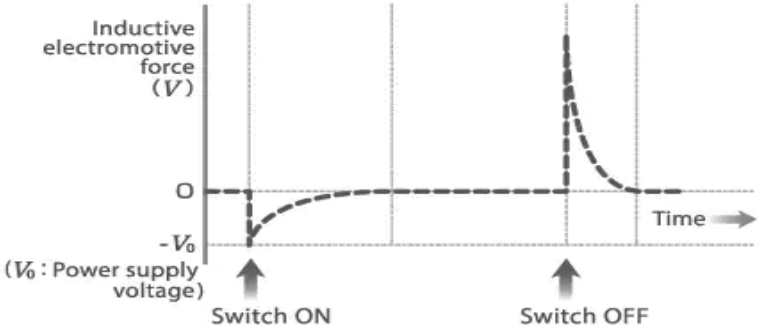
Behavior of an inductor with direct current سلوك الملف مع التيار المباشر

$$V_L = -L\frac{di}{dt}$$









Key point

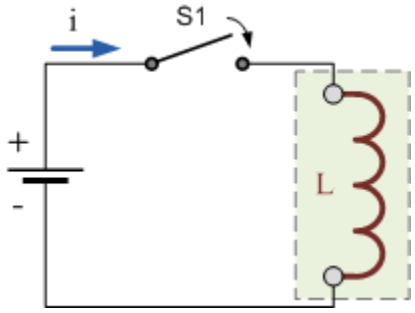
Compared to the switch ON action, the switch OFF action will generate a higher electromotive force in the coil. Ignition coils for automotive engines and similar make use of this effect to generate high voltages.

يعتمد مقدار الجهد المستحث الذي سينتجه الملف على معدل تغير التيار. ذكر قانون لينز أن: "اتجاه القوة الدافعة الكهربية المستحثة سيعارض دائمًا التغيير الذي يسببه". بمعنى آخر، فإن القوة الدافعة الكهربية المستحثة ستعارض دائمًا الحركة أو التغيير الذي أدى إلى بدء القوة الدافعة الكهربية المستحثة في المقام الأول.

لذلك مع انخفاض التيار ستعمل قطبية الجهد كمصدر، ومع زيادة التيار ستعمل قطبية الجهد كحمل. لذا، بالنسبة لنفس معدل تغير التيار عبر الملف، فإن زيادة أو نقص مقدار القوة الدافعة الكهربية المستحثة سيكون هو نفسه.

Tutorial Example No1

A steady state direct current of 4 ampere passes through a solenoid coil of 0.5H. What would be the average back emf voltage induced in the coil if the switch in the circuit was opened for 10mS and the current flowing through the coil dropped to zero ampere.

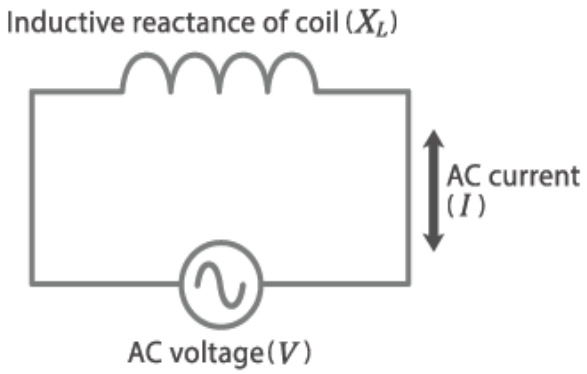


$$V_L = L\frac{di}{dt} = 0.5\frac{4}{0.01} = 200\,\text{volts}$$

سلوك الملف مع التيار المتردد Behavior of a coil with alternating current

المفاعلة (المعاوقة) الحثيّة (X_L)

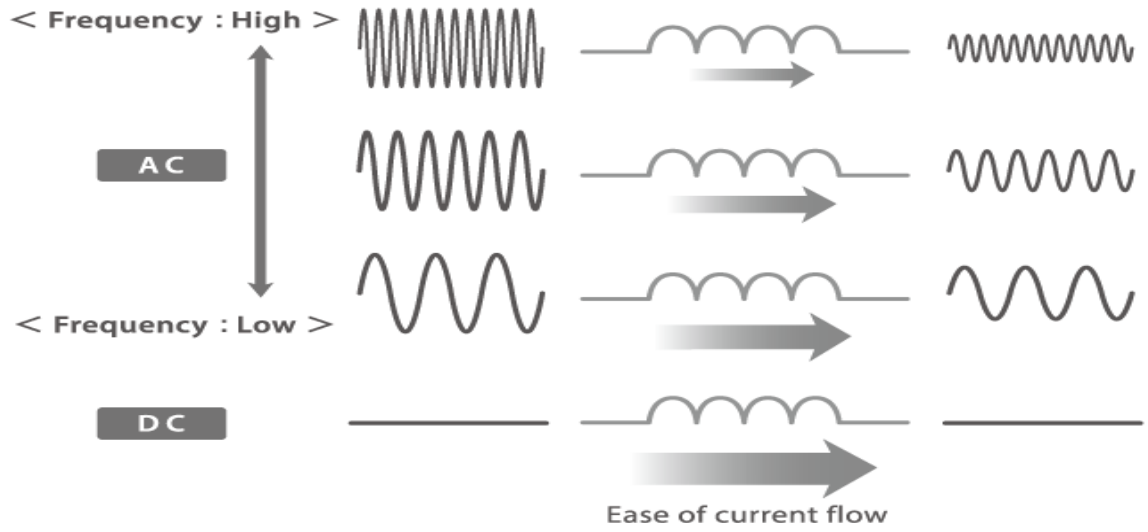
يمرر الملف (الملف) التيار المباشر بسلاسة، لكنه يظهر مقاومة للتيار المتردد. تزداد المقاومة نحو الترددات الأعلى. يُسمى هذا التأثير بالمفاعلة الحثية (X_L) للملف. توجد العلاقة التالية بين تردد التيار المتردد (f) والمحاثة (L).



$$X_L = 2\pi f L\ [\Omega]$$

$$I = \frac{V}{X_L} = \frac{V}{2\pi f L}\ [\mathrm{A}]$$

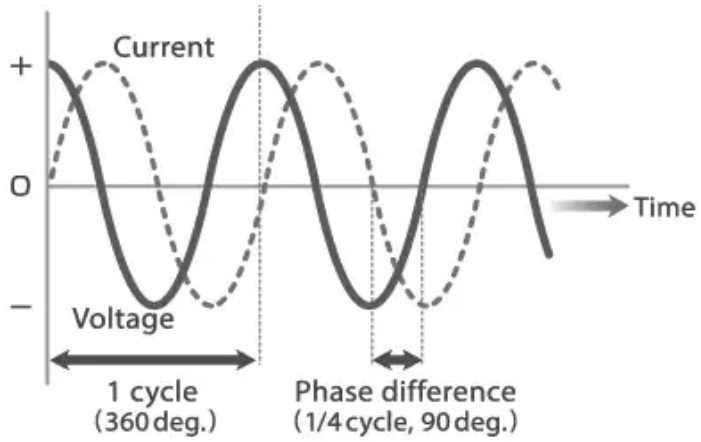
X_L : Inductive reactance [Ω] V : AC voltage [V]
f : Frequency [Hz] I : AC current [A]
L : Inductance [H]



Key point The coil will let direct current and alternating current of low frequency pass smoothly, but the higher the frequency of the alternating current, the more resistance will be presented by the coil, resulting in weaker current.

شـــكل موجة الجهد والتيار المتردد مع الملف Voltage and AC current waveforms with a coil

التيار المتردد له شكل موجة جيبية. عندما يتم توصيل ملف بمصدر طاقة تيار متردد، فإن تأثير الحث الذاتي سوف ينتج قوة دافعة كهربائية موجهة بحيث تعارض التغير في التيار. وبالتالي فإن تغيير التيار يتأخر بمقدار ٩٠ درجة (٤/١ دورة) بالنسبة للتغير في الجهد (تأثير معاكس للمكثفات).



Key point

When a coil is connected to an AC power source, the current change will be delayed by 90 degrees (1/4 cycle) from the voltage change.

❖ الحث Inductance

الحث (Inductance) ميل الملف لمقاومة التغير في التيار الكهربائي الذي يمر عبره نتيجة لتولد قوة دافعة كهربائية (emf) بين طرفي الملف، ناتجة عن تكون مجال مغناطيسي حوله عند مرور التيار الكهربائي به، ولأن قطبية هذه القوة الدافعة الكهربائية المتولدة تكون معاكسة لقطبية القوة الدافعة الكهربائية للمصدر، فإنها ستدفع تيارًا معاكسًا للتيار الأصلي المار في الدارة؛ ما يعيق مروره. و يمكن أيضا تعريفه على أنه نسبة الجهد المستحث إلى معدل تغير التيار المسبب له.

وحدة الحث في النظام الدولي للوحدات هي هنري (H)، وعندما نقيس الدوائر المغناطيسية، فهي تعادل ويبر/أمبير. ويرمز له بالرمز L .

The formula for inductance is

$$L = \frac{V_L}{(di/dt)} = \frac{1\text{volt}}{1\text{A/s}} = 1\text{Henry}$$

Where: L is the inductance in Henries, VL is the voltage across the coil and di/dt is the rate of change of current in Amperes per second, A/s.

Self-Inductance of a Coil

$$L = N\frac{\Phi}{I}$$

Where: L is in Henries, N is the Number of Turns, Φ is the Magnetic Flux and I is in Amperes.

الهنري (وحدة الحث)

يتم تعريف ١ هنري على أنه مقدار الحث المطلوب لإنتاج قوة دافعة كهربية قدرها ١ فولت في الملف عندما يكون التغير الحالي في الموصل بمعدل ١ أمبير في الثانية. ويعتمد الحث علي عدة عوامل، مثل:

❖ **العوامل المؤثرة على الحث Factors Affecting Inductance**

العوامل التالية تؤثر على الحث في الدائرة:

❖ **عدد لفات الملف Number of Wire Turns in the Coil**

يكون الحث أكبر عندما يكون عدد لفات السلك في الملف أكبر.

❖ **مساحة الملف Coil Area**

الحث يتناسب مع مساحة الملف. كلما زادت مساحة الملف، زاد الحث.

❖ **نوع مادة القلب Core Material**

كلما زادت النفاذية المغناطيسية للقلب الذي يلتف حوله الملف، زاد الحث.

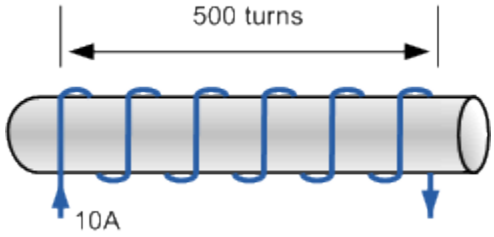
❖ **طول الملف Coil Length**

كلما زاد طول الملف، قل الحث.

Inductance Example No1

A hollow air cored inductor coil consists of 500 turns of copper wire which produces a magnetic flux of 10mWb when passing a DC current of 10 amps.

a) Calculate the self-inductance of the coil in milli-Henries.
b) Calculate the value of the self-induced emf produced in the same coil after a time period of 10 milli-seconds (10ms).



a)

$$L = N\frac{\Phi}{I} = 500\frac{0.01}{10} = 500mH$$

b)

$$emf = L\frac{di}{dt} = 0.5\frac{10}{0.01} = 500V$$

Mutual Inductance Between Coils:

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

K: The coefficient of coupling.

Mutual Inductance Example No1

Two inductors whose self-inductances are given as 75mH and 55mH respectively, are positioned next to each other on a common magnetic core so that 75% of the lines of flux from the first coil are cutting the second coil. Calculate the total mutual inductance that exists between the two coils.

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

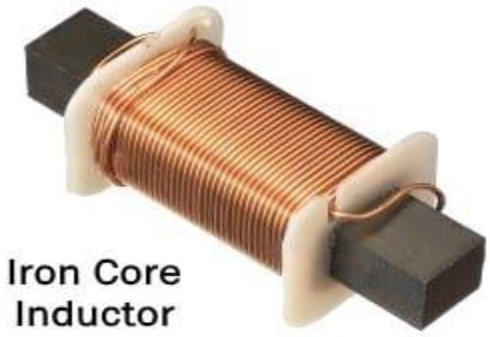
$$M = 0.75\sqrt{75mH \times 55mH} = 48.2mH$$

- **Inductor types أنواع الملفات**
- **Air Core Inductors الملفات ذات القلب الهوائي**

لا تستخدم مادة الفريت في قلب الملف. بدلاً من ذلك، يتم استخدام مادة السيراميك في القلب لتوفير الهيكل الميكانيكي، لديه حث منخفض نسبيا، يستخدم عادة للتطبيقات عالية التردد.

❖ **الملف ذو القلب الحديدي Iron Core Inductor**

المواد الحديدية مغناطيسية بطبيعتها وتستخدم لزيادة محاثة الملف بشكل كبير. وذلك لأن المواد المغناطيسية لديها نفاذية مغناطيسية عالية وتزيد من المجال المغناطيسي للملف.



❖ **الملف ذو قلب فرايت Ferrite Core Inductor**

الفريت عبارة عن مادة ذات نفاذية مغناطيسية عالية مصنوعة من خليط أكسيد الحديد (ferric oxide, Fe2O3) ونسبة صغيرة من المعادن الأخرى مثل النيكل والزنك والباريوم وغيرها.

هناك نوعان من الفريت: الفريت الصلب والفريت الناعم.

يتم استخدام الفريت الصلب في المغناطيس الدائم لأنه لا يفقد المغناطيسية بسهولة. لا يتم استخدامها في الملفات بسبب فقدان التباطؤ العالي.

بينما تتغير مغنطة الفريت الناعم بسـهولة وهو موصـل جيد للمجال المغناطيسـي. وبالتالي يتم اسـتخدامه في المحولات والملفات.

يحتوي قلب الفريت على موصلية كهربائية منخفضة جدًا مما يقلل من التيار الدوامي في القلب، مما يؤدي إلى خسائر تيار دوامي منخفض جدًا عند التردد العالي. ومن ثم يمكن استخدامها في التطبيقات عالية التردد.

❖ **ملفات ذات قلب مسحوق الحديد Iron Powder Core Inductors**

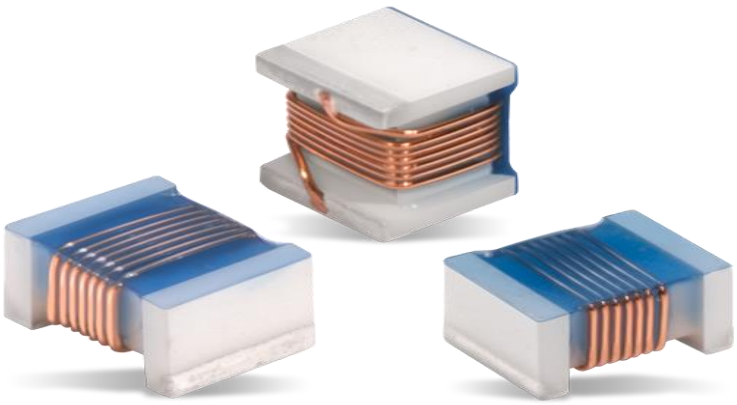
يتكون قلب هذه الملفات من خليط من حبيبات الحديد مع مادة رابطة عضوية مثل راتنجات الإيبوكسي، إلخ.

يتم توزيع فجوات الهواء بين جزيئات القلب بالتسـاوي، مما يقلل من النفاذية المغناطيسـية للقلب. وبالتالي فإن تيار التشبع لهذا القلب مرتفع جدًا نسبيًا.

وكما نعلم فإن القلب الحديدي معرض بشكل كبير لخسائر القلب عند الترددات العالية. وبالتالي، يتم استخدامه للتردد أقل من ١٠٠ كيلو هرتز. نظرًا لتيار التشـبع العالي الخاص بها، يتم اسـتخدامها في التطبيقات عالية الطاقة غالبًا في الخانقات chokes مثل ملفات التخزين storage chokes، وملفات الديمر dimmer chokes، وملفات التصفية filter chokes، وما إلى ذلك.

❖ **الملفات ذات قلب سيراميك Ceramic Core Inductors**

السيراميك مادة غير مغناطيسية مثل الهواء. تُستخدم النوى الخزفية لتوفير شكل للملف وهيكل لتستقر عليه أطرافه. نظرًا لأنها مادة غير مغناطيسية، فهي تتمتع بنفاذية مغناطيسية منخفضة ومحاثة منخفضة. لكنه يوفر تخفيضًا في الخسائر الأساسية. وهو متوفر في الغالب في عبوات SMD ويستخدم في التطبيقات التي تتطلب فقدًا منخفضًا للقلب وحث منخفض.



❖ **الملفات ذات القلب الحديدي الصفائحي Laminated Steel Core Inductor**

في مثل هذا النوع من الملفات ، يكون القلب مصفحًا مما يعني أنه يتكون من مجموعة من الصفائح الرقيقة الموضوعة فوق بعضها البعض في شكل محكم. يتم تغليف الألواح بمادة عازلة لزيادة مقاومتها الكهربائية ومنع تدفق التيار الدوامي بينها. ولذلك فإن خسائر التيار الدوامي يتناقص بشكل ملحوظ. يتم استخدامها في تطبيقات الطاقة العالية.

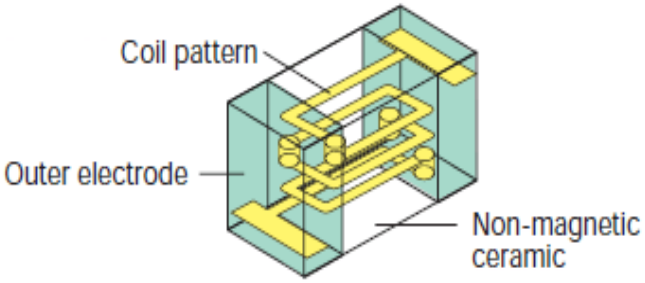
❖ **أنواع الملفات حسب شكل القلب Based On Core Design**

❖ الملفات حلقية القلب Toroidal Core Inductor

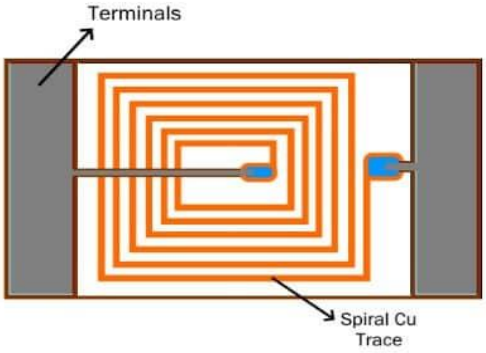
They are used in power supplies, control circuits, communication systems & medical devices, etc.

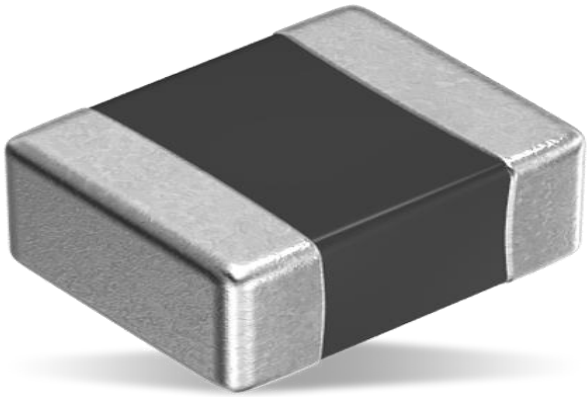
ملف ذو قلب طبلة/مكوك (بكرة) Drum/Bobbin Core Inductor

❖ **الملف متعدد الطبقات Multi-Layer Inductor**



❖ **ملفات الفيلم الرقيق Thin Film Inductor**





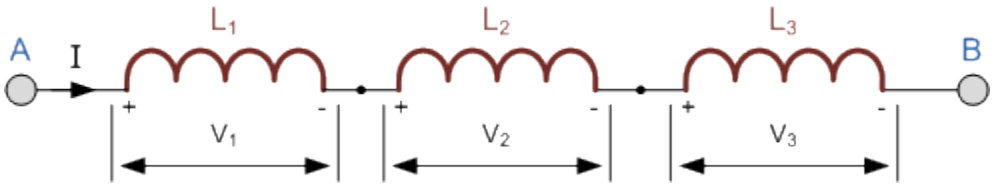
❖ **الملف المصبوب Molded Inductor**

❖ الملفات المقترنة (المزدوجة) Coupled Inductor

تتكون الملفات المقترنة من ملفين حول قلب مشترك.

❖ الملفات المتغيرة Variable Inductors

❖ توصيل الملفات علي التوالي Inductor in Series Circuit



$$V_T = V_1 + V_2 + V_3$$

$$L_T \frac{di}{dt} = L_1 \frac{di}{dt} + L_2 \frac{di}{dt} + L_3 \frac{di}{dt}$$

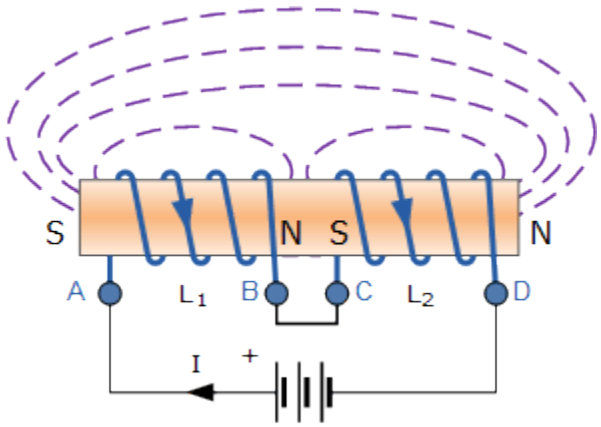
$$L_{total} = L_1 + L_2 + L_3 + ... + L_n \text{ etc.}$$

Inductors in Series Example No1

Three inductors of 10mH, 40mH and 50mH are connected together in a series combination with no mutual inductance between them. Calculate the total inductance of the series combination.

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3 = 10mH + 40mH + 50mH = 100mH$$

Mutually Connected Inductors in Series



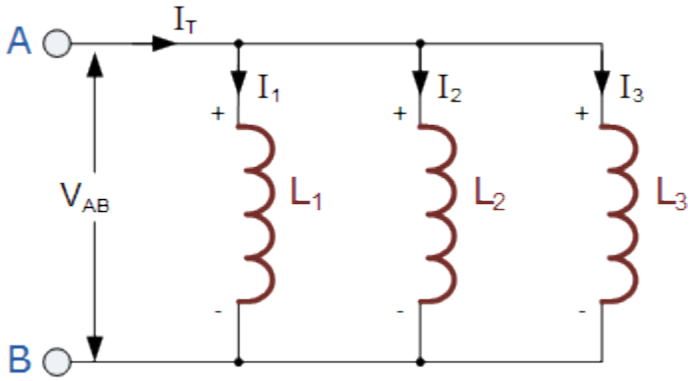
$$L_T = L_1 + L_2 \pm 2M$$

Example No2

Two inductors of 10mH respectively are connected together in a series combination so that their magnetic fields aid each other giving cumulative coupling. Their mutual inductance is given as 5mH. Calculate the total inductance of the series combination.

$$L_T = L_1 + L_2 + 2M$$
$$L_T = 10mH + 10mH + 2(5mH)$$
$$L_T = 30mH$$

❖ توصيل الملفات علي التوازي Inductors in Parallel Circuit



$$I_T = I_1 + I_2 + I_3$$

$$V_{AB} = L_T \frac{d}{dt}(i_1 + i_2 + i_3) = L_T\left(\frac{di_1}{dt} + \frac{di_2}{dt} + \frac{di_3}{dt}\right)$$

$$V_{AB} = L_T\left(\frac{v}{L_1} + \frac{v}{L_2} + \frac{v}{L_3}\right)$$

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

Example No1

Three inductors of 60mH, 120mH and 75mH respectively, are connected together in a parallel combination with no mutual inductance between them. Calculate the total inductance of the parallel combination in millihenries.

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

$$\therefore L_T = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}} = \frac{1}{\frac{1}{60mH} + \frac{1}{120mH} + \frac{1}{75mH}}$$

$$L_T = \frac{1}{38.333} = 26mH$$

الباب الخامس

العناصر الفعالة

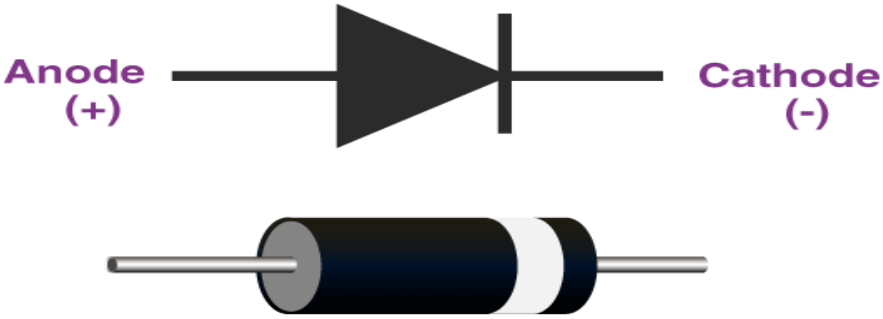
١ الثنائيات (الدايوود) Diodes

ماهو الدايود؟

الدايود Diode (الوصلة الثنائية) هو قطعة إلكترونية يعمل كصمام أحادي الاتجاه، مما يعني أنه يسمح للتيار بالمرور في إتجاه واحد فقط. يتم تصنيع هذه الثنائيات من مواد أشباه الموصلات مثل الجرمانيوم والسيليكون.

Di = Two, and Ode = Electrodes i.e. a device or component having two electrodes viz Anode "+" (P) and Cathode "-" (N).

رمز الدايود



❖ تركيب الدايود

يتكون الدايود من وصلة ثنائية من السيليكون لها طرفين:

الأول من النوع الموجب P-type يُسمى المصعد (Anode) ويتم الحصول عليه بتطعيم قطعة السيليكون بشوائب من عناصر ثلاثية التكافؤ مثل البورون (B).

والطرف الثاني من النوع السالب N-type يسمى المهبط (cathode) نحصل عليه بتطعيم قطعة السيليكون بشوائب من عناصر خماسية التكافؤ مثل الفوسفور(P).

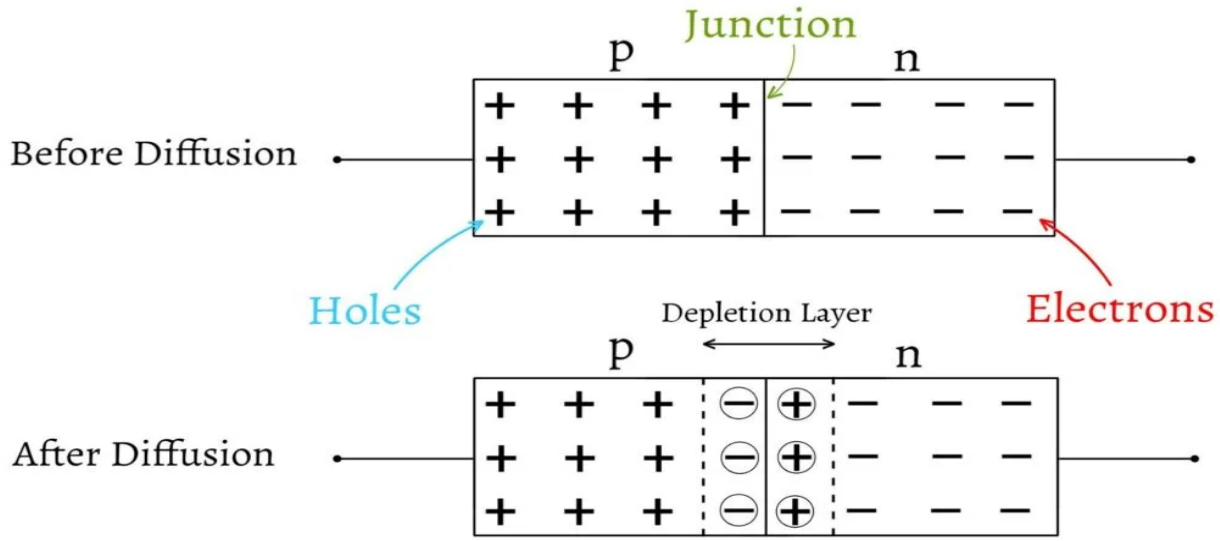
على عكس المقاومة، لا يتصرف الدايود بشكل خطي فيما يتعلق بالجهد المطبق عليه لأن الدايود له علاقة أسية بين الجهد والتيار (I-V) وبالتالي لا يمكننا وصف عمله ببساطة باستخدام معادلة مثل قانون أوم.

❖ مبدأ عمل الدايود

١. الدايود ليس قطعتين منفصلتين وإنما هو قطعة سيلكون واحدة تم تطعيمها على الجانبين.

٢. استنادًا على الحقيقة الأولى فإن الإلكترونات والفجوات يمكنها التجول والانتشار بحرية في كل الوصلة.

بعد مرور وقت قصير في تصنيع الوصلة بالمصنع تنجذب الإلكترونات الحرة بالناحية اليمنى إلى الفجوات القريبة من الحاجز الفاصل بالناحية اليسرى وتتحد معها، مكونة على طرفي الحاجز منطقة خالية من حاملات الشحنة كما نرى في الصورة، هذه المنطقة تسمى بمنطقه الاستنفاد (depletion region).



إن عملية انتقال مزيد من الإلكترونات والاتحاد مع مزيد من الفجوات وبالتالي توسع منطقة الاستنفاد لا تستمر طويلًا بسبب تكون ما يسمى بالجهد الحاجز. هذا الجهد يساوي حوالي 0.7 V في السيلكون . ولكن كيف يتكون هذا الجهد؟

عندما ينتقل إلكترون عبر الحاجز الفاصل يترك خلفه ذرة تكون فاقدة إلكترونًا واحدًا وتصبح عندئذ متأينة وذات شحنة موجبة. وبصورة مماثلة فإن انتقال الإلكترون عبر الحاجز الفاصل ليتحد مع الفجوة يجلب إلكترونًا إضافيًا داخل تلك الذرة وتصبح ذات شحنة سالبة وتكون الذرة عندئذ أيونًا سالبًا وتستمر هذه العملية ويزداد الجهد على طرف الحاجز الفاصل حتى يصل إلى قيمة 0.7 V .

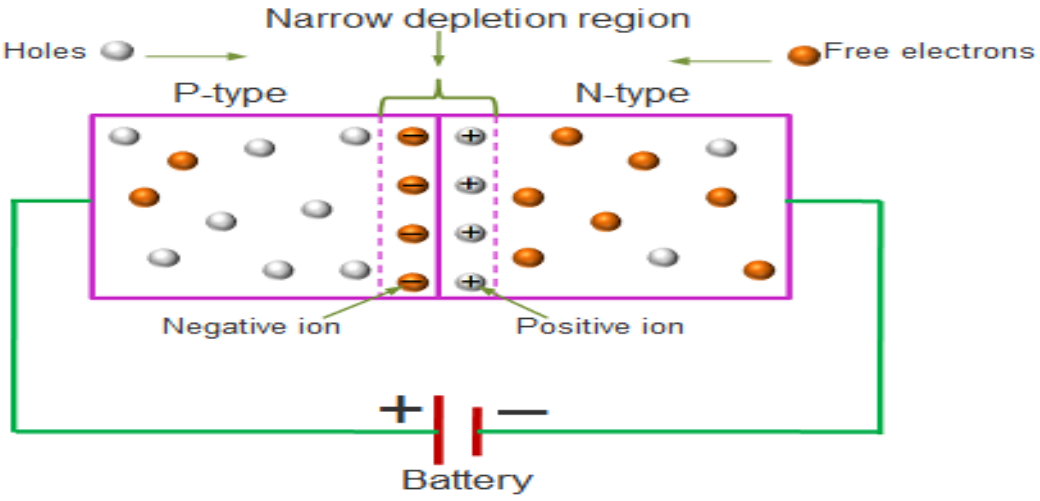
وعندها تتوقف العملية لأن حاملات الشحنة لا تستطيع تخطي هذا الحاجز وتكون الوصلة كما تبدو مكونة من ثلاثة أجزاء: شبه موصل موجب، وسالب، وبينهما منطقة مجردة من الشحنات تُعتبر من الناحية العملية منطقة عازلة. وبالتالي فإن الدايود يعتبر عازلًا لوجود منطقة الاستنفاد التي يكون سمكها حوالي ١٠٠ ميكرومتر.

خصائص الدايود

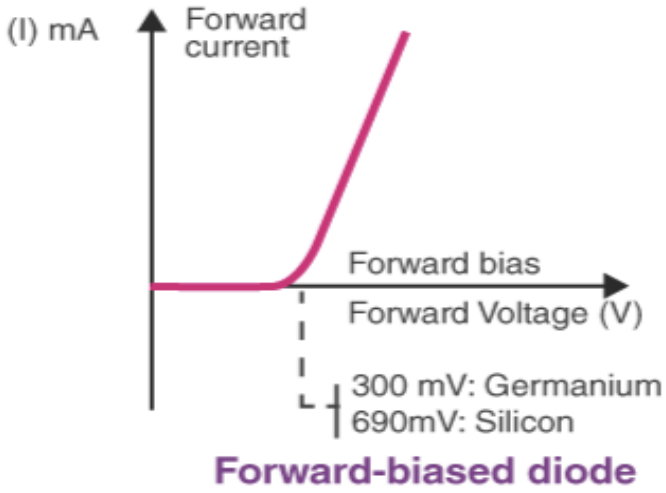
لتحديد خواص الدايود لابد من معرفة سلوكه في التوصيل الأمامي والعكسي كما يلي:

الإنحياز الأمامي للدايود Diode forward bias

في حالة الإنحياز الأمامي يتم توصيل الطرف السالب للبطارية بالنوع N-type للدايود، ويتم توصيل الطرف الموجب للبطارية بالنوع P-Type للدايود.

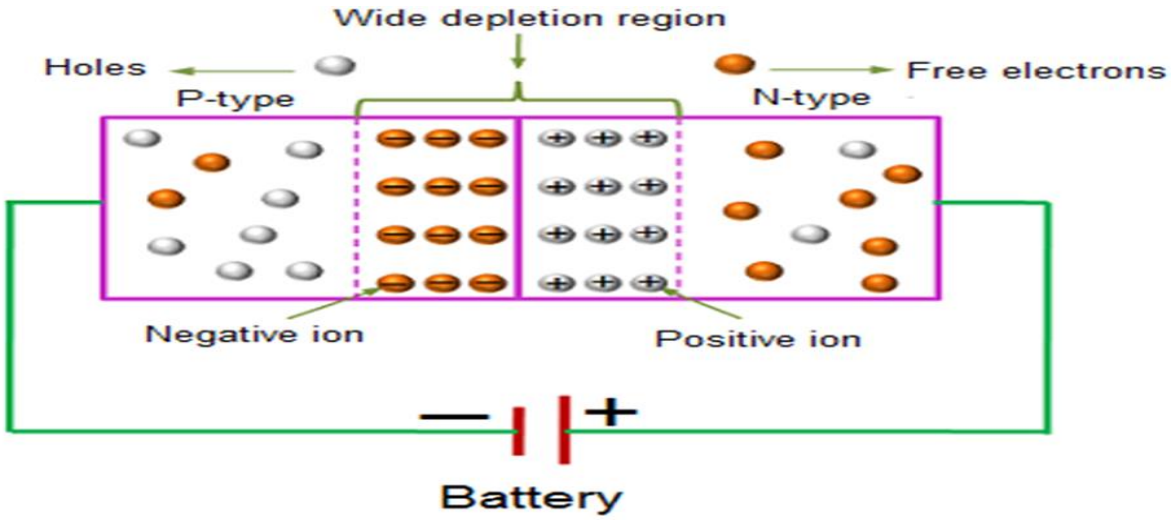


من خلال تطبيق فرق جهد، تحصـــل الإلكترونات على طاقة كافية للتغلب على جهد الحاجز وتعبر منطقة الاســتنفاد، ويحدث نفس الشــيء مع الفجوات أيضًــا.كمية الطاقة التي تتطلبها الإلكترونات والفجوات لعبور منطقة الاستنفاد تساوي جهد الحاجز، وقيمته 0.3 V لـــGe، و 0.7 V لـــ Si، و 1.5 V لـــGaAs. ينشأ الجهد الحاجز بسبب جهد منطقة الاستنفاد المعاكس لجهد المصدر (البطارية). يمكن ملاحظة ذلك في الرسم البياني أعلاه.



الإنحياز العكسي للدايود Diode reverse bias

يكون الدايود منحازًا عكسيًا إذا كان القطب الموجب للمصدر متصلاً بالنوع N للدايود. والقطب السالب للمصدر متصلاً بالنوع P.



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 الدايود أو في الدائرة الخارجية.

خصائص الدايود V-I في حالة الإنحياز العكسي

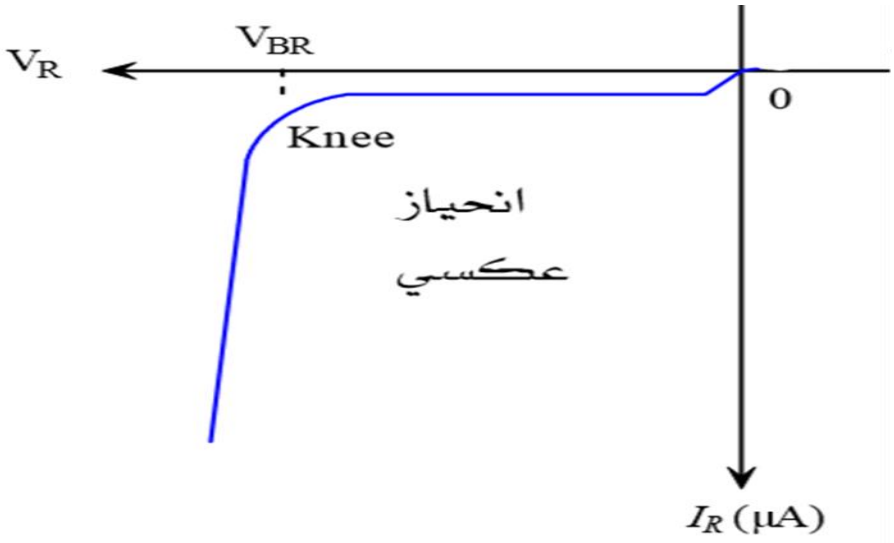
بسبب الطاقة الحرارية في الدايود تنشأ ناقلات الشحنات الأقلية – ناقلات الشحنة الأقلية تعني الفجوات في النوع N والإلكترونات في النوع P – حاملات الشحنة الأقلية هذه هي الإلكترونات والفجوات التي يتم دفعها بواسطة الطرف السالب والطرف الموجب، على التوالي.

بسبب حركة ناقلات الشحنة الأقلية، يتدفق تيار قليل جدًا، قيمته بحدود الميكرو أمبير (للسيليكون). يسمى هذا التيار بتيار التسرب.

جهد الإنهيار العكسي للدايود Break Reverse Voltage

عند زيادة الجهد العكسي إلى حد معين، نجد أن التيار يزيد فجأة زيادة كبيرة. هذا الجهد المعين الذي يُسبب التغيير الكبير في التيار العكسي يسمى جهد الانهيار العكسي Break Reverse Voltage. ، وجهد الانهيار

العكسي بالنسبة لدايود السليكون يتراوح ما بين ٥٠ إلى ١٠٠٠ فولت حسب تصميم الدايود ويجب عند تشغيل الدايود الحرص على عدم تجاوز جهد الانهيار العكسي لكي لا تدمر الدايود.



❖ أنواع الدايودات Diode Types

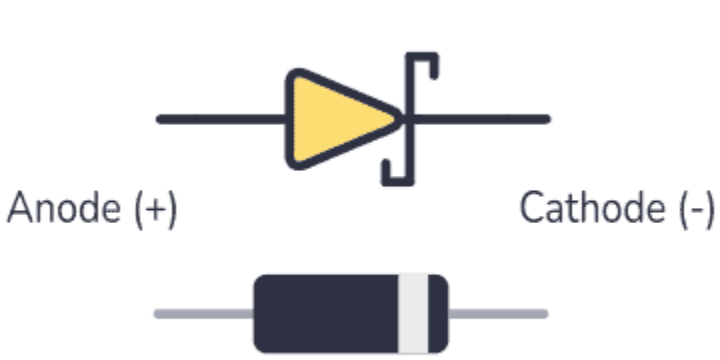
يوجد أنواع كثيرة جدًا من الدايودات، من أهم الأنواع والمستخدمة بكثرة :

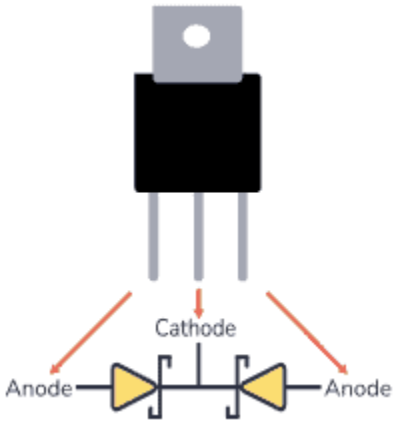
❖ دايود شوتكي Schottky Diode

سمي على اسم عالم الفيزياء الألماني Walter H. Schottky، هو من أنواع الصمام الثنائي يتكون من قطعه من أشباه الموصلات من النوع N ومعدن.

دايود أشباه الموصلات العادي يتكون من جزئين أحدهما من النوع (P-type)، والآخر من النوع (N-type) وبهذا تتكون الوصلة الثنائية (P-N junction).

أما دايود شوتكي فيتم استخدام معدن مثل الذهب أو الفضة أو البلاتين بدلًا عن النوع (P-type) في الوصلة.





مميزات وإستخدامات دايود شوتكي

نظرًا لعدم وجود وصلة P-N، فإن سرعة تبديل الصمام الثنائي (سرعة الفتح والإغلاق) سريعة جدًا. يمكن استخدامه في التطبيقات عالية التردد وفي العديد من الدوائر الرقمية لتقليل زمن التبديل. ومن مميزاته أن الفولتية المفقودة أقل في الإنحياز الأمامي.

سلبيات دايود شوتكي

من سلبياته أنه يمتلك جهد إنهيار عكسي (reverse breakdown voltage) صغير، وتيار تسرب عكسي (reverse leakage current) عالي.

❖ دايود الزينر Zener Diode

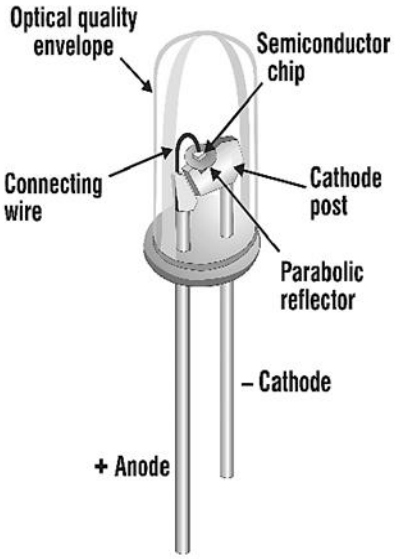
دايود الزينر هو وصلة سيليكون ثنائية P-N مصمم للعمل في حالة الإنحياز العكسي. يتم ضبط جهد إنهيار الصمام الثنائي زينر عن طريق التحكم بعناية في مستوى الشوائب أثناء التصنيع.

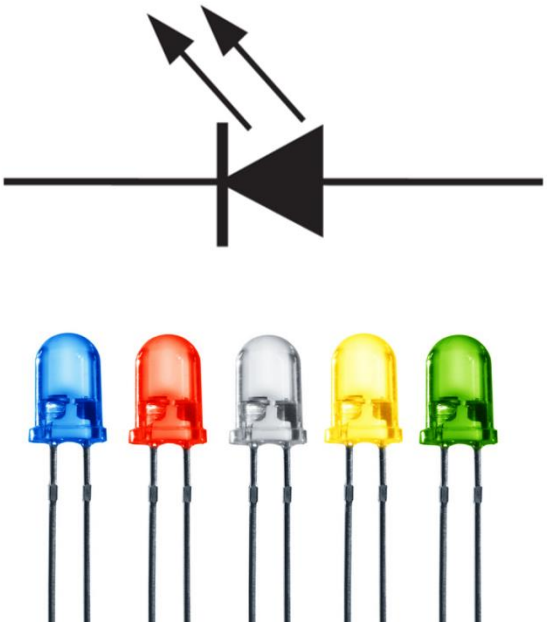
عندما يصل الصمام الثنائي إلى الانهيار العكسي، يظل جهده ثابتًا تقريبًا على الرغم من تغير التيار بشكل كبير، وهذا هو مبدأ عمل الصمام الثنائي زينر. وعند توصيله في الاتجاه الأمامي يعمل بشكل مشابه للديود العادي.

يعمل دايود الزينر كمنظم للجهد لأنه يحافظ على جهد ثابت تقريبًا عبر أطرافه على مدى محدد من قيم التيار العكسي.

❖ الدايود الباعث للضوء Light Emitting Diode (LED)

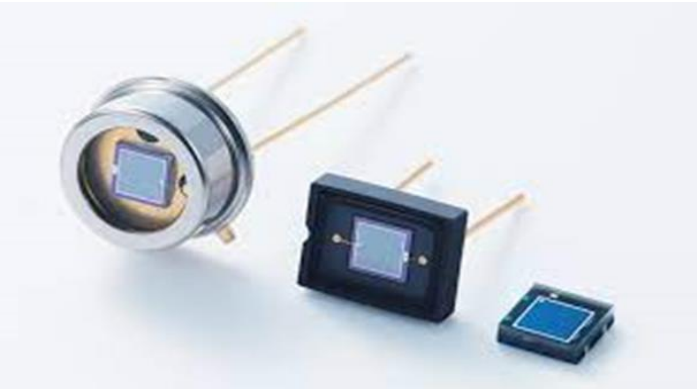
يعد الصمام الثنائي الباعث للضوء أو LED أحد أكثر أنواع الصمام الثنائي شيوعًا.وعندما يكون في حالة الإنحياز الأمامي عند مرور التيار عبر الوصلة، يتم توليد الضوء. كان اللون الأصلي لهذه الثنائيات أحمر ، لكن معظم الألوان متوفرة هذه الأيام. يتم تحقيق ذلك باستخدام مزيج مختلف من أشباه الموصلات على جانبي الوصلة PN.

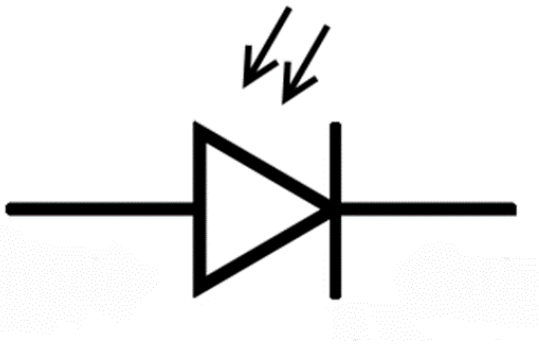




❖ **الدايود الضوئي Photodiode**

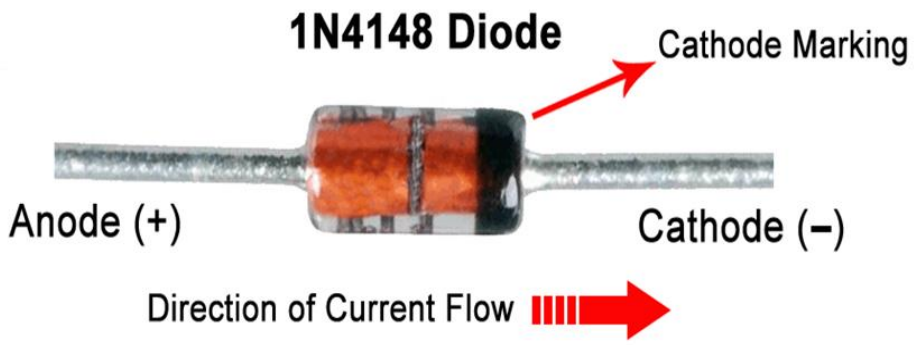
عندما يصطدم الضوء بالوصلة P-N، فإنه يمكن أن ينتج إلكترونات وثقوبًا (holes)، مما يتسبب في مرور التيار. نتيجة لذلك، من الممكن استخدام أشباه الموصلات كحساس للضوء. يمكن أيضًا استخدام هذه الأنواع من الثنائيات لتوليد الكهرباء مثل الخلايا الشمسية. بالنسبة لبعض التطبيقات، تعمل ثنائيات P-N بشكل جيد جدًا كحساسات ضوئية.





❖ **بعض تطبيقات الديودات**

❖ **دايوود الإشارة Signal Diode**



إن دايوود الإشارة عبارة عن جهاز صغير غير خطي من أشباه الموصلات يستخدم بشكل عام في الدوائر الإلكترونية ، حيث توجد التيارات الصغيرة أو الترددات العالية كما هو الحال في الراديو والتلفزيون.

تعتبر ثنائيات الإشارة صغيرة الحجم من الناحية المادية مقارنة بأبناء عمومتها من النوع Power Diode.

بشكل عام ، يتم تغليف الصمام الثنائي بالزجاج لحماية تقاطع PN، وعادة ما يكون له شريط أحمر أو أسود في أحد طرفي الجسم للمساعدة في تحديد الطرف الذي يمثل طرف الكاثود. الأكثر استخدامًا من بين جميع صمامات الإشارة المغلفة بالزجاج هي N41481 الشائع جدًا والصمام الثنائي الإشاري المكافئ .N9141

تتميز الصمامات الثنائية للإشارة والتبديل الصغيرة بقدرة أقل بكثير وتيارات مقننة، حوالي ١٥٠ مللي أمبير، و ٥٠٠ مللي واط كحد أقصى مقارنة ب rectifier diodes، ولكنها يمكن أن تعمل بشكل أفضل في التطبيقات عالية التردد أو في تطبيقات القطع والتبديل التي تتعامل مع أشكال موجية نبضية قصيرة المدة.

تختلف خصائص صمام الإشارة الثنائي لكل من الجرمانيوم والسيليكون ، وتُعطى على النحو التالي:

١. الثنائيات الجرمانيوم - لها قيمة مقاومة عكسية منخفضة تعطي هبوط فولت أمامي أقل عبر التقاطع، عادةً حوالي ٠,٢ إلى ٠,٣ فولت فقط.
٢. الثنائيات السليكونية - لها قيمة عالية جدًا للمقاومة العكسية وتعطي انخفاضًا في الجهد الأمامي يبلغ حوالي ٠,٦ إلى ٠,٧ فولت عبر التقاطع.

معلمات (متغيرات) دايوود الإشارة Signal Diode Parameters

❖ **الحد الأقصى للتيار الأمامي (I_F(max)) Maximum Forward Current**

سيؤدي تجاوز قيمة (I_F max) إلى توليد المزيد من الحرارة عبر التقاطع وسيفشل الصمام الثنائي بسبب الحمل الزائد الحراري.

على سبيل المثال ، الصمام الثنائي للإشارة الصغير 1N4148 لديه أقصى معدل تيار يبلغ حوالي ١٥٠ مللي أمبير مع تبديد طاقة يبلغ ٥٠٠ م وات عند ٢٥ درجة مئوية. ثم يجب استخدام مقاومة علي التوالي مع الدايوود للحد من التيار الأمامي من خلاله إلى أقل من هذه القيمة (IFmax).

❖ **ذروة أقصى جهد معكوس (PIV) أو أقصى جهد عكسي ((VR (max)) ،**

هو الحد الأقصى المسموح به لجهد التشغيل العكسي الذي يمكن تطبيقه عبر الصمام الثنائي دون الانهيار العكسي والأضرار التي تحدث للجهاز. لذلك ، عادة ما يكون هذا التصنيف أقل من مستوى "الانهيار المفاجئ" على منحنى خاصية التحيز العكسي. تتراوح القيم النموذجية لـ VR (الحد الأقصى) من بضعة فولتات إلى آلاف الفولتات ويجب أخذها في الاعتبار عند استبدال الصمام الثنائي. الجهد العكسي ($V_R(max)$).

❖ **إجمالي تبديد الطاقة (PD(max)) (PD(max)) Total Power Dissipation**

تحتوي صمامات الإشارة على تصنيف إجمالي تبديد الطاقة (PD(max)). هذا التصنيف هو أقصى قدر ممكن من تبديد الطاقة للديود عندما يكون متحيزًا للأمام (موصل).

لإيجاد الطاقة التي سيبددها الصمام الثنائي ، PD = V * I

❖ **الحد الأقصى لدرجة حرارة التشغيل Maximum Operating Temperature**

إنها أقصى درجة حرارة مسموح بها قبل أن يتدهور هيكل الصمام الثنائي ويتم التعبير عنها بوحدات درجة مئوية لكل واط ($^oC / W$).

ترتبط هذه القيمة ارتباطًا وثيقًا بالتيار الأمامي الأقصى للجهاز بحيث لا يتم تجاوز درجة حرارة التقاطع عند هذه القيمة. ومع ذلك ، فإن الحد الأقصى للتيار الأمامي سيعتمد أيضًا على درجة الحرارة المحيطة التي يعمل فيها الجهاز ، لذلك عادةً ما يتم تحديد الحد الأقصى للتيار الأمامي لقيمتين أو أكثر من قيم درجة الحرارة المحيطة مثل ٢٥ درجة مئوية أو ٧٠ درجة مئوية.

Then there are three main parameters that must be considered when either selecting or replacing a signal diode and these are:

- The Reverse Voltage Rating.
- The Forward Current Rating.

- The Forward Power Dissipation Rating.

❖ **دايودات القدرة والمقومات Power Diodes and Rectifiers**

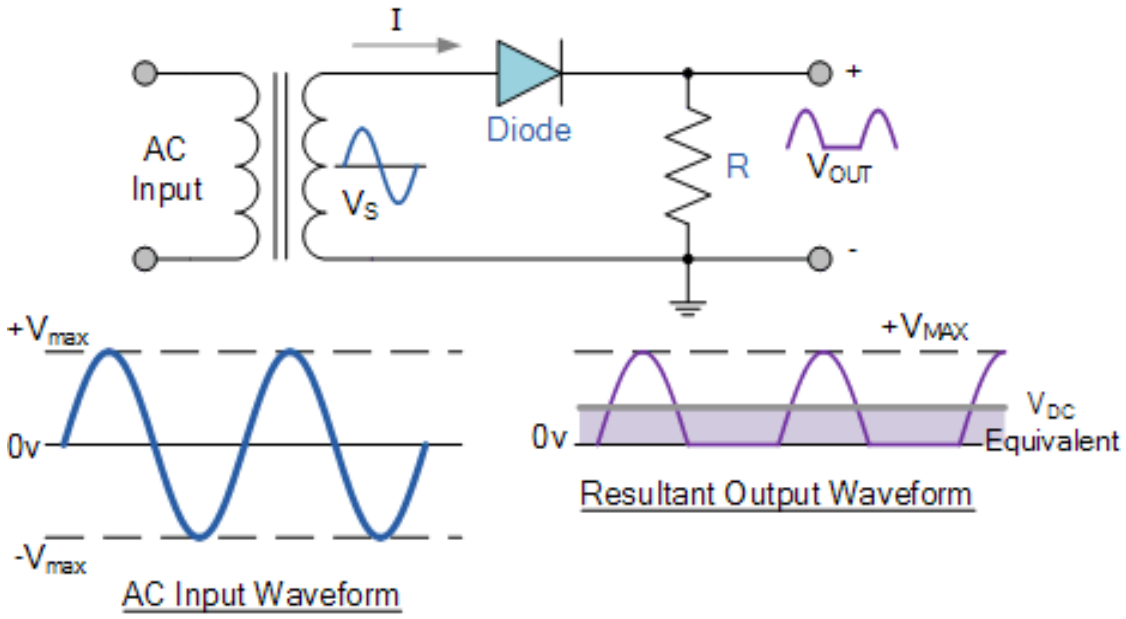
يحتوي صمام القدرة الثنائي شبه الموصل، المعروف ببساطة باسم Power Diode، على منطقة تقاطع PN أكبر بكثير مقارنة بإبن عمه الأصغر صمام الإشارة، مما ينتج عنه قدرة تيار أمامية عالية تصل إلى عدة مئات من الأمبيرات (KA) وفولتية عكسية مانعة تصل إلى عدة آلاف من الفولتات (KV).

نظرًا لأن صمام القدرة الثنائي يحتوي على تقاطع PN كبير، فهو غير مناسب لتطبيقات التردد العالي فوق ١ ميجا هرتز، ولكن تتوفر الثنائيات عالية التردد الخاصة والمكلفة. بالنسبة لتطبيقات مقوم التردد العالي، تُستخدم ثنائيات Schottky بشكل عام بسبب وقت الاسترداد العكسي القصير وانخفاض هبوط الجهد في حالة التحيز الأمامي.

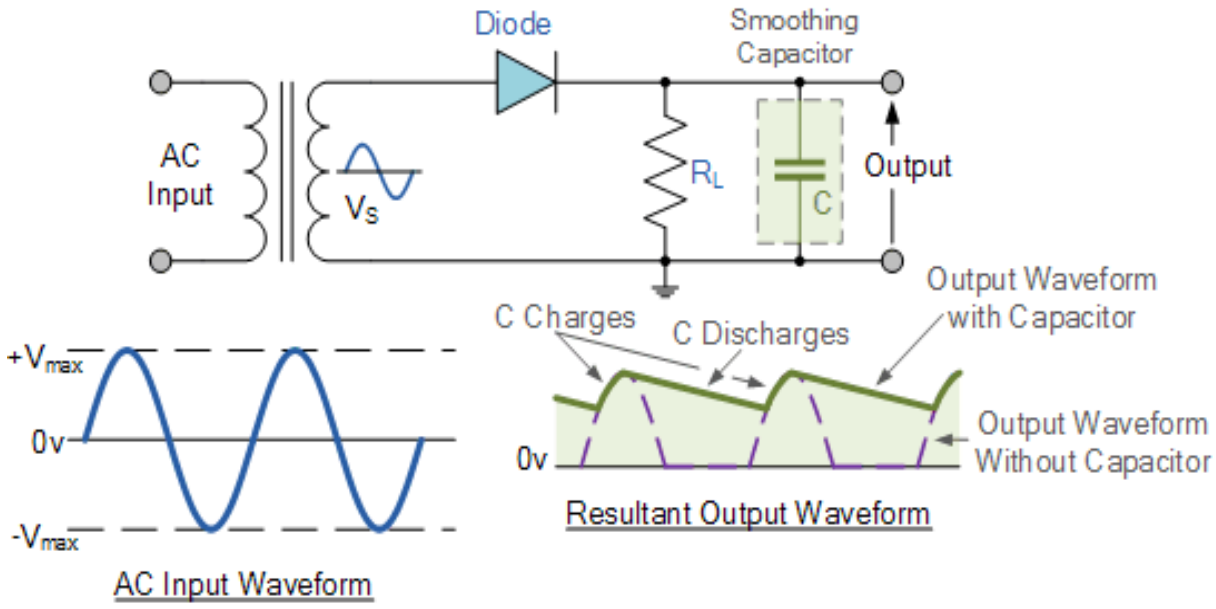
الصمام الثنائي الأكثر استخدامًا لتطبيقات الإلكترونيات الأساسية هو الصمام الثنائي من النوع 1N400x Series class للأغراض العامة مع تصنيفات قياسية للتيار المستمر للأمام، المعدل حوالي ١,٠ أمبير ومعدلات الجهد العكسي للعرقلة من ٥٠ فولت لـــ 1N4001 حتى ١٠٠٠ فولت لـــ 1N4007، مع كون 1N4007GP الصغير هو الأكثر شيوعًا لتصحيح الجهد الكهربائي للأغراض العامة.

Half Wave Rectifier Circuit

$$V_{d.c.} = \frac{V_{MAX}}{\pi} = 0.318V_{MAX} = 0.45V_{RMS}$$

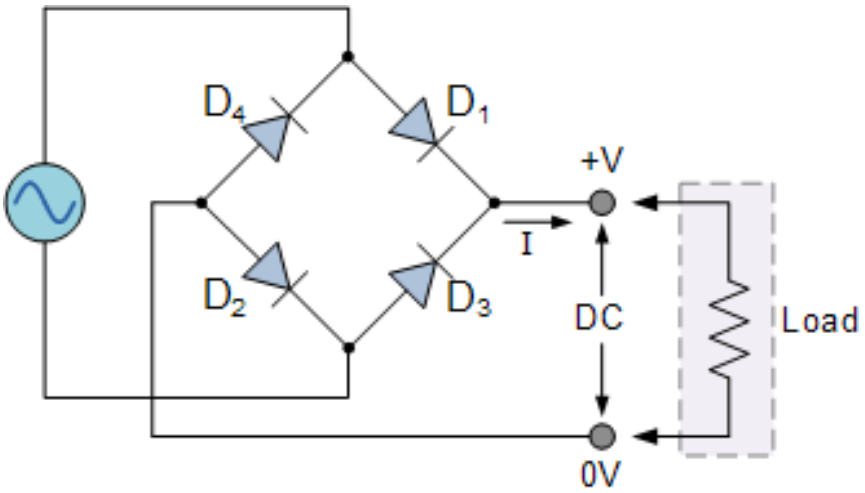


Half-wave Rectifier with Smoothing Capacitor

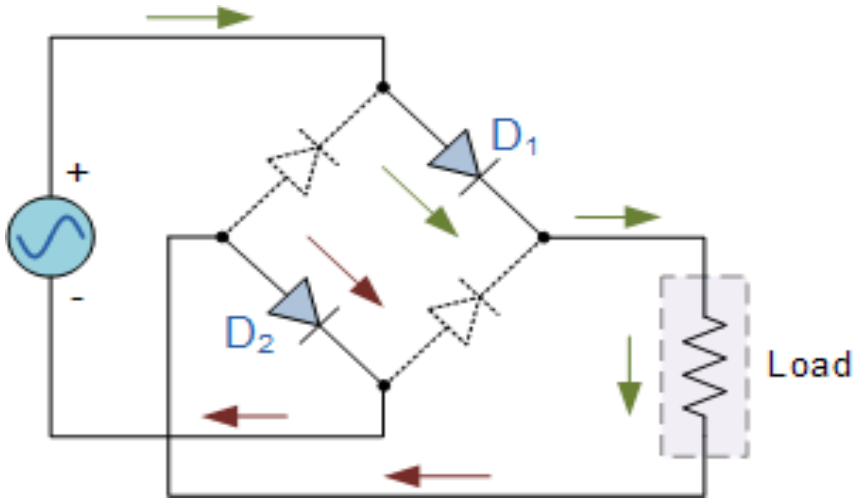


Full Wave Rectifier Circuit

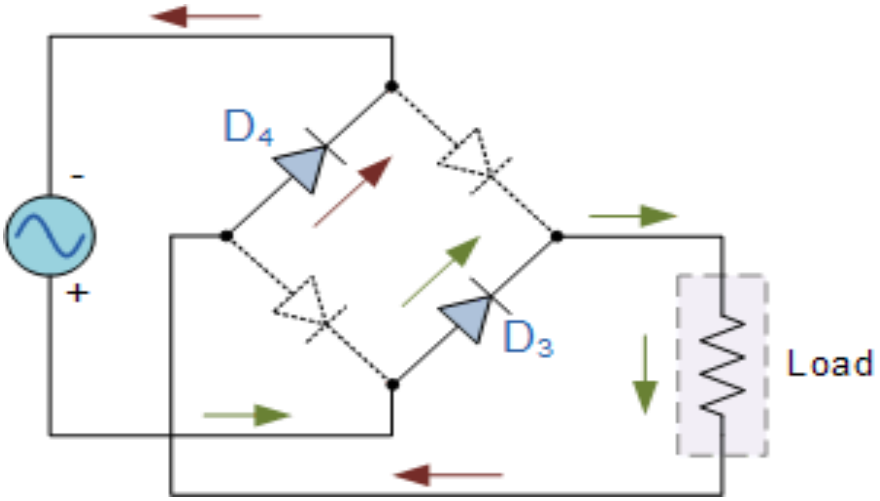
$$V_{d.c.} = \frac{2V_{\max}}{\pi} = 0.637V_{\max} = 0.9V_{RMS}$$



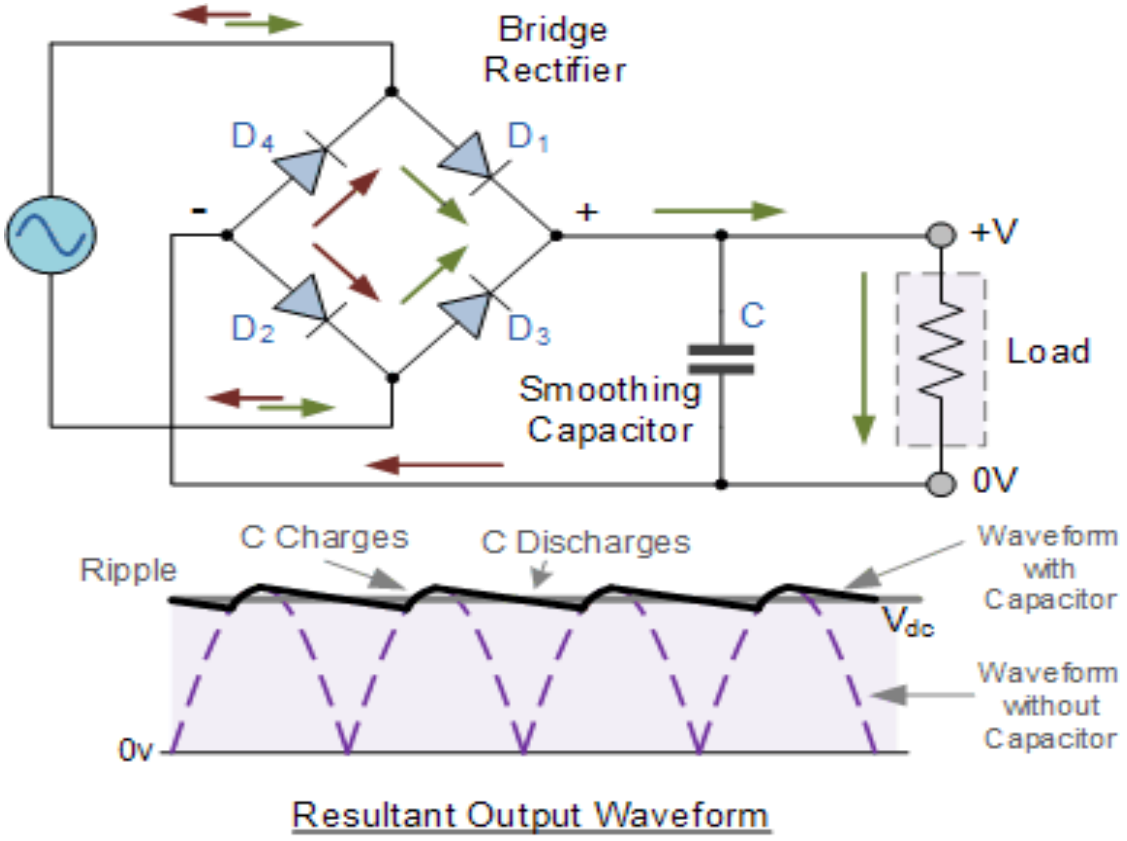
The Positive Half-cycle



The Negative Half-cycle



Full-wave Rectifier with Smoothing Capacitor



❖ دايود الزينر (ودوائر القص) The Zener Diode

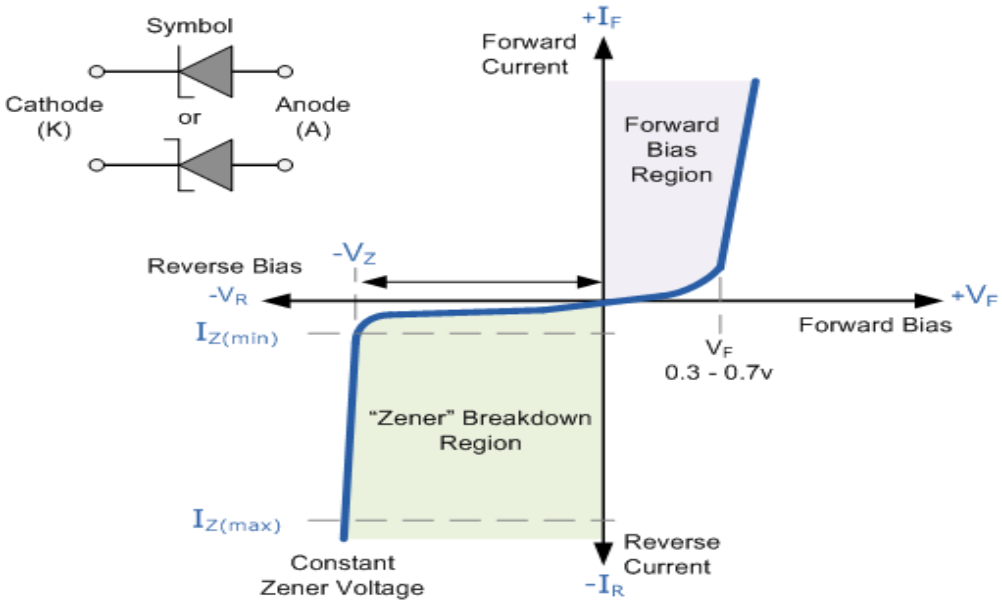
إن الصمام الثنائي Zener أو "صمام الانهيار" ، كما يشار إليه أحيانًا أيضًا، هو في الأساس نفس الصمام الثنائي القياسي PN ولكنه مصمم بحيث عند توصيله عكسيا فإن له جهد ثابت حتي عند حدوث انهيار لذلك يستخدم في عملية تقويم الجهد والحماية من ارتفاعه.

ومع ذلك، على عكس الصمام الثنائي التقليدي الذي يمنع أي تدفق للتيار عبره عندما يكون منحازًا عكسيًا، بمجرد أن يصل الجهد العكسي إلى قيمة محددة مسبقًا، يبدأ الصمام الثنائي زينر بالتوصيل في الاتجاه المعاكس.

هذا لأنه عندما يتجاوز الجهد العكسي المطبق عبر الصمام الثنائي زينر الجهد المقنن له، تحدث عملية تسمى انهيار مفاجئ في طبقة استنفاد أشباه الموصلات ويبدأ التيار في التدفق عبر الصمام الثنائي للحد من هذه الزيادة في الجهد.

يزداد التيار المتدفق الآن عبر الصمام الثنائي زينر بشكل كبير إلى قيمة الدائرة القصوى (والتي عادة ما تكون محدودة بمقاومة التسلسل) وبمجرد تحقيقه، يظل تيار التشبع العكسي ثابتًا إلى حد ما على مدى واسع من الفولتية العكسية. تسمى نقطة الجهد التي يصبح فيها الجهد عبر الصمام الثنائي زينر مستقرًا "جهد زينر"، (Vz)، وبالنسبة لثنائيات زينر يمكن أن يتراوح هذا الجهد من أقل من فولت واحد إلى بضع مئات من فولت.

Zener Diode I-V Characteristics



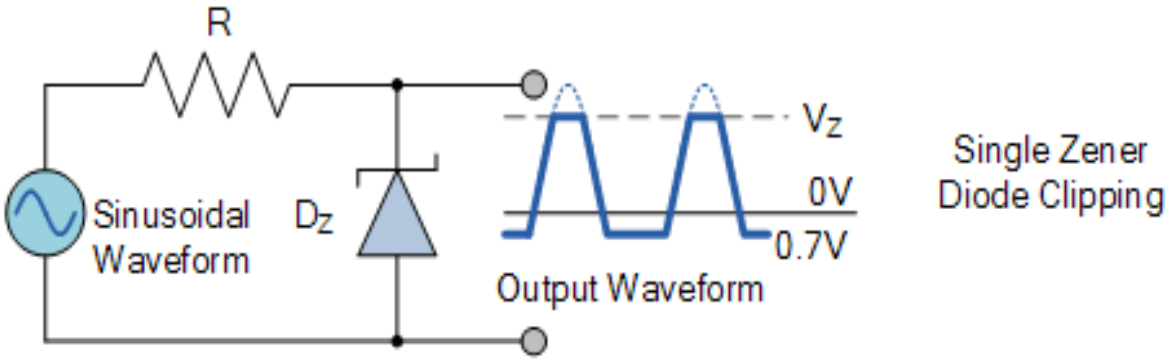
Zener Diode Standard Zener Voltages

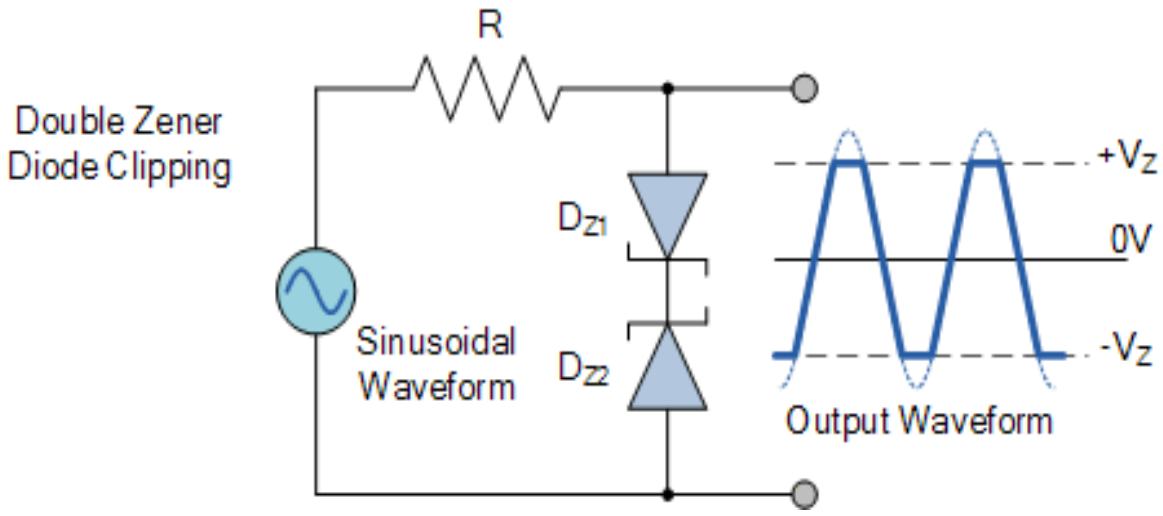
BZX55 Zener Diode Power Rating 500mW							
2.4V	2.7V	3.0V	3.3V	3.6V	3.9V	4.3V	4.7V
5.1V	5.6V	6.2V	6.8V	7.5V	8.2V	9.1V	10V
11V	12V	13V	15V	16V	18V	20V	22V
24V	27V	30V	33V	36V	39V	43V	47V
BZX85 Zener Diode Power Rating 1.3W							
3.3V	3.6V	3.9V	4.3V	4.7V	5.1V	5.6	6.2V
6.8V	7.5V	8.2V	9.1V	10V	11V	12V	13V
15V	16V	18V	20V	22V	24V	27V	30V
33V	36V	39V	43V	47V	51V	56V	62V

دوائر قص الصمام الثنائي زينر Zener Diode Clipping Circuits

دارات قص وتثبيت دايود الزينر عبارة عن دوائر تُستخدم لتشكيل أو تعديل الشكل الموجي للتيار المتردد (أو أي شكل جيبي) لينتج موجة مختلفة الشكل اعتمادًا على ترتيب الدائرة. تسمى دوائر قص الصمام الثنائي أيضًا المحددات لأنها تحد أو تقطع الجزء الموجب (أو السالب) من إشارة الدخل AC. نظرًا لأن دارات Zener clipper تحد أو تقطع جزءًا من شكل الموجة عبرها، فإنها تستخدم بشكل أساسي لحماية الدائرة أو في دوائر تشكيل الشكل الموجي.

على سبيل المثال ، إذا أردنا قص شكل موجة ناتج عند + ٧,٥ فولت ، فسنستخدم ديود زينر ٧,٥ فولت. إذا حاول الشكل الموجي الناتج أن يتجاوز حد ٧,٥ فولت ، فإن الصمام الثنائي زينر سوف "يقطع" الجهد الزائد من الدخل، و الذي سينتج شكل موجة مع قمة مسطحة لا تزال تحافظ على الناتج ثابتًا عند + ٧,٥ فولت.





❖ الثنائيات (الدايودات) الباعثة للضوء Light Emitting Diodes or simply LED´s

إنها أكثر أنواع الصمامات الثنائية استخداما، والتي تصدر نطاقًا ترديديًا ضيقًا إلى حد ما من الضوء المرئي بأطوال موجية ملونة مختلفة، أو ضوء الأشعة تحت الحمراء غير المرئي لأجهزة التحكم عن بُعد أو ضوء الليزر، عند مرور تيار أمامي من خلالها.

تصنع الثنائيات الباعثة للضوء من طبقة رقيقة جدًا من مادة شبه موصلة مطعمه بشدة. اعتمادًا على مادة أشباه الموصلات المستخدمة وكمية المضافات، عندما يكون منحازًا للأمام، سيصدر LED ضوءًا ملونًا بطول موجة طيفية معينة.

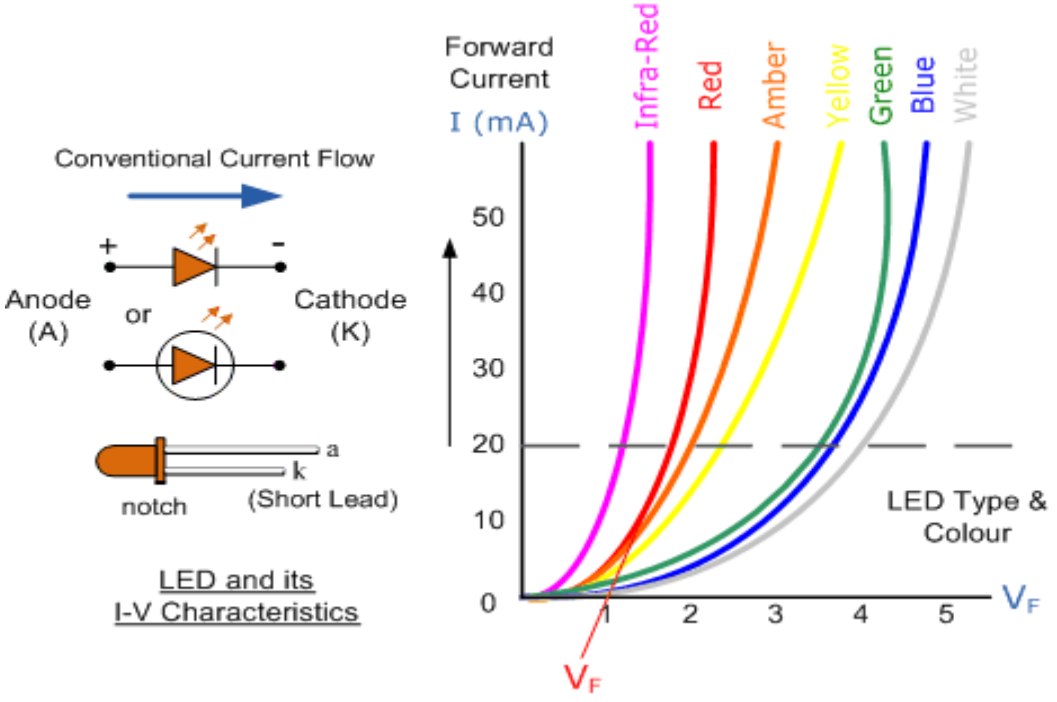
عندما يكون الصمام الثنائي متحيزًا للأمام، فإن الإلكترونات من نطاق توصيل أشباه الموصلات تتحد مع ثقوب من نطاق التكافؤ لتطلق طاقة كافية لإنتاج فوتونات تنبعث منها أحادية اللون. بسبب هذه الطبقة الرقيقة، يمكن لعدد معقول من هذه الفوتونات أن تترك الوصلة وتشع بعيدًا منتجة ضوءًا ملونًا.

Light Emitting Diode Colors

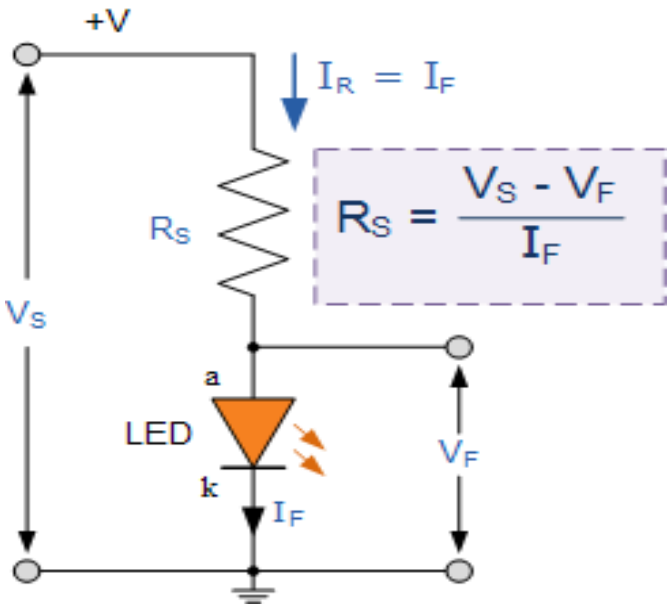
Typical LED Characteristics			
Semiconductor Material	Wavelength	Colour	V_F @ 20mA
GaAs	850-940nm	Infra-Red	1.2v
GaAsP	630-660nm	Red	1.8v
GaAsP	605-620nm	Amber	2.0v
GaAsP:N	585-595nm	Yellow	2.2v
AlGaP	550-570nm	Green	3.5v
SiC	430-505nm	Blue	3.6v
GaInN	450nm	White	4.0v

- **Gallium Arsenide (GaAs)** – infra-red
- **Gallium Arsenide Phosphide (GaAsP)** – red to infra-red, orange
- **Aluminium Gallium Arsenide Phosphide (AlGaAsP)** – high-brightness red, orange-red, orange, and yellow
- **Gallium Phosphide (GaP)** – red, yellow, and green
- **Aluminium Gallium Phosphide (AlGaP)** – green
- **Gallium Nitride (GaN)** – green, emerald green
- **Gallium Indium Nitride (GaInN)** – near ultraviolet, bluish-green, and blue
- **Silicon Carbide (SiC)** – blue as a substrate
- **Zinc Selenide (ZnSe)** – blue
- **Aluminium Gallium Nitride (AlGaN)** – ultraviolet

Light Emitting Diodes I-V Characteristics.



LED Series Resistor Circuit



Light Emitting Diode Example No1

An amber-colored LED with a forward volt drop of 2 volts is to be connected to a 5.0v stabilized DC power supply. Using the circuit above calculate the value of the series resistor required to limit the forward current to less than 10mA. Also calculate the current flowing through the diode if a 100Ω series resistor is used instead of the calculated first.

1). series resistor required at 10mA.

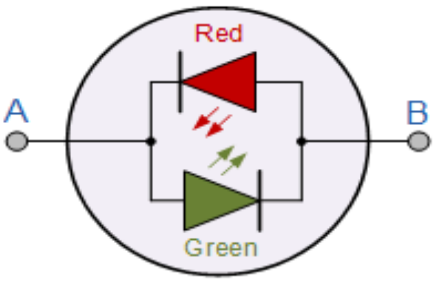
$$R_S = \frac{V_S - V_F}{I_F} = \frac{5v - 2v}{10mA} = \frac{3}{10x10^{-3}} = 300\Omega$$

2). with a 100Ω series resistor.

$$R_S = \frac{V_S - V_F}{I_F}$$

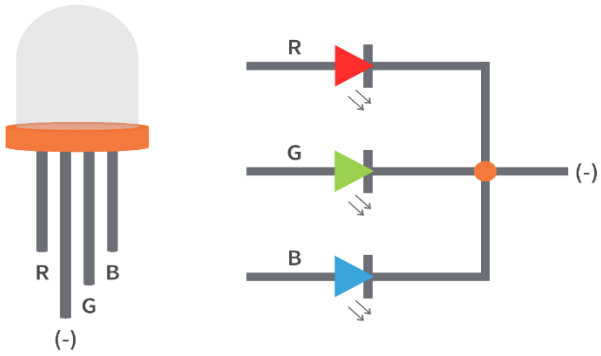
$$\therefore I_F = \frac{V_S - V_F}{R_S} = \frac{5 - 2}{100} = 30mA$$

A Bi-color LED (RG)

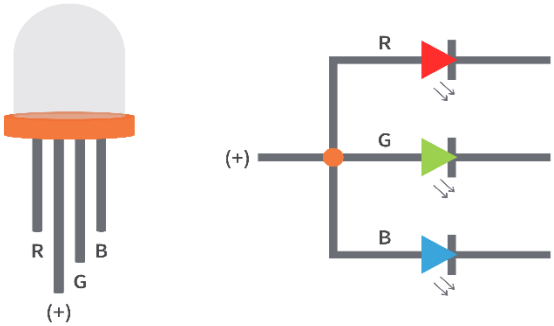


LED Selected	Terminal A	
	+	-
LED 1	ON	OFF
LED 2	OFF	ON
Colour	Green	Red

A multi- or tri-colored LED (RGB)



Common Cathode RGB LED

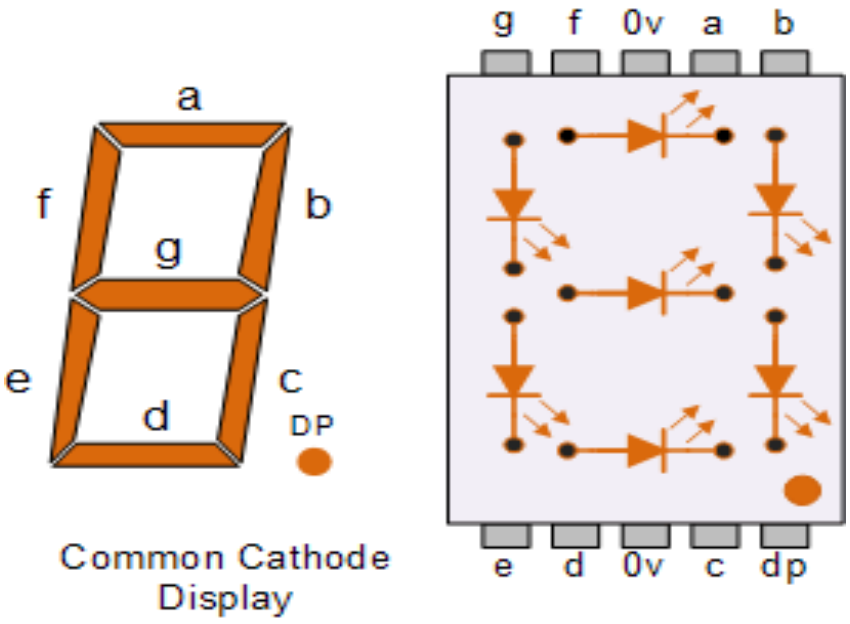


Common Anode RGB LED

LED Displays

- The Common Cathode Display (CCD): In the common cathode display, all the cathode connections of the LEDs are joined together, and the individual segments are illuminated by application of a HIGH, logic "1" signal.
- The Common Anode Display (CAD): In the common anode display, all the anode connections of the LEDs are joined together, and the individual segments are illuminated by connecting the terminals to a LOW, logic "0" signal.

A Typical Seven-Segment LED Display

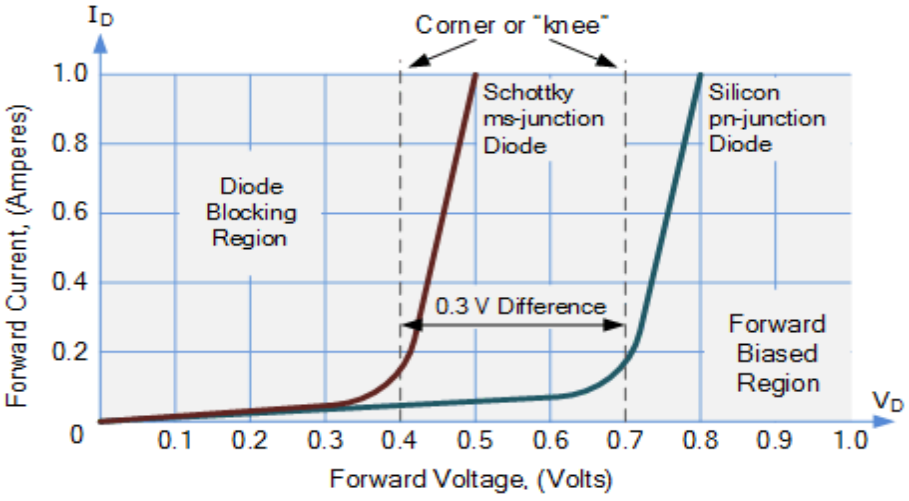


❖ دايود شوتكي The Schottky Diode

الصمام الثنائي شوتكي هو نوع من الصمام الثنائي شبه الموصّل المعدني الذي له هبوط جهد أمامي منخفض وسرعة تحويل سريعة جدًا.

إن Schottky Diode هو نوع آخر من الصمامات الثنائية لأشباه الموصلات والتي يمكن استخدامها في مجموعة متنوعة من تطبيقات تشكيل وتحويل وتقويم الموجات مثل أي صمام ثنائي آخر. الميزة الرئيسية هي أن انخفاض الجهد الأمامي لديود شوتكي أقل بكثير من ٠,٧ فولت من الصمام الثنائي التقليدي للوصلة السليكونية.

Schottky Diode IV-Characteristics



كما نرى ، فإن الشكل العام لخصائص (Schottky diode I-V) أشباه الموصلات المعدنية يشبه إلى حد بعيد شكل الصمام الثنائي القياسي pn-junction ، باستثناء الزاوية أو الجهد الذي يبدأ عنده توصيل الصمام الثنائي ms-junction هو أقل بكثير عند حوالي ٠,٤ فولت.

نظرًا لهذه القيمة المنخفضة ، يمكن أن يكون التيار الأمامي لصمام ثنائي شوتكي السليكوني أكبر بعدة مرات من الصمام الثنائي pn-junction النموذجي، اعتمادًا على القطب المعدني المستخدم. تذكر أن قانون أوم يخبرنا أن الطاقة تساوي الفولت مضروبًا في الأمبير، (P = V * I) لذا فإن انخفاض الجهد الأمامي لتيار دايود شوتكي، سينتج تبديدًا أقل للقدرة الأمامية على شكل حرارة عبر التقاطع.

يجعل فقدان الطاقة المنخفض هذ، صمام Schottky خيارًا جيدًا في تطبيقات الجهد المنخفض والتيار العالي مثل الألواح الكهروضوئية الشمسية.

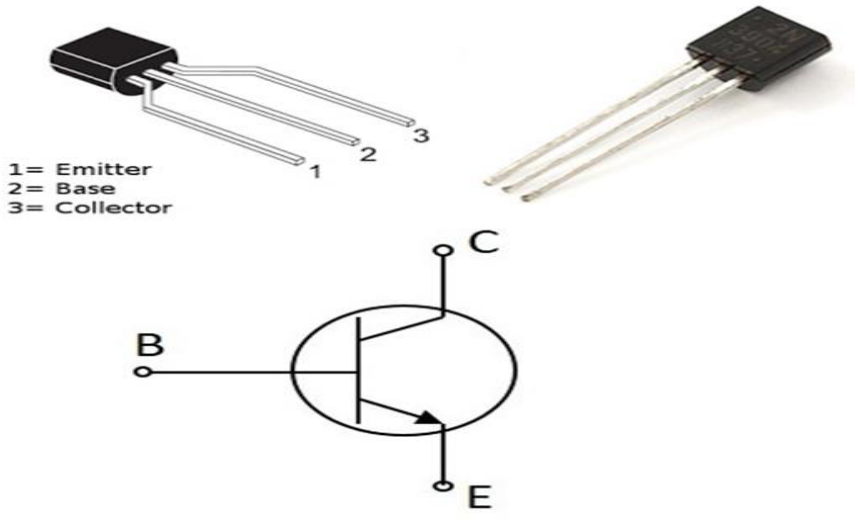
٢ الترانزسيستور Transistor

ما هو الترانزستور؟ What is a transistor

الترانزستور هو عبارة عن شبه موصل مصغر ينظم أو يتحكم في تدفق التيار أو الجهد بالإضافة إلى تضخيم وتوليد الإشارات الكهربائية ويعمل بمثابة مفتاح أو بوابة لها. عادة، تتكون الترانزستورات من ثلاث طبقات، أو أطراف، من مادة شبه موصلة، يمكن لكل منها أن تحمل تيارًا.

الخصائص الفيزيائية لأطراف الترانزستور Physical Characteristics of Terminals

← **الباعث Emitter:** هذا الجزء موجود (غالبا) على الجانب الأيسر من الترانزستور. إنه متوسط الحجم ومطعم بشدة.

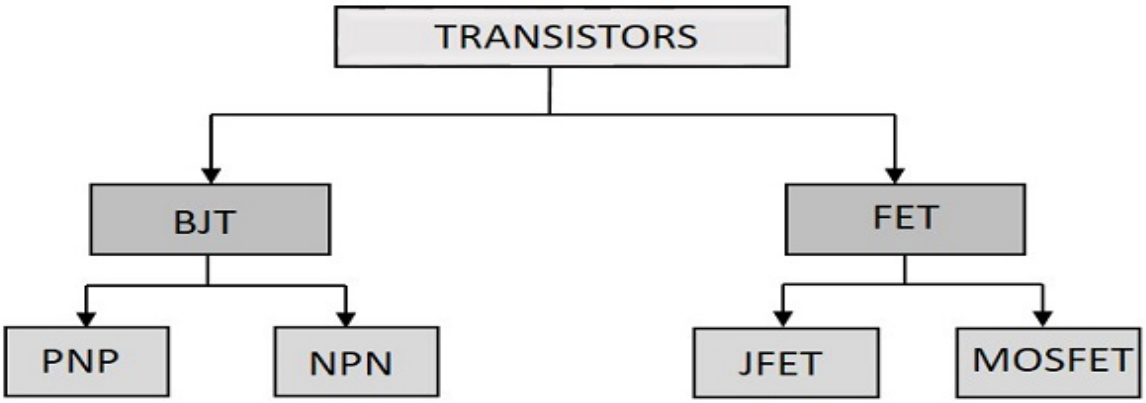


← **القاعدة Base:** يقع هذا الجزء في مركز الترانزستور. انها رقيقة وخفيفة التطعيم.

← **المجمع Collector:** يقع هذا الجزء على الجانب الأيمن من الترانزستور. وهو أكبر من الباعث ومطعم بشكل معتدل.

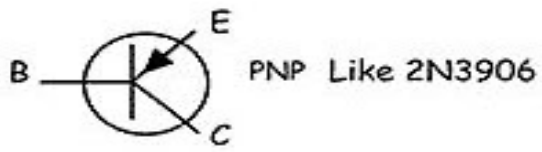
❖ **أنواع الترانزستورات Types of transistors**

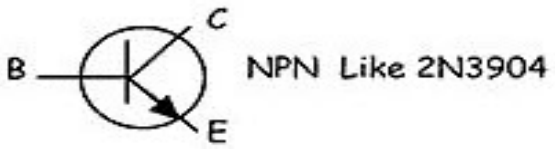
هناك أنواع عديدة من الترانزستورات، وكل ترانزستور متخصص في تطبيقه. لكن التصنيف الرئيسي للترانزستورات هو كما يلي:



❖ **الترانزستور ثنائي القطب Bipolar junction transistor (BJT)**

ترانزستور الوصلة ثنائية القطب، والذي يُطلق عليه اختصارًا BJT، هو جهاز يتم التحكم فيه بالتيار ويتكون من وصلتين PN لوظيفته. يتم تكوينه بطريقتين: NPN وPNP. من بين الاثنين، يعتبر الترانزستور NPN هو الأكثر تفضيلاً من أجل الراحة. يتم تصنيع ترانزستور NPN عن طريق وضع مادة من النوع p بين مادتين من النوع n. وبالمثل، يتم تصنيع الترانزستور PNP عن طريق وضع مادة من النوع n بين مادتين من النوع p.





يعد BJT أحد أكثر أنواع الترانزستورات شيوعًا ويمكن أن يكون إما NPN أو PNP. هذا يعني أن BJT يتكون من ثلاثة أطراف: الباعث والقاعدة والمجمع. من خلال ضم هذه الطبقات الثلاث، يمكن لـ BJT تضخيم الإشارة الكهربائية أو تشغيل التيار أو إيقاف تشغيله.

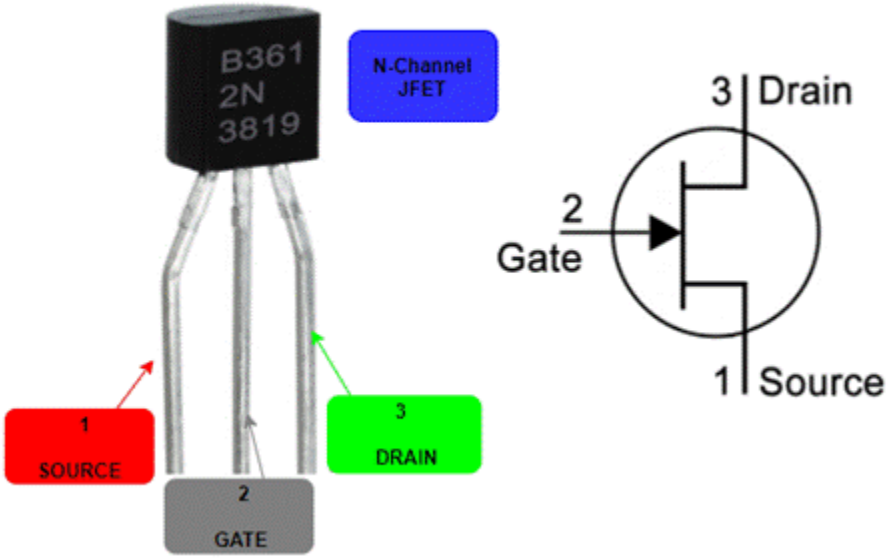
❖ ترانزستور تأثير المجال Field-effect transistor (FET)

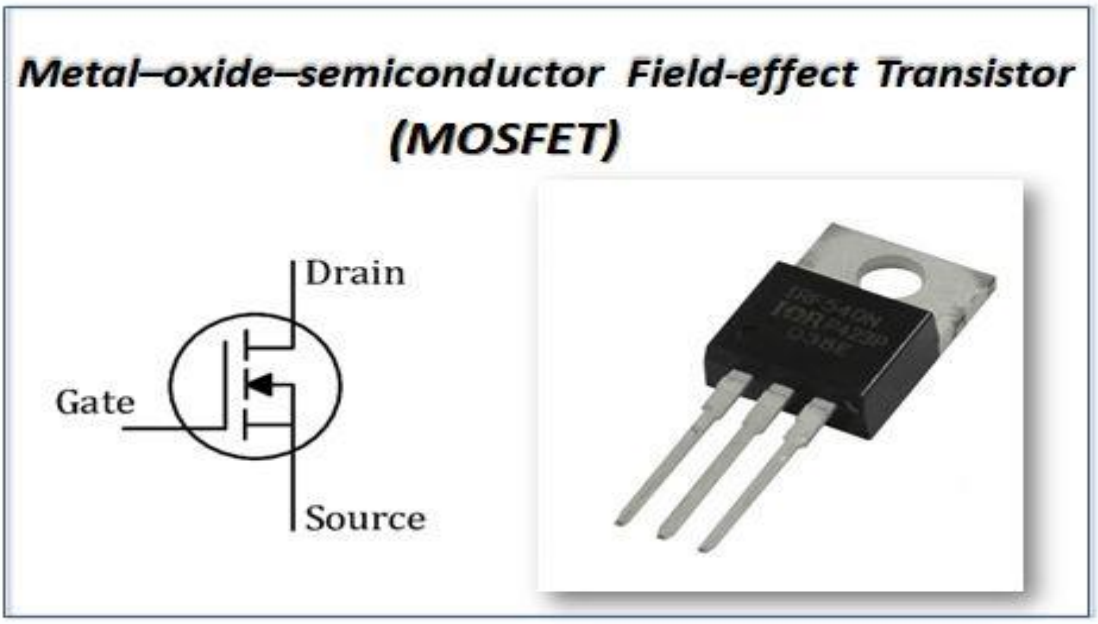
ترانزستور تأثير المجال الذي يُطلق عليه اختصارا اسم FET هو ترانزستور يتم التحكم فيه بالجهد، على عكس BJT الذي يتم التحكم فيه عن طريق التيار. وهو أحادي القطب، أي أن تدفق التيار يرجع فقط إلى غالبية حاملات الشحنة، والتي تكون إما إلكترونات أو ثقوب. المحطات الثلاث لـ FET هي المصرف (D) Drain، البوابة Gate (G) والمصدر Source (S). بناءً على بنائه، يحتوي FET على قناة بين المصرف والمصدر. تشير القناة إلى مسار تدفق التيار. المصرف والمصدر مصنوعان من نفس مادة أشباه الموصلات. ومع ذلك، فإن محطة المصرف هي التي لديها جهد أكثر إيجابية. لذلك، فإن أطراف الصرف والمصدر قابلة للتبديل. ومن بين مزاياها العديدة أنها تتمتع بمقاومة عالية جدًا للمدخلات في حدود Mega Ohms. لها العديد من المزايا الأخرى مثل تبديد الحرارة المنخفض واستهلاك الطاقة المنخفض.

تستخدم FETs بشكل شائع في مكبرات الصوت منخفضة الضوضاء ومكبرات الصوت العازلة والمفاتيح التناظرية.

There are two types of Field Effect Transistors:

Junction Field Effect Transistor (JFET)





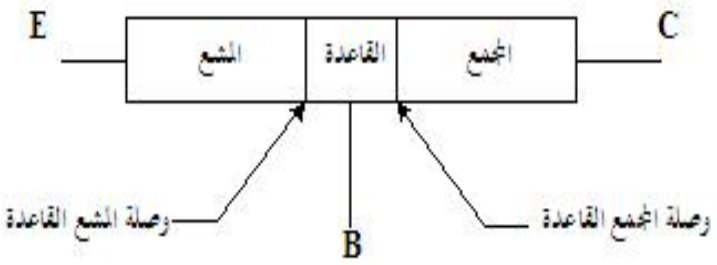
Bipolar Junction Transistor vs Field Effect Transistor

Now, let us look at the various differences between BJT and FET

Bipolar Junction Transistor	Field Effect Transistor
It is a bipolar device	It is a unipolar device
It is a current-driven device	It is a voltage-driven device
Low input impedance	High input impedance
Low noise level	High noise level
Less thermal stability	Better thermal stability

الترانزستور ثنائي القطبية (الوصلة الثنائية) Bipolar junction transistor

← التركيب Construction



يتكون من بلورة من الجرمانيوم أو السليكون بحيث تحتوي على ثلاث مناطق: منطقة رقيقة من مادة من نوع (P) بين منطقتين من مادة نوع (N) وبالتالي يسمى (NPN)، أو منطقة رقيقة من مادة من نوع (N) بين منطقتين من مادة نوع (P) ويسمى (PNP)، ويضاف لها ٣ أطراف للتثبيت والتوصيل. تسمى إحدى النهايات (المشع /Emitter) والأخرى (المجمع / Collector) أما الجزء الأوسط فيسمى (القاعدة /Base) ويسمى هذا الترانزستور بالترانزستور ثنائي القطبية (Bipolar junction transistor)

← **منطقة القاعدة (Base) :** هي المنطقة المتوسطة من البلورة وتشغل أصغر حجم منها، كمية الشوائب فيها ضئيلة جداً وسمكها صغير جداً ويرمز لها بالرمز (B).

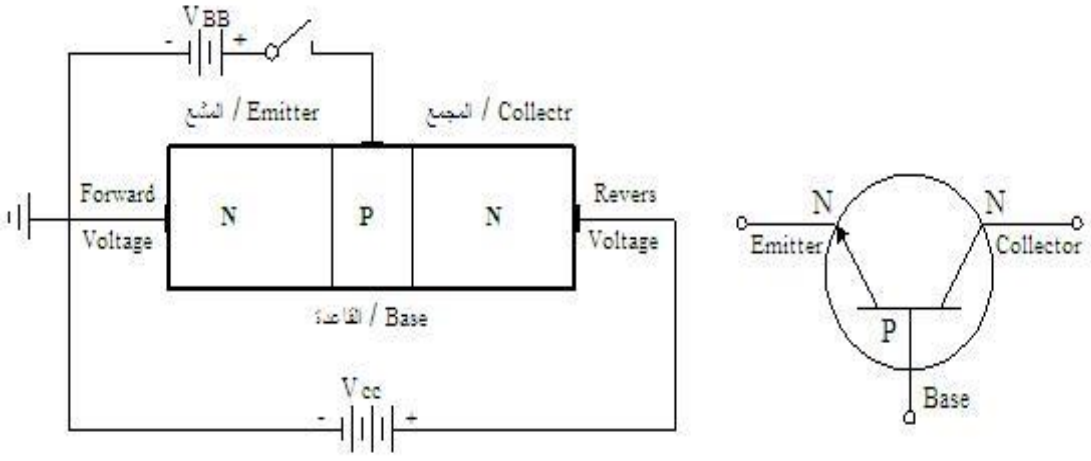
← **منطقة الباعث (Emitter)** ويرمز لها بالرمز (E).

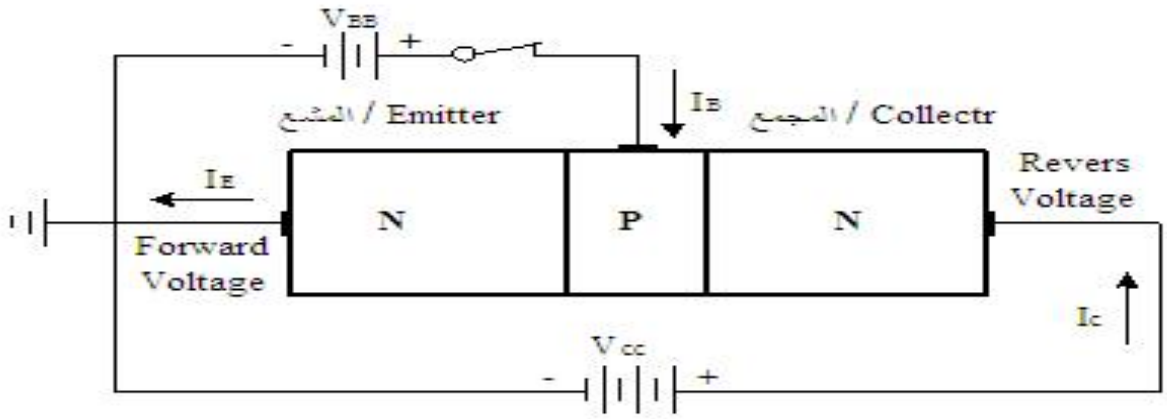
← **منطقة المجمع (Collector)** ويرمز لها بالرمز (C)

❖ **الترانزستور NPN (NPN Transistor).**

لتشغيل الترانزستور يجب تسليط جهد انحياز أمامي (Forward bias) على وصلة (المشع - القاعدة) وجهد انحياز خلفي (Reverse bias) على وصلة (المجمع - القاعدة) أي يغذي (المشع/Emitter) بجهد مماثل لنوع بلورته ويغذي (المجمع/Collector) بجهد مخالف لنوع بلورته، ويتم ذلك بأن يتم توصيل مصدر جهد مستمر (بطارية) بين المجمع والمشع نرمز له بالرمز (Vcc) ومصدر آخر للجهد أي بطارية ثانية نرمز لها بالرمز (VBB) توصل بين القاعدة والمشع. وعادة ما يكون جهد بطارية القاعدة (VBB) أقل من جهد بطارية المجمع (Vcc)

مما سبق يتضح أن (المشع مشترك في كلا الدائرتين لذا نستخدم (Vcc) للتعبير عن قيمة الجهد عبر دائرة (المجمع) ، (VBB) للرمز لقيمة الجهد عبر دائرة القاعدة.





عند توصـيل الفتاح (S) فإن تياراً يمر في الدائرة وذلك لأن الوصـلة (المشـع _ القاعدة) ذات انحياز أمامي وبالتالي فهي تُعطي حاملات التيار إلى القاعدة وبالتالي تقل المنطقة العازلة فإذا كانت هذه المنطقة رقيقة جداً فإن منطقة العزل تتلاشـى تماماً وبذلك يمر تيار كبير من المجمع إلى المشـع ماراً من خلال القاعدة وذلك كما يلي:

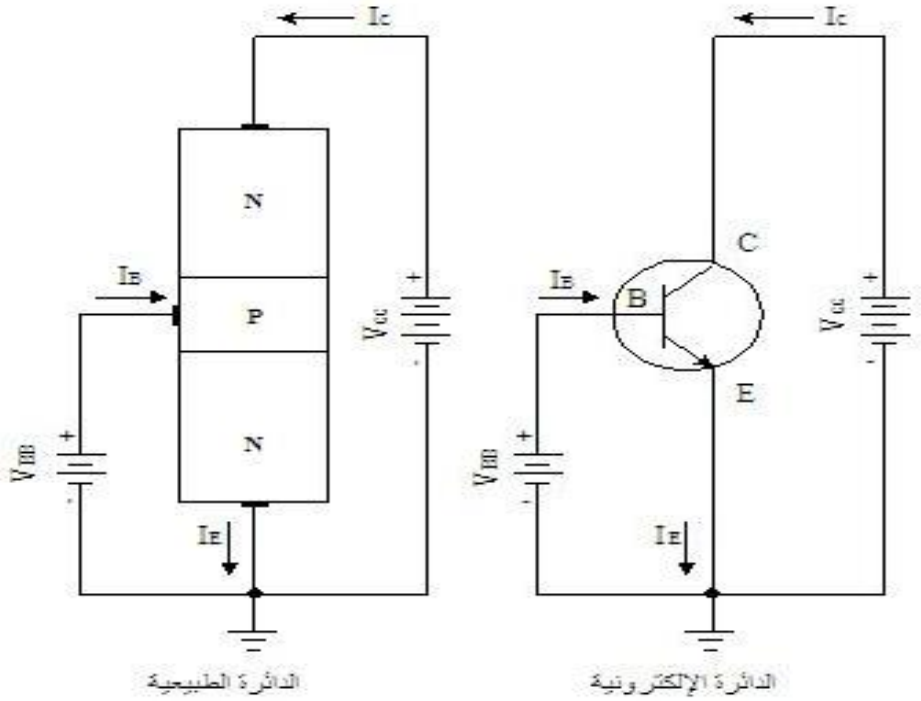
- نتيجة الانحياز العكسي، تنجذب إلكترونيات المجمع (شحنات أغلبية) نحو موجب البطارية (Vcc) كما تنجذب فجوات القاعدة (شحنات أغلبية) نحو سالب البطارية (Vcc) فلا يمر تيار من البطارية (Vcc) لعدم اختراق شحنات الأغلبية وصلة المجمع القاعدة.
- تتنافر فجوات المجمع (شحنات أقلية) مع موجب البطارية (Vcc) وتنجذب نحو سالبها مخترقة الوصلة المشـتركة ، كما تتنافر إلكترونات القاعدة (شـحنات أقلية) مع سـالب البطارية (Vcc) وتنجذب نحو موجبها مُخترقة الوصلة المشتركة وحيث أن عدد شحنات الأقلية الموجودة في كل من المجمع والقاعدة ضئيل – لذا فإن التيار العكسي المار في هذه الحالة تيار صغير لهذا يُعتبر كتيار تسريب.
- نتيجة للانحياز الأمامي – تندفع إلكترونيات المشـع (شـحنات أغلبية) نحو القاعدة مخترقة الوصـلة المشـتركة وحيث أن عدد إلكترونات المشـع بالمنطقة يفوق بمراحل عدد الفجوات المتوافرة في القاعدة لذا يندمج (٥٪) من إلكترونات المشع المنطلقة مع فجوات القاعدة وتُنشئ تياراً للقاعدة.
- بينما تنتشر الأغلبية (٩٥٪) من إلكترونات المشـع المنطلقة في القاعدة لتنجذب نحو المجمع تحت تأثير إيجابية الجهد المسلط عليه ومن ثم تُنشئ تيار المجمع. ولهذا يكون تيار المجمع أكبر من تيار القاعدة.
- العلاقة الرياضية التي تربط هذين التيارين وتيار المشع هي:

$$IE = IC + IB$$

حيث: IE تيار المشع، IC تيار المجمع، IB تيار القاعدة

الدائرة المكافئة للترانزستور NPN

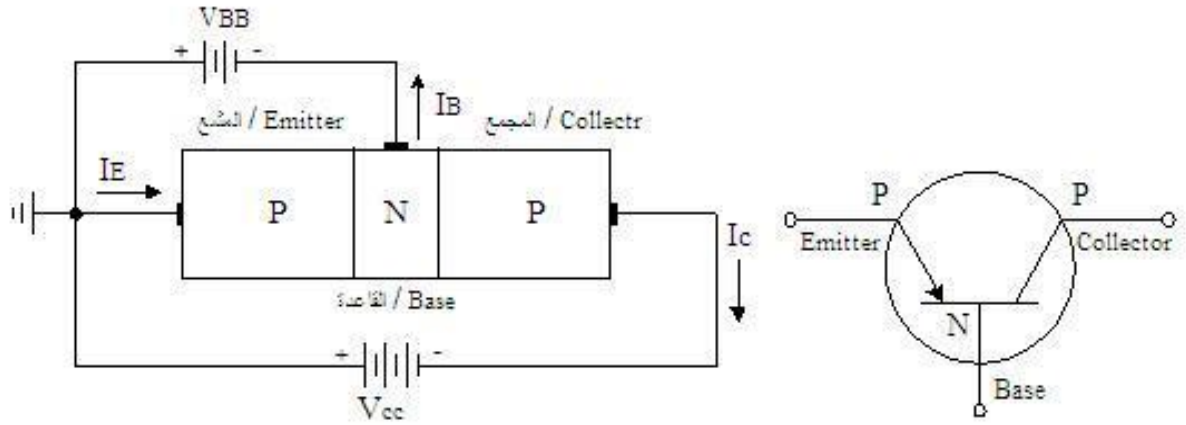
الشكل يوضح الدائرة المكافئة المستخدمة في رسوم الدوائر الإلكترونية للترانزستور (NPN). ففي حالة أن تكون القاعدة من نوع (P) والمشـــع من نوع (N) كما هو في الترانزســـتور (NPN) فإن التيار الناتج من الانحياز الأمامي يمر في وصلة (القاعدة ـــ المشع) داخلاً إلى القاعدة نوع (P) خارجاً من المشع نوع (N) لذلك فإن الســهم يوضــح أن التيار يمر خارجاً من المشــع للترانزســتور (NPN). بمعنى أخر إذا كانت رأس السهم تشير بعيداً عن القاعدة فإن المشع يجب أن يكون من نوع (N).



❖ **الترانزستور PNP (PNP Transistor)**

الشكل يوضح كيفية توصيل مصادر التيار الكهربائي " البطارية " بأطراف الترانزستور ويتضح أن الجهد المسلط على وصلة (المشع - القاعدة) جهد انحياز أمامي حيث يتصل المشع بقطب البطارية (VBB) المماثل لنوع بلورته.

وأن الجهد المسلط على وصلة (المجمع – القاعدة) جهد انحياز عكسي حيث يتصل المجمع بقطب البطارية (Vcc) المخالف لنوع بلورته. وعلى ذلك فعند توصيل الترانزستور بالمصادر الكهربائية يتم ما يلي:



- نتيجة الانحياز العكسي (Reverse bias) تتنافر فجوات المجمع (شحنات أغلبية) نحو موجب البطارية (Vcc) وتحرك أماكنها نحو سالبها، كما تنجذب إلكترونات القاعدة (شحنات أغلبية) نحو موجب البطارية (Vcc) فلا يمر تيار من البطارية (Vcc) لعدم اختراق شحنات الأغلبية وصلة المجمع القاعدة.
- تتنافر إلكترونات المجمع (شحنات أقلية) مع سالب البطارية (Vcc) وتنجذب نحو طرفها الموجب مخترقة وصلة (المجمع – القاعدة) كما تتنافر فجوات القاعدة (شحنات أقلية) مع موجب البطارية (Vcc) وتنجذب نحو سالبها مُخترقة الوصلة المشتركة (المجمع - القاعدة) وحيث أن عدد شحنات الأقلية الموجودة في كل من المجمع والقاعدة ضئيل لذا فإن التيار العكسي المار في هذه الحالة تيار صغير جداً لذلك يُعتبر كتيار تسريب.
- نتيجة للانحياز الأمامي (Forward bias) تتنافر فجوات المشع (شحنات أغلبية) مع موجب البطارية (VBB) لتحرك أماكنها نحو القاعدة مخترقة الوصلة المشتركة وحيث أن عدد هذه الفجوات يفوق عدد الإلكترونات المتوافرة في القاعدة – لذا تندمج إلكترونات القاعدة مع أقلية من الفجوات وتُنشئ تياراً للقاعدة.
- تتجمع أغلبية الفجوات المحركة أماكنها من المشع في القاعدة وتنتشر فيها ثم تنجذب نحو المجمع تحت تأثير سالبية الجهد المسلط عليه وتنشئ تيار المجمع. ولذلك يكون تيار المجمع أكبر من تيار القاعدة.
- العلاقة الرياضية التي تربط هذين التيارين وتيار المشع هي:

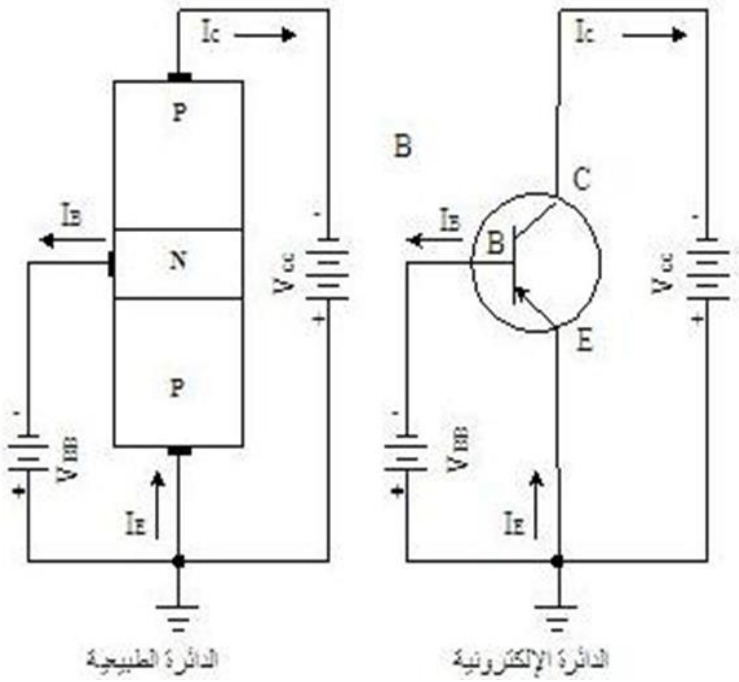
$$IE = IB + IC$$

حيث: IE تيار المشع، IC تيار المجمع، IB تيار القاعدة.

الدائرة المكافئة للترانزستور PNP

الشكل يوضح الدائرة المكافئة المستخدمة في رسوم الدوائر الإلكترونية للترانزستور (PNP)

يجب ملاحظة أنه عند استخدام ترانزستور من نوع (PNP) فإن مصدر الجهد (البطارية) يجب عكس أقطابها للحصول على انحياز أمامي للمشع وانحياز عكسي للمجمع وكذلك أن يشير رأس السهم داخل إلى القاعدة أي أن المشع من نوع (P).



Current Gains in BJT:

There are two types of current gain in BJT i.e., α and β.

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

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

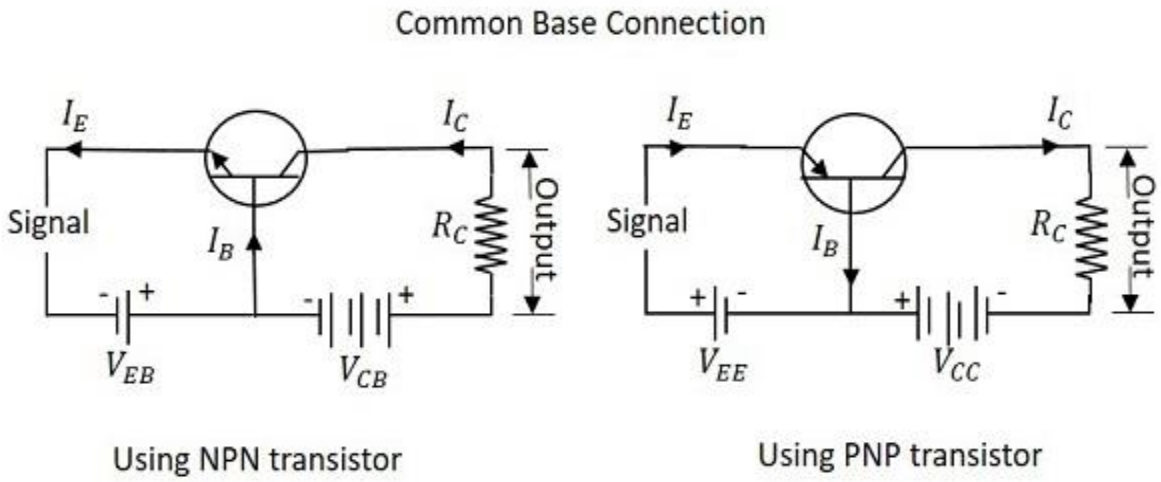
Where: IE is the emitter current, IC is the collector current, and IB is the base current.

❖ طرق توصيل الترانزستور ثنائي القطب Bipolar Transistor Configurations

نظرًا لأن الترانزستور ثنائي الوصلة هو جهاز ثلاثي الأطراف، فهناك ثلاث طرق محتملة لتوصيله داخل دائرة إلكترونية مع وجود طرف واحد مشترك بين كل من إشارات الدخل والخرج. تستجيب كل طريقة اتصال بشكل مختلف لإشارة الدخل الخاصة بها في الدائرة حيث تختلف الخصائص الثابتة للترانزستور باختلاف طريقة التوصيل في الدائرة.

- Common Base Configuration: has Voltage Gain but no Current Gain.
- Common Emitter Configuration: has both Current and Voltage Gain.
- Common Collector Configuration: has Current Gain but no Voltage Gain.

القاعدة المشتركة The Common Base (CB) Configuration:(Voltage Gain)



تيار الدخل المتدفق إلى الباعث كبير جدًا حيث أنه يساوي مجموع تيار القاعدة وتيار المجمع على التوالي، وبالتالي، يكون خرج تيار المجمع أقل من دخل تيار الباعث مما يؤدي إلى كسب تيار لهذا النوع من الدوائر "١" (الوحدة) أو أقل، وبعبارة أخرى، فإن تكوين المجمع المشترك "يخفف" إشارة الدخل (التيار).

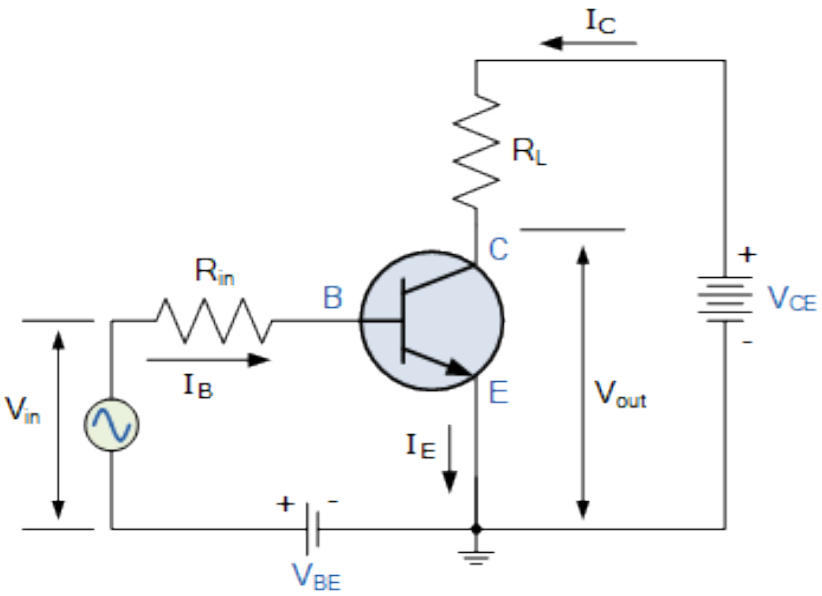
هذا النوع من التوصيل عبارة عن دائرة مضخم للجهد. هذا النوع من توصيل الترانزستور ليس شائعًا جدًا نظرًا لخصائص كسب الجهد العالي بشكل غير عادي. أيضًا، هذا النوع من توصيل الترانزستور ثنائي القطب له مقاومة خرج عالية بالنسبة إلي مقاومة الدخل أو مقاومة "الحمل" (RL) إلى مقاومة "الدخل" (Rin) مما يمنحه قيمة "كسب المقاومة". ومن ثم، يُعطى كسب الجهد (Av) لتوصيل القاعدة مشترك على النحو التالي:

Common Base Voltage Gain $$A_V = \frac{Vout}{Vin} = \frac{I_C \times R_L}{I_E \times R_{IN}}$$

تُستخدم دائرة توصيل القاعدة المشتركة بشكل عام فقط في دارات المكبر أحادي المرحلة مثل المكبر المسبق للميكروفون أو مضخمات التردد اللاسلكي (Rf) نظرًا لاستجابتها عالية التردد الجيدة جدًا.

❖ **توصيل الباعث المشترك (كسب التيار والجهد)**

The Common Emitter (CE) Configuration:(Current and Voltage Gain)



هذا النوع من التوصيل هو أكثر الدوائر استخدامًا للمكبرات القائمة على الترانزستور، والتي تمثل الطريقة "العادية" لاتصال الترانزستور ثنائي القطب. ينتج عن توصيل الباعث المشترك أعلى مكاسب للتيار والقدرة مقارنة بطرق توصيل الترانزستور ثنائي القطب الأخري. ويرجع ذلك أساسًا إلى أن مقاومة الدخل منخفضة نظرًا لأنها متصلة بوصلة P-N منحازة للأمام، بينما تكون مقاومة الخرج عالية حيث يتم أخذها من تقاطع P-N في انحياز عكسي.

The emitter current is given as IE = IC + IB.

نظرًا لأن مقاومة الحمل (RL) متصلة على التوالي مع المجمع، فإن كسب التيار لتوصيلة الباعث المشترك كبير جدًا حيث إنه يمثل نسبة IC / IB. يتم إعطاء كسب تيار الترانزستورات الرمز اليوناني بيتا (β).

نظرًا لأن تيار الباعث لتوصيلة الباعث المشترك يتم تعريفه على أنه IE = IC + IB ، فإن نسبة IC / IE تسمى Alpha α. ملاحظة: ستكون قيمة ألفا دائمًا أقل من الوحدة.

أي تغيير طفيف في تيار القاعدة (IB)، سيؤدي إلى تغيير أكبر بكثير في تيار المجمع (IC).

عادة بيتا لها قيمة بين ٢٠ و ٢٠٠ لمعظم الترانزستورات العامة. لذلك ، إذا كانت قيمة بيتا للترانزستور ١٠٠ مثلاً ، فإنه يتدفق إلكترون واحد من طرف القاعدة لكل ١٠٠ إلكترون يتدفق بين طرف الباعث والمجمع.

$$\text{Alpha},(\alpha) = \frac{I_C}{I_E} \quad \text{and} \quad \text{Beta},(\beta) = \frac{I_C}{I_B}$$

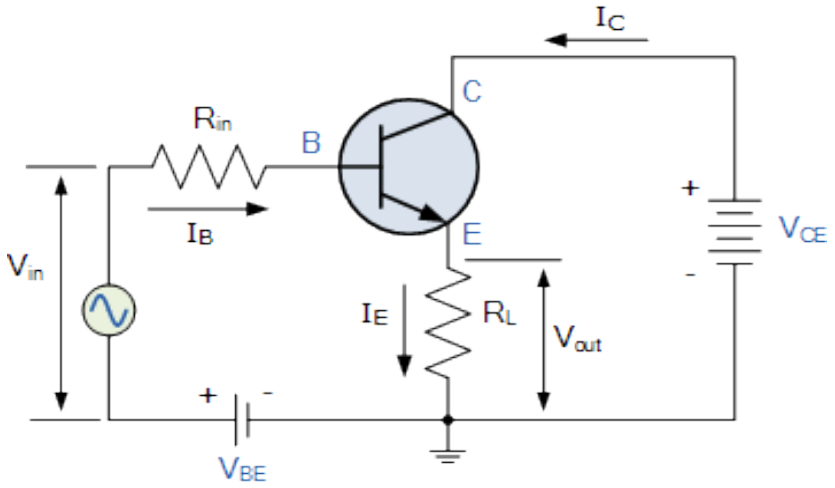
$$\therefore I_C = \alpha.I_E = \beta.I_B$$

$$\text{as: } \alpha = \frac{\beta}{\beta + 1} \qquad \beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

$$I_E = I_C + I_B$$

❖ **توصيل المجمع المشترك (CC) (كسب التيار).**

The Common Collector (CC) Configuration (current gain)



تكوين الباعث المشترك له كسب تيار يساوي تقريبًا قيمة β للترانزستور نفسه. ومع ذلك، في تكوين الباعث المشترك، يتم توصيل مقاومة الحمل على التوالي مع طرف الباعث بحيث يكون تيارها مساويًا لتيار الباعث.

بما أن تيار الباعث هو مجموع كل من تيار المجمع وتيار القاعدة، فإن مقاومة الحمل في هذا النوع من تكوين الترانزستور يتدفق من خلالها تيار المجمع وتيار الدخل للقاعدة. لذلك يتم التعبير عن كسب التيار للدائرة على النحو التالي:

$$I_E = I_C + I_B$$

$$A_i = \frac{I_E}{I_B} = \frac{I_C + I_B}{I_B}$$

$$A_i = \frac{I_C}{I_B} + 1$$

$$A_i = \beta + 1$$

NPN Transistor Example No1

A bipolar NPN transistor has a DC current gain, (Beta) value of 200. Calculate the base current Ib required to switch a resistive load of 4mA.

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{4 \times 10^{-3}}{200} = 20\mu A$$

Therefore, β = 200, Ic = 4mA and Ib = 20μA.

NPN Transistor Example No2

An NPN Transistor has a DC base bias voltage, Vb of 10v and an input base resistor, Rb of 100kΩ. What will be the value of the base current into the transistor.

$$I_B = \frac{V_B - V_{BE}}{R_B} = \frac{10 - 0.7}{100k\Omega} = 93\mu A$$

Therefore, Ib = 93µA.

Transistor as a Switch Example No1

Using the transistor values from the previous tutorials of: β = 200, Ic = 4mA and Ib = 20uA, find the value of the Base resistor (Rb) required to switch the load fully "ON" when the input terminal voltage exceeds 2.5v.

$$R_B = \frac{V_{in} - V_{BE}}{I_B} = \frac{2.5v - 0.7v}{20x10^{-6}} = 90k\Omega$$

Transistor as a Switch Example No2

Again, using the same values, find the minimum Base current required to turn the transistor "fully-ON" (saturated) for a load that requires 200mA of current when the input voltage is increased to 5.0V. Also calculate the new value of Rb.

Transistor Base current:

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{200mA}{200} = 1mA$$

Transistor Base resistance:

$$R_B = \frac{V_{in} - V_{BE}}{I_B} = \frac{5.0v - 0.7v}{1\times10^{-3}} = 4.3k\Omega$$

❖ **The transistor as a switch الترانزستور كمفتاح**

تعتبر دائرة عمل الترانزستور كمفتاح من أهم الدوائر التي تستخدم بكثرة في الدوائر الإلكترونية والكهربائية، حيث تعمل دائرة الترانزستور كمفتاح بناءً على إشارة كهربية صغيرة تمر لطرف القاعدة للترانزستور (الطرف المتحكم في الترانزستور).

 # العوامل المؤثرة على اختيار الترانزستور كمفتاح

هناك عدة عوامل يجب معرفتها من ورقة بيانات (الداتا شيت) الترانزستور قبل شرائه من أجل عمله كمفتاح بالدائرة وهي:

← أقصى جهد وتيار يتحمله الترانزستور.

← نوع الترانزستور، هل هو NPN أم PNP.

← معرفة قيمة البيتا (معامل التكبير) Hfe الخاص بالترانزستور؛ وهي خطوة تفيد تحديد قيمة مقاومة القاعدة IB.

❖ **قراءة الداتا شيت الخاص بالترانزستور**

سنقوم بقراءة الداتا شيت الخاص بالترانزستور BC547، وهو من نوع NPN.

بيانات الترانزستور BC547

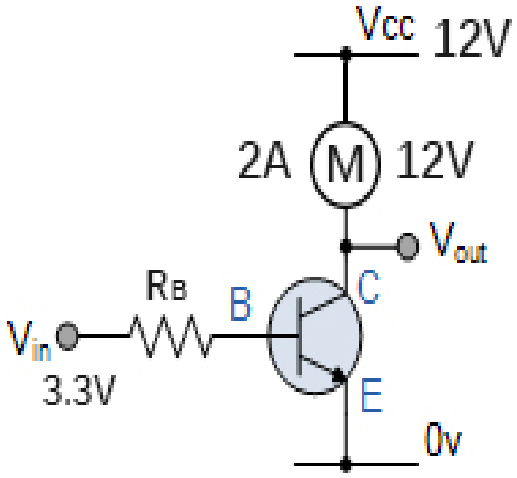
Symbol	Parameter	Value	Units
V_{CBO}	Collector-Base Voltage : BC546 جهد المجمع -القاعدة : BC547/550 : BC548/549	80 50 30	V V V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage : BC546 جهد المجمع-الباعث : BC547/550 : BC548/549	65 45 30	V V V
I_C	Collector Current (DC) تيار المجمع	100	mA
P_C	Collector Power Dissipation قدرة الترانزستور	500	mW

h_{FE}	DC Current Gain	V_{CE}=5V, I_C=2mA	110		800	
V_{CE} (sat)	Collector-Emitter Saturation Voltage قيم جهد المجمع والباعث عند التشبع	I_C=10mA, I_B=0.5mA I_C=100mA, I_B=5mA		90 200	250 600	mV mV
V_{BE} (sat)	Base-Emitter Saturation Voltage قيم جهد القاعدة والباعث عند التشبع	I_C=10mA, I_B=0.5mA I_C=100mA, I_B=5mA		700 900		mV mV
V_{BE} (on)	Base-Emitter On Voltage	V_{CE}=5V, I_C=2mA V_{CE}=5V, I_C=10mA	580	660	700 720	mV mV

بعد استخراج بيانات الترانزستور BC547 الهامة التالية:

أقصى جهد 45 V، أقصى تيار للمجمع 100 mA، قدرة الترانزستور 500 mW، جهد VCE(sat) عند التشبع 200 mV، جهد VBE(sat) عند التشبع 900 mV، قيمة البيتا Hfe للترانزستور ما بين 110 لـــ 800.

❖ **عمل الترانزستور كمفتاح للتحكم بموتور صغير**



قيم جهد وتيار الموتور:

جهد المحرك التشغيلي 12 V_{DC}

تيار المحرك التشغيلي 2 A

بناءً على هذه المعلومات، أقرب ترانزستور مناسب لتشغيل الموتور هو TIP41، لأنه يتحمل جهد حتى ٦٠ V ، والتيار حتى ٦ A،جهد التشبع 2 V V_{BE}، والبيتا الخاص به Hfe = 30.

بعد معرفة وتحديد قيمة تيار الحمل للموتور، يمكننا تحديد قيمة تيار التحكم (تيار القاعدة) للترانزستور، من كالتالي:

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

$$\frac{2A}{30} = 0.06A$$

هذه القيمة تكون في الحالة الفعالة، وللحصول على حالة التشبع سوف نختار قيمة تيار القاعدة IB أكبر بـ ٥ لـ ١٠ أضعاف قيمته كالتالي:

$$I_B = 5 * 0.06 = 0.3A$$

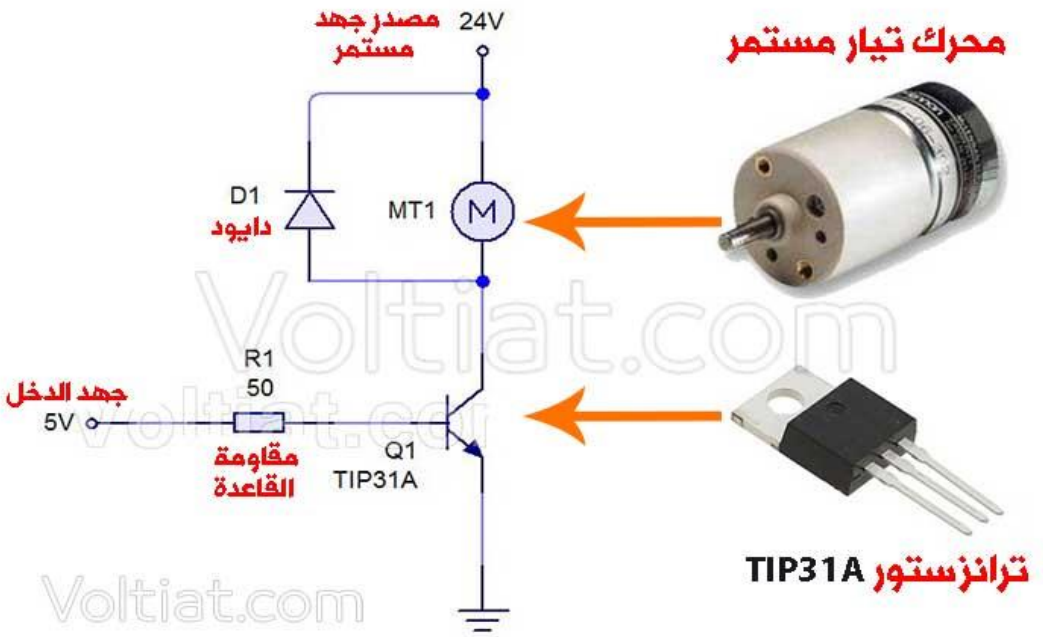
ثم نوجد قيمة المقاومة على طرف القاعدة للترانزستور:

$$R_B = \frac{V_{in} - V_{BE(sat)}}{I_B} = \frac{3.3 - 2}{0.3} = 4.3\Omega$$

إن الهدف من هذه الحسابات والبيانات التي قمنا باستخراجها من الداتا شيت الخاص بالترانزستور هو تحديد أفضل قيم للمقاومات المراد توصيلها بالدائرة مع الترانزستور وذلك بهدف عمل الترانزستور كمفتاح.

❖ **مثال أخر على موتور ٢٤ فولت**

تصميم دائرة ترانزستور للتحكم بمحرك



إن الهدف من وضع عنصر الترانزستور في الدائرة هو التحكم بتيار المحرك عن طريق تطبيق تيار صغير على طرف القاعدة، ومن خلاله يمكننا من وصل أو فصل تيار المحرك المار عبر طرفي الترانزستور المجمع (C) والباعث (E).

مكونات تصميم دائرة ترانزستور للتحكم بمحرك

مصدر جهد 5 V/DC للتحكم بطرف القاعدة للترانزستور.

مصدر جهد 24 V/DC لتشغيل محرك التيار المستمر.

ترانزستور مناسب لتحمل تيار وجهد المحرك.

مقاومة مناسبة لتحمل تيار القاعدة.

كيفية تحديد تيار المحرك

يمكن تحديد تيار المحرك بأكثر من طريقة وهي:

الطريقة الأولى: يمكن إيجاد قيمة التيار من لوحة البيانات الموجود على المحرك.

الطريقة الثانية: عن طريق استخدام جهاز الملتميتر لقياس مقاومة ملف المحرك، ثم نستخدم قانون أوم لإيجاد قيمة التيار كالتالي:

التيار (I) = الجهد (V) ÷ المقاومة (R)

حيث: R = مقاومة ملف المحرك، يقاس بوحدة الأوم (Ω).

لنفرض أن جهد المحرك 24 V وقيمة المقاومة التي حصـــلنا عليها من جهاز الملتميتر 17 Ω، فإن قيمة التيار: = الجهد ÷ المقاومة = ٢٤ ÷ ١٧ = ١,٤ أمبير.

الطريقة الثالثة: عن طريق قياس تيار سحب المحرك، وذلك بتوصيل طرفي جهاز الملتميتر على التوالي مع الطرف الموجب للمحرك.

اختيار الترانزستور المناسب للتحكم بالمحرك

اختيار الترانزستور المناسب

الترانزستور	الجهد (V)	التيار (I)	البيتا (H_{FE})
2N2222	40V	1A	200
BD139	80V	1.5A	40
TIP31A	60V	3A	100
TIP41A	60V	6A	30

من خلال المواصفات الكهربائية للمحرك نلاحظ أن أقرب ترانزستور مناسب لعملية التحكم هو TIP31A، حيث أن تيار المحرك ١,٤ وجهده ٢٤ V، بينما تيار الترانزستور ٣ A وجهده ٦٠ V وهي قيم أعلى من قيم المحرك.

تصميم دائرة الترانزستور

لدينا محرك تيار مستمر بالمواصفات الكهربائية التالية: الجهد = ٢٤V ، والتيار = ١,٤ A وأن قيمة كسب التيار أو البيتا للترانزستور TIP31A تساوي (hfe = ١٠٠)، وجهد القاعدة ٥ V. أوجد تيار القاعدة وقيمة مقاومة القاعدة؟

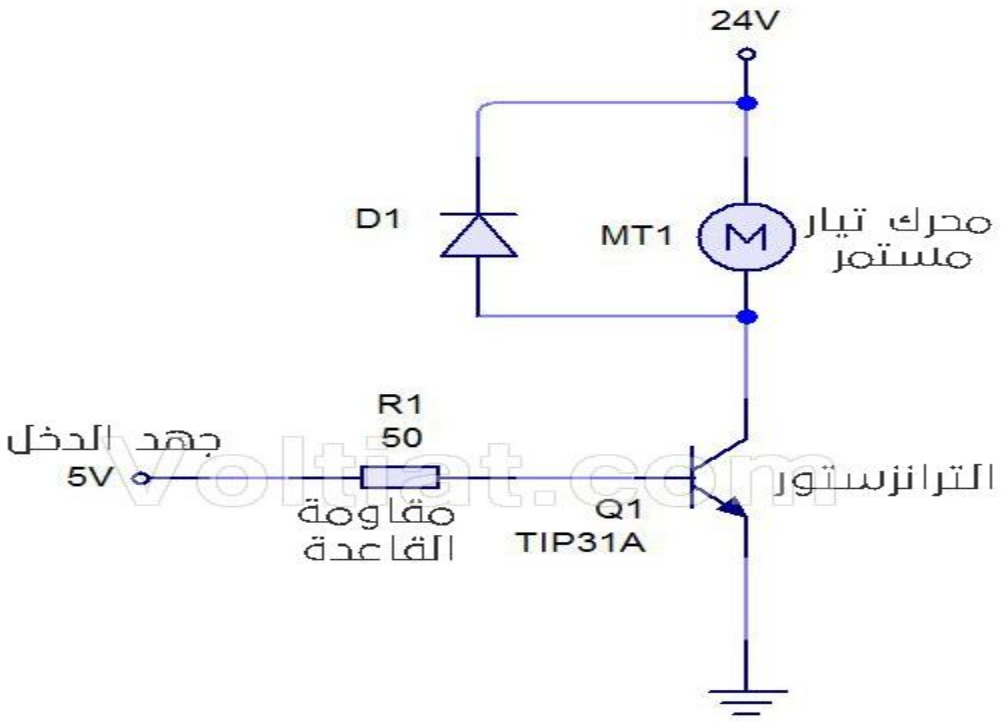
تيار القاعدة = تيار المحرك (الحمل) ÷ قيمة البيتا (hfe) = ١,٤ ÷ ١٠٠ = ٠,٠١٤ أمبير

الآن نقوم باختيار قيمة تيار التحكم للقاعدة بحيث تكون من ٥ إلى ١٠ أضـــعاف قيمته، حتى نتأكد من أنه بوضعية حالة التشبع (Saturation) كالتالي:

تيار القاعدة الجديدة = ٥ × ٠,٠١٤ = ٠,٠٧ أمبير

قيمة مقاومة القاعدة:

$$R_B = \frac{V_{IN} - V_{BE(sat)}}{I_B} = \frac{5 - 1.8}{0.07} = 45\Omega$$



The freewheel (or flywheel) diode was introduced to prevent dangerously high voltages from appearing across the transistor when it switches off an inductive load, so we should check that this has been achieved.

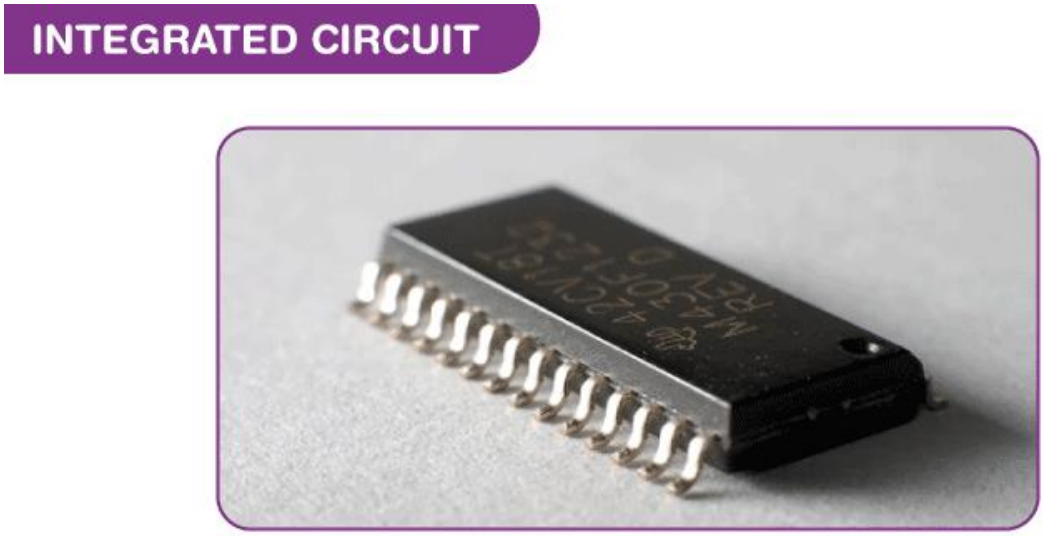
الباب السادس

الدوائر المتكاملة

Integrated circuits (IC)

الدوائر المتكاملة Integrated circuits

تتكون الدوائر المتكاملة من عدة مكونات مثل R وC وL والثنائيات والترانزستورات. وهي مبنية على كتلة واحدة صغيرة أو شريحة من أشباه الموصلات تعرف باسم الدائرة المتكاملة (IC). كل منهم يعملون معا لأداء مهمة معينة. لكي يتم توصيلها بلوحة الدائرة، غالبًا ما يتم وضعها في عبوة بلاستيكية ذات دبابيس معدنية.



يمكن للدوائر المتكاملة أن تعمل كمذبذبات، مكبرات، معالجات دقيقة، أو حتى كذاكرة كمبيوتر.

تصميم الدوائر المتكاملة:

يتم إنشاء دائرة متكاملة باستخدام طرق منطقية معينة، فئات تصميم IC هي كما يلي:

- التصميم التناظري
- التصميم الرقمي
- التصميم المختلط

الدوائر المتكاملة شائعة الاستخدام:

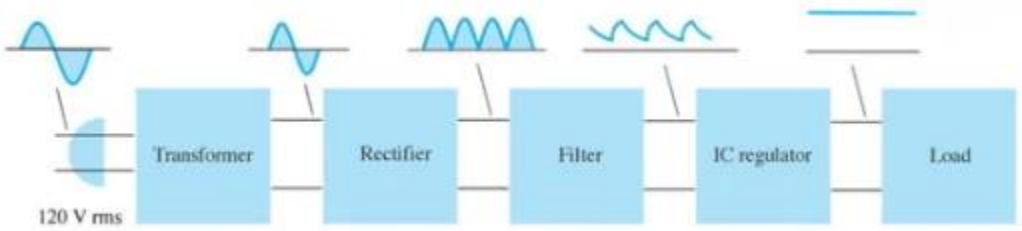
- البوابات المنطقية Logic Gate ICs
- المؤقتات (التايمرات) Timer ICs
- المكبرات (المضخمات) Operational Amplifiers ICs
- منظمات الجهد Voltage Regulators ICs

١ منظمات الجهد Voltage Regulators ICs

تسمى عملية تحويل الإشارة الجيبية (AC) إلى إشارة DC نابضة بالتقويم rectification. تُعرف الدائرة الإلكترونية التي تقوم بالتقويم باسم المقوم Rectifier. يجب علينا تحويل جهد التيار المستمر النابض هذا إلى جهد تيار مستمر منظم (ثابت).

تعريف منظم الجهد

تُعرف الدائرة الإلكترونية المتكاملة التي تعمل على تحويل جهد التيار المستمر (النابض أو الغير ثابت القيمة) إلى جهد مستمر منظم (ثابت) باسم منظم الجهد.



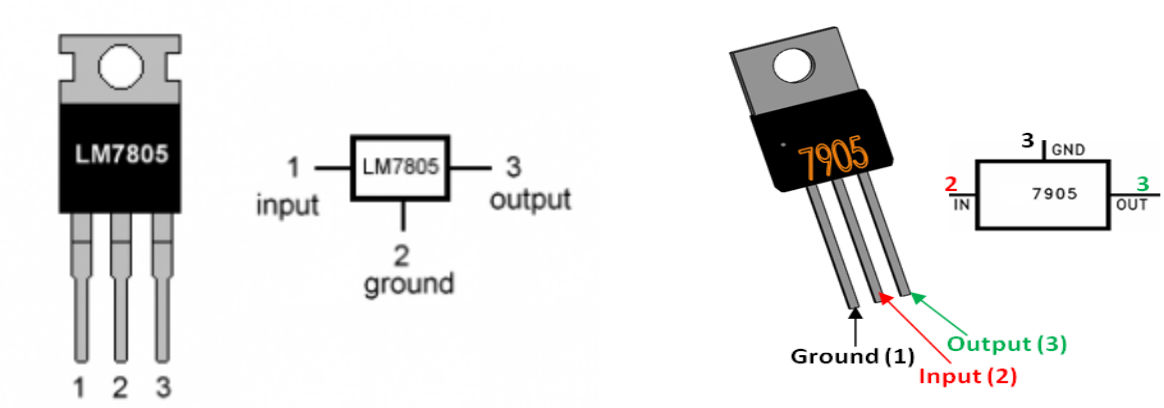
أي تعمل على إخراج جهد ثابت بغض النظر عن جهد الدخل كان نبضي أم ثابتا ولكن بشرط أن يكون جهد الدخل أكبر من جهد الخرج.

يستخدم بشكل كبير في تصميم دوائر التغذية ومصادر الجهد Power Supply ودوائر الميكروكنترولر والدوائر المنطقية والرقمية.

أطراف منظم الجهد

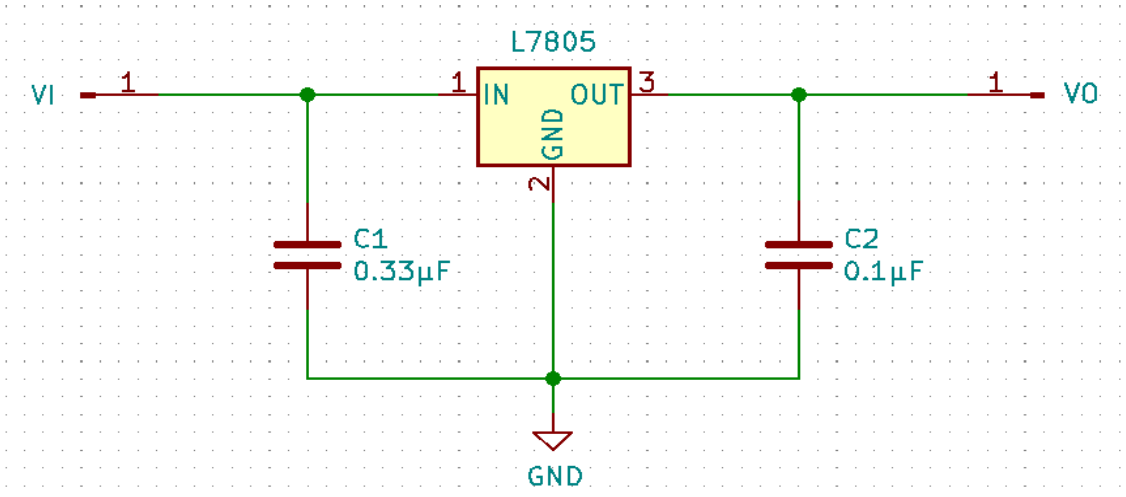
له ثلاث أطراف الطرف الأول طرف جهد الدخل In والطرف الثاني هو الأرضي Gnd والطرف الثالث هو جهد الخرج Out ويختلف ترتيب الأطراف على حسب نوع السلسلة لمنظم الجهد مثلا السلسلة 78xx الطرف رقم واحد هو In والطرف الثاني الموجود في المنتصف هو Gnd والطرف الثالث هو Out, أما السلسلة 79xx نجد الطرف الأول هو Gnd والطرف الثاني الموجود في المنتصف هو In والطرف الثالث هو Out.

ويجب ملاحظة أن السلسلة 78xx تعطي جهد خرج موجب والسلسلة 79xx جهد الخرج لها سالب.



كيفية توصيل منظم الجهد

دائرة منظم الجهد وهى الدائرة العامة له وتتكون من مصدر جهد ومنظم للجهد يوصل الطرف In بالجهد غير المنظم من مصدر الجهد والطرف Gnd يوصل بالأرضي والطرف Out هو الذي يؤخذ منه الجهد المنظم إلى الحمل, ومكثفين C1 وC2 قيمة كلا منهما ٠,٣٣، ٠,١ ميكرو فاراد وتكون مهمة هذه المكثفات حماية الدائرة من الضوضاء.



❖ **بعض المواصفات الفنية الهامة لمنظم الجهد في الداتا شيت.**

← **Output Voltage** وهي قيمة جهد الخرج التي يمكن أن تخرج من منظم الجهد.

← **Input Voltage** وهي أقل قيمة جهد دخل لمنظم الجهد.

← **Output Current** وهي قيمة تيار الخرج.

← **Dropout Voltage** وهي قيمة الضريبة التي يأخذها منظم الجهد حتى يعمل بكفاءة أكثر.

سوف نأخذ مثال السلسلة LM78xx وسوف نجد خصائص هامة في هذه السلسلة وهى كالتالي:

قيمة Output Current هى ١ أمبير وهي أقصـــى قيمة لتيار الخرج وبعد هذه القيمة يقل عمل المنظم فمثلا لو كانت قيمة جهد الخرج ٥ فولت عند زيادة التيار عن ١ أمبير تقل قيمة جهد الخرج عن ٥ فولت.

خاصـية Internal thermal overload protection وهي خاصـية هامة جدا تعمل عند سـحب تيار عالي من المنظم: سـوف تزداد درجة حرارة المنظم ولكن لن يتعرض للتلف ولن يتوقف عن العمل عند زيادة الحرارة بل يعمل على تقليل التيار والجهد لحماية المنظم وهذا معناه وجود حماية داخلية للمنظم من التلف.

خاصـية Internal short circuit current limit وهي خاصـية تعمل عندما يحدث للخرج short circuit: تجعل التيار لا يرتفع بصـــورة كبيرة عند حدوث short circuit بينما يظل في حدود عمل المنظم فمثلا لو كان المنظم يخرج ١ أمبير عند حدوث short circuit عند جهد الخرج يظل المنظم يخرج ١ أمبير فقط.

مثال LM7805

- ← قيمة Input Voltage هي ١٠ فولت وهي القيمة المفضلة له.
- ← قيمة Output Voltage أقل قيمة له هي ٤,٨ فولت والقيمة المتوسـطة له ٥ فولت وأقصـى قيمة له هي ٥,٢ فولت.
- ← قيمة Line Regulation عندما يتغير جهد الدخل ١ أو ٢ فولت وحتى ٢٠ فولت يتغير جهد الخرج ٣ ملي فولت,وهذا معناه أنه يحدث تغيير بسـيط لا يذكر في جهد الخرج عندما يحدث تغيير كبير في جهد الدخل.
- ← قيمة Load Regulation لو المنظم أعطى من ٥ ملي أمبير إلى ١,٥ أمبير سـوف يتغير جهد الخرج بقيمة ١٠ ملي فولت.
- ← قيمة Dropout Voltage يأخذ المنظم ضـريبة مقدارها ٢ فولت حتى يعمل بكفاءة ولذلك يجب أن يتم أخذ هذه القيمة في الحسـبان وزيادة قيمة جهد الدخل للحصـول على جهد الخرج المطلوب بكفاءة عالية.
- ← قيمة Output Resistance وهي ٨ ملي أوم وكلما كانت أقل كانت أفضل حتى لا يسخن المنظم.
- ← قيمة short circuit current لو حدث short circuit عند جهد الخرج سـوف يخرج المنظم ٢ أمبير لأنه يعمل على تحديد التيار فلا نحصل على قيمة أعلى من ذلك.

← قيمة Average TC of Vout كل زيادة درجة حرارة ١ درجة مئوية يقل جهد الخرج بمقدار ٠,٦ ملي فولت.

يتحدد فولت الخرج بالرقمين الاخيرين xx مثلا:

7803 تخرج 3 فولت، 7805 تخرج 5 فولت، 7806 تخرج 6 فولت، 7809 تخرج 9 فولت، 7812 تخرج 12 فولت.

❖ **انواع منظم الجهد Types of voltage regulator**

1 .Linear regulators منظمات جهد خطية

Linear regulators are mainly step-down converters because they produce a lower output voltage compared to the input voltage. To do so, linear regulators use an active pass device controlled by a high-gain operational amplifier.

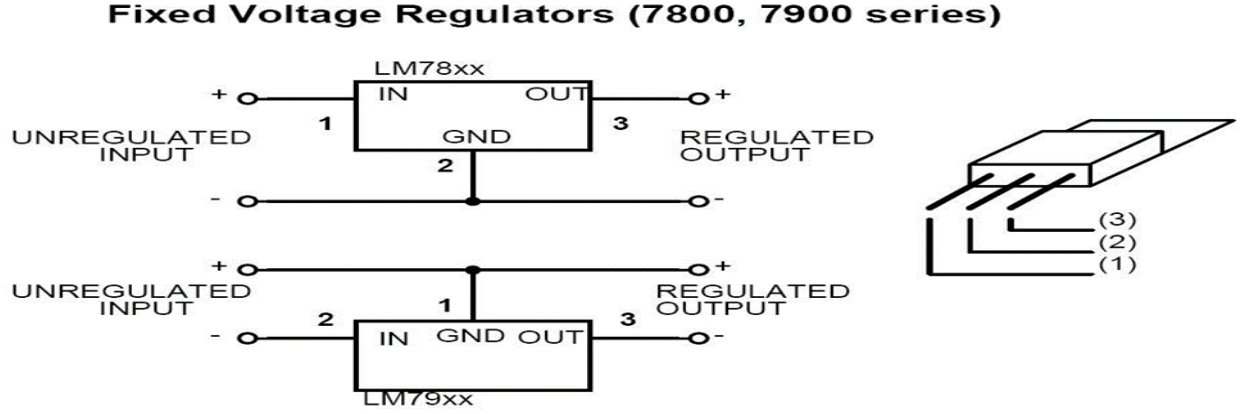
Compared to other types of regulators, linear regulators are cost-efficient, simple to design and reliable.

2 .Switching regulators منظمات جهد تبديلية (تحويلية)

Switching regulators can be step-down or step-up converters or a combination of the two hence more versatile than linear regulators

منظمات الجهد الخطية نوعين: ثابتة، متغيرة

منظمات الجهد الثابتة نوعين: موجبة الجهد 78xx، وسالبة الجهد 79xx



الجدول التالي يبين جهود منظمات الجهد الثابته:

IC Part Number	Output Voltage	Minimum V_I Required
7805	+5V	7.3V
7806	+6V	8.35V
7808	+8V	10.5V
7810	+10V	12.5V
7812	+12V	14.6V
7815	+15V	17.7V
7818	+18V	21V
7824	+24V	27.1V
7905	-5V	-7.3V
7906	-6V	-8.35V
7908	-8V	-10.5V
7910	-10V	-12.5V
7912	-12V	-14.6V
7915	-15V	-17.7V
7918	-18V	-21V
7924	-24V	-27.1V

مثال: منظم الجهد LM7805

7805 Voltage Regulator IC Specifications:

Minimum Input voltage is 7V

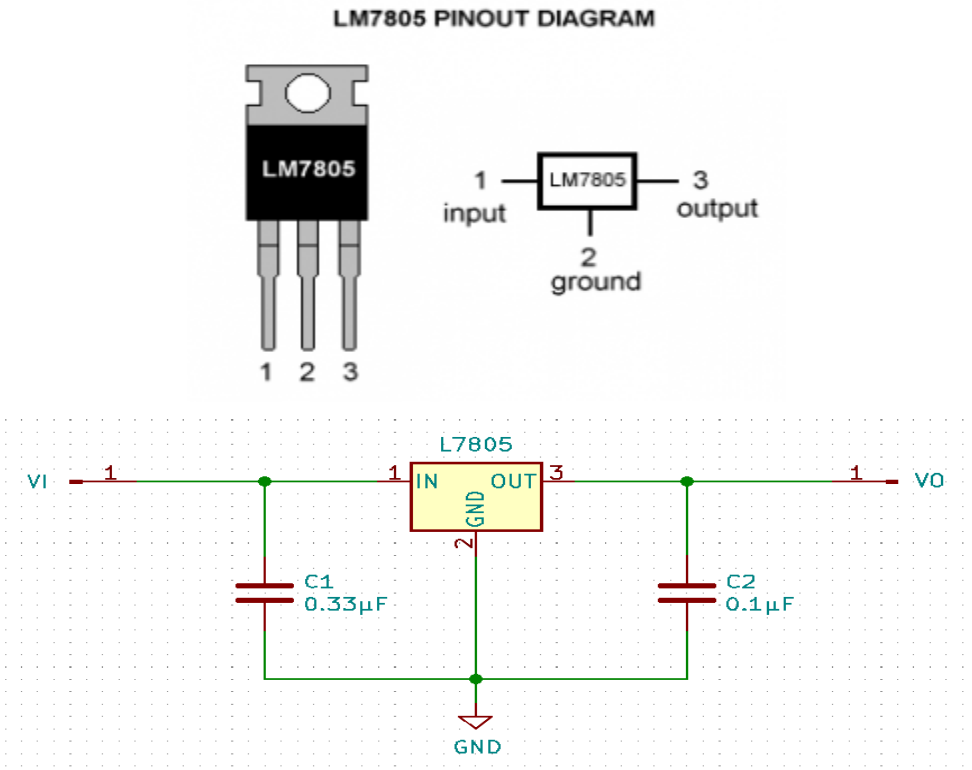
Maximum Input Voltage is 35V

Current rating Ic = 1A

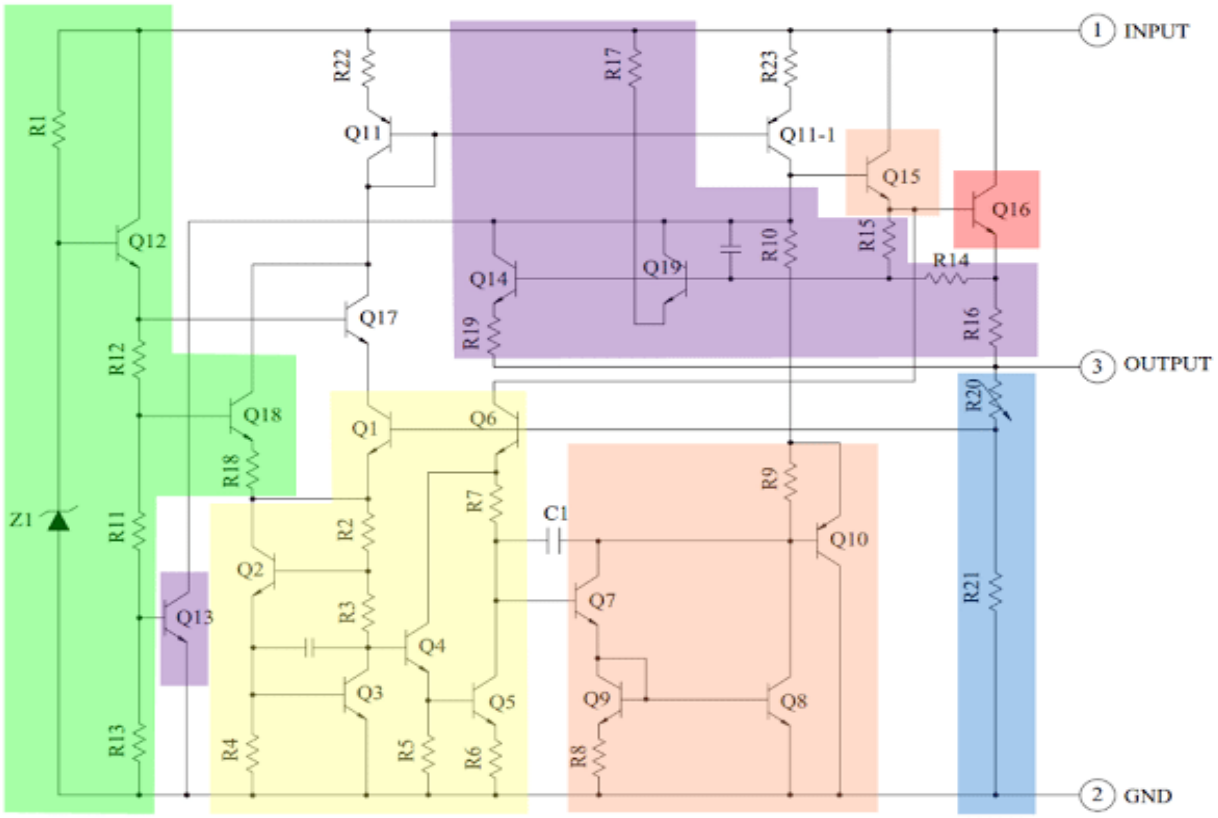
Maximum Output Voltage VMax=5.2V

Minimum Output Voltage VMin=4.8V

LM7805 Voltage Regulator Pinout:

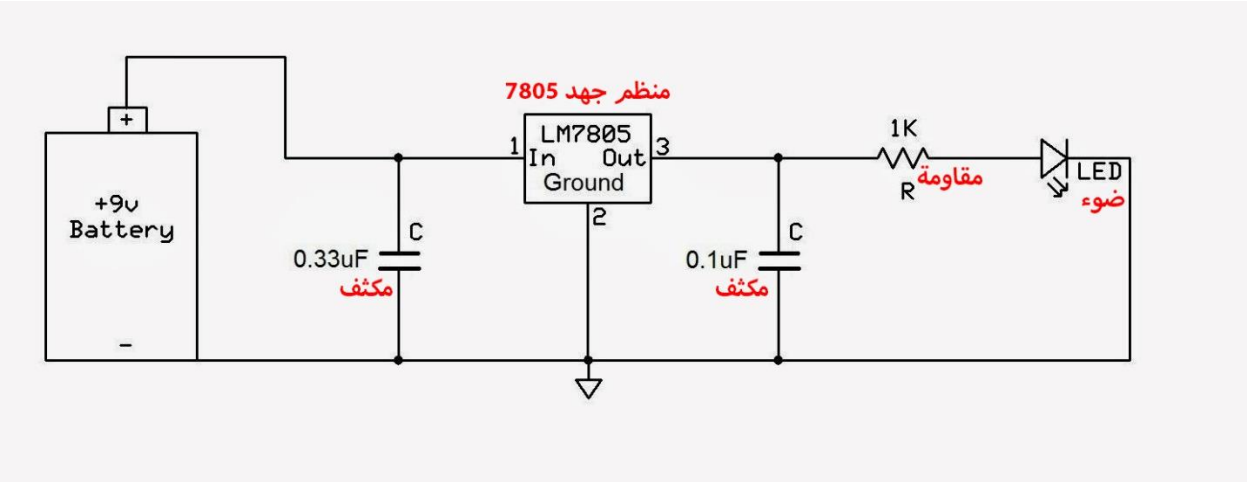


7805 Voltage Regulator IC Circuit

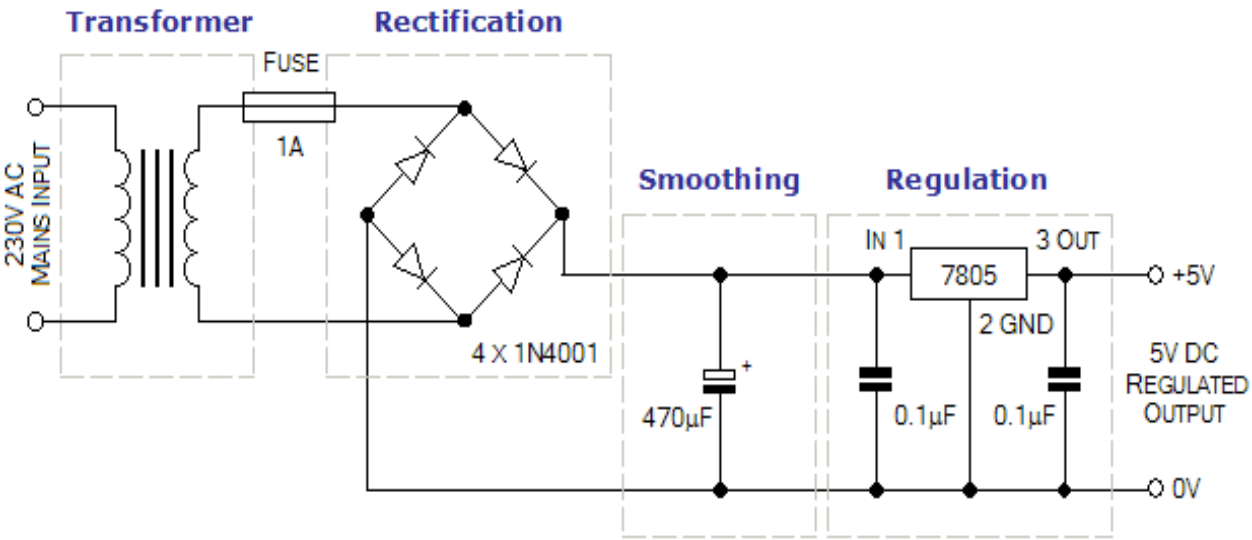


منظم الجهد في الدارات الإلكترونية:

مثال١: تنظيم وتثبيت جهد من بطارية ٩ فولت.



مثال ٢: دارة تحويل ٢٢٠ فولت متردد إلي ٥ فولت مستمر (مزود الطاقة Power supply).



References المراجع

أساسيات الهندسة الكهربية، د. يوسف فايز السعداوي، كلية الهندسة الزراعية، جامعة الأزهر ٢٠٢٣.

الطاقة المتجددة، د.يوسف فايز السعداوي، كلية الهندسة الزراعية، جامعة الأزهر ٢٠٢٣.

أساسيات الإلكترونيات للهندسة الزراعية، أ.د. محمد فايد عبد الفتاح خيري، كلية الهندسة الزراعية، جامعة الأزهر ٢٠١٩.

The Art of Electronics, Paul Horowitz & Winfield Hill, Cambridge University Press, 2015.

Basic electricity, technical learning collage, 2018.

Microelectronics, Jerry C. Whitaker, Taylor & Francis, 2008.

Teach Yourself Electricity and Electronics, Stan Gibilisco, McGraw-Hill, 2022

https://www.electronics-tutorials.ws/dccircuits/dcp_4.html

https://byjus.com/jee/inductor/

https://www.allaboutcircuits.com/

https://practicalee.com/inductors/

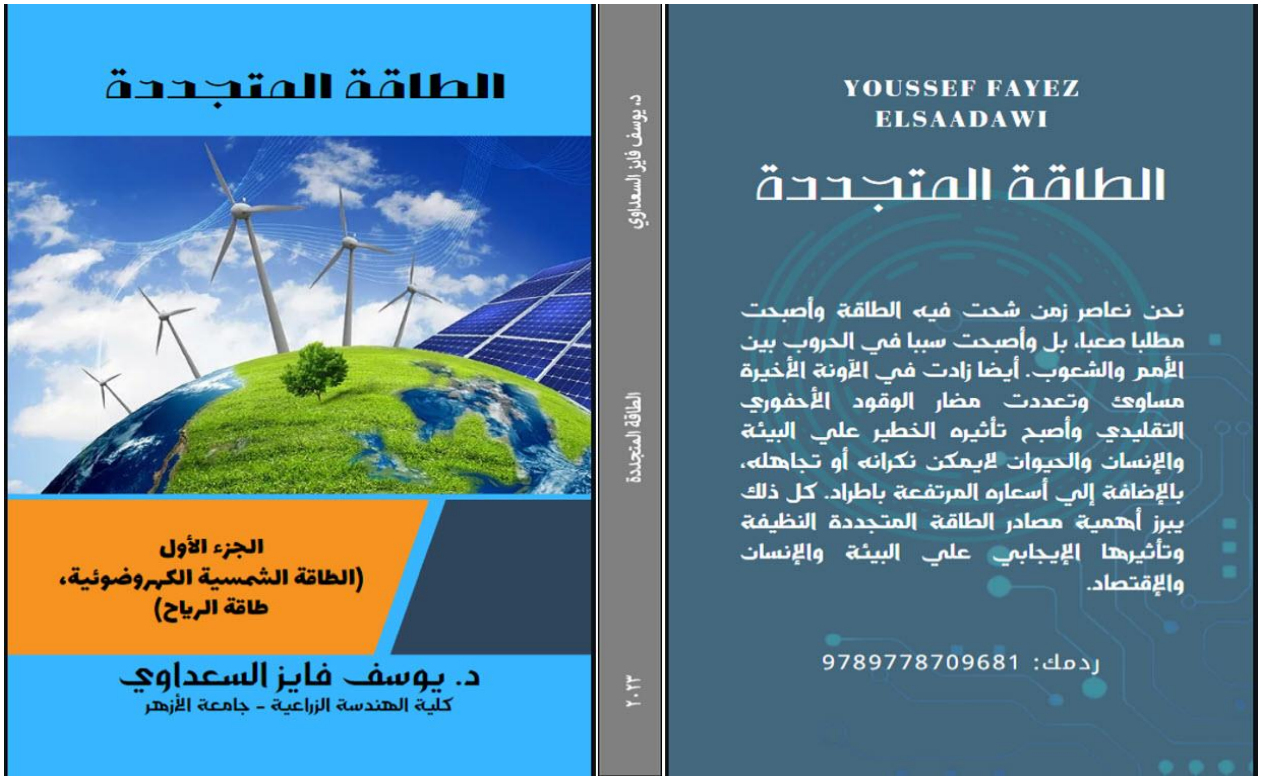
https://www.electrical4u.com/

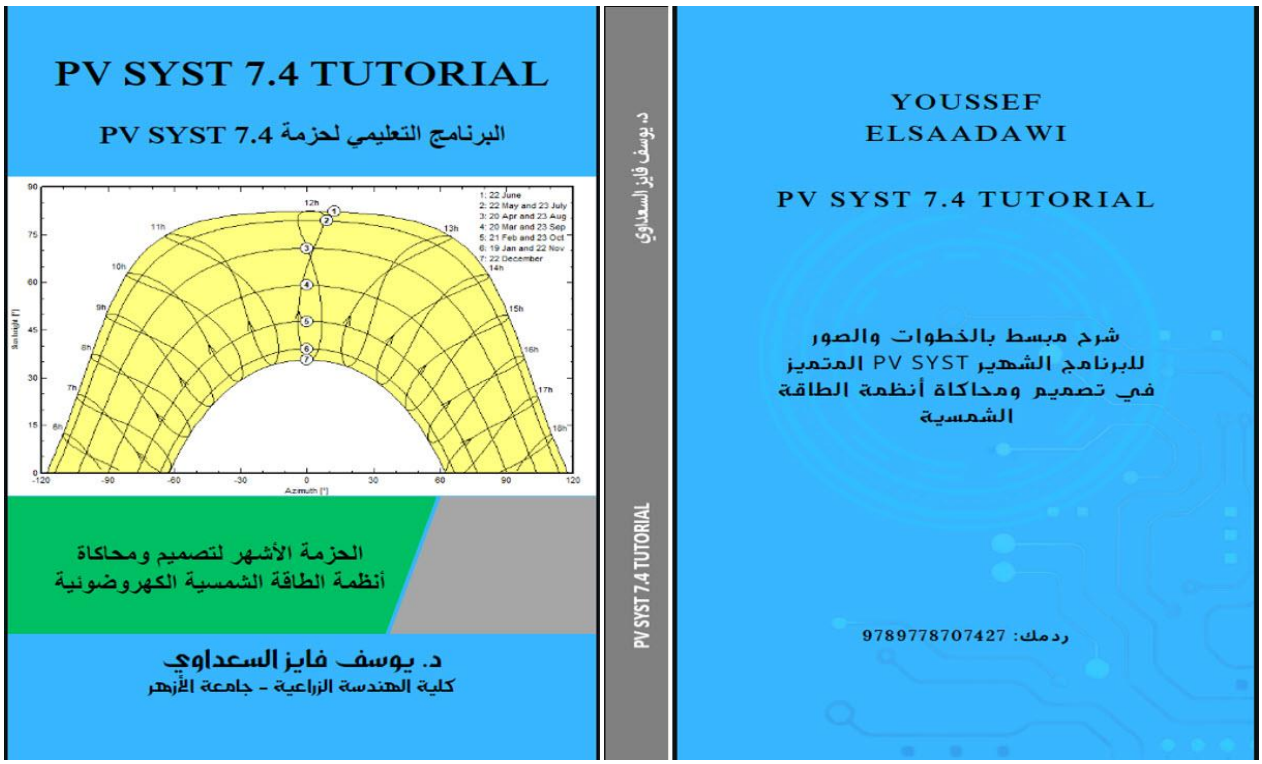
https://www.tutorialspoint.com/

https://www.withdiode.com/projects

https://www.voltiat.com/

كتب أخري للمؤلف:





YOUSSEF FAYEZ
ELSAADAWI

أساسيات الإلكترونيات

لا يخفي علي أحد أهمية ومدي انتشار الإلكترونيات في كل مجالات الحياة، سواء العلمية،الزراعية،الصناعية،الترفيهية،،،إلخ لذلك لابد من الإهتمام بتدريس وتعليم الإلكترونيات ولغات البرمجة للطلاب والدارسين في كل مراحل التعليم خاصة في الكليات العملية والتطبيقية.

رقم الإيـــداع بدار الكتب: 2024/8859 م

الترقيم الدولي (ISBN): 987-977-8802-13-9