



جامعة المنارة
قسم الهندسة المعلوماتية

الدارات الكهربائية والالكترونية

Electrical and Electronic Circuits

الدكتور المهندس

علاء الدين أحمد حسام الدين



المفاهيم الأساسية في الكهرباء

BASIC CONCEPTS

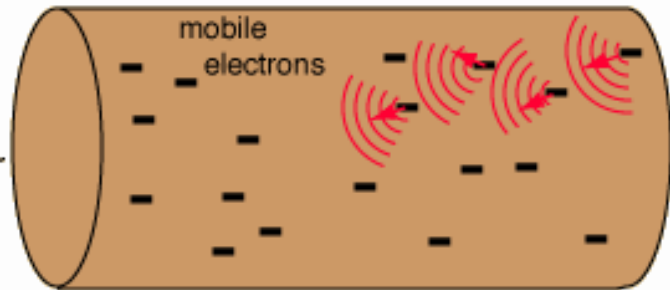
OF ELECTRICITY

الدارات الكهربائية والالكترونية

CEIC202

التيار الكهربائي Electric Current:

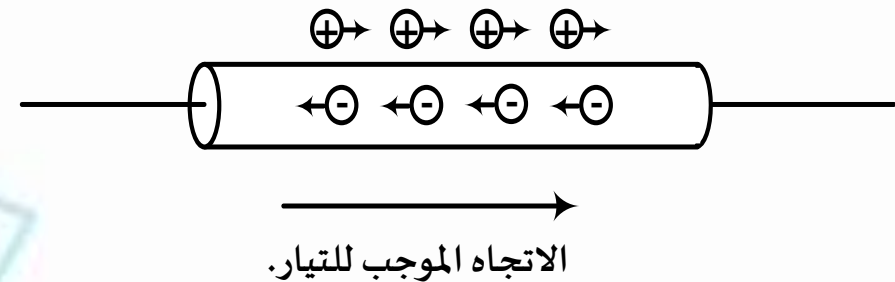
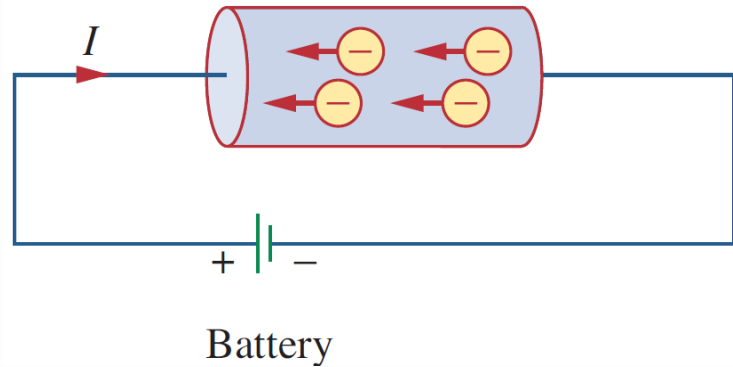
عندما نضع ناقلاً في حقل كهربائي تنتقل حوامل الشحنات المتحركة في الناقل تحت تأثير الحقل، مما يؤدي إلى تسوية الجهود في جميع نقاط الناقل. ولكن إذا حافظنا بطريقة ما بصورة اصطناعية على جهدين مختلفين في نقطتين من الناقل. في هذه الحالة ينشأ حقل داخل الناقل يسبب حركة مستمرة للشحنات. وتتحرك الشحنات الموجبة عند ذلك من النقاط ذات الجهد الكبير إلى النقاط ذات الجهد الصغير، بينما تتحرك الشحنات السالبة بالعكس. نسمي اتجاه حركة الشحنات الحرة في الناقل تحت تأثير قوى الحقل تياراً كهربائياً. ويعبر رياضياً عن التيار الكهربائي بأنه معدل سريان الشحنة بالنسبة للزمن، فالتيار الكهربائي يسري في ناقل ما عندما تنتقل شحنة q من نقطة إلى أخرى فيه.



$$i = \frac{dq}{dt} \Rightarrow [i] = \left[\frac{C}{s} \right] = [Ampere]$$

يقاس التيار بوحدة الأمبير [A].

اتُفق على أن يكون الاتجاه الموجب للتيار بشكل موافق لاتجاه سريان الشحنات الموجبة، أو عكس اتجاه سريان الشحنات السالبة كما في الشكل.



يكون لمفهوم التيار الموجب والسالب معنى عندما تتم مقارنة اتجاهه في الناقل مع اتجاه مرجعي يعتبر موجباً. ويتم اختيار الاتجاه الموجب للتيار بشكل افتراضي، ويُمثّل على شكل سهم في الدارة. فإذا كانت قيمة التيار المحسوبة وفق هذا الاتجاه الافتراضي موجبة فهذا يعني أن اتجاه التيار موافق للاتجاه المفترض الموجب. أما إذا كانت قيمة التيار الناتجة عن الحساب سالبة حسب الاتجاه الافتراضي المعتبر، فهذا يعني أن الاتجاه الموجب الصحيح للتيار هو عكس الاتجاه الافتراضي المعتمد.

يسمى التيار المتغير القيمة خلال الزمن تياراً متناوباً (Alternating Current (AC) والتيار الثابت القيمة مع الزمن تياراً مستمراً (Direct Current (DC).

كثافة التيار الكهربائي Current Density:

تمثل معدل سريان التيار بالنسبة لمساحة مقطع الناقل:

$$j = \frac{di}{dS} \Rightarrow [j] = \left[\frac{A}{m^2} \right]$$

يميز المقدار j سرعة نقل الشحنة في الناقل خلال وحدة المساحة من مقطعه العرضي.

عندما يكون سيل الشحنات موزعاً بانتظام على كامل المساحة S من مقطع الناقل تكون كثافة التيار هي:

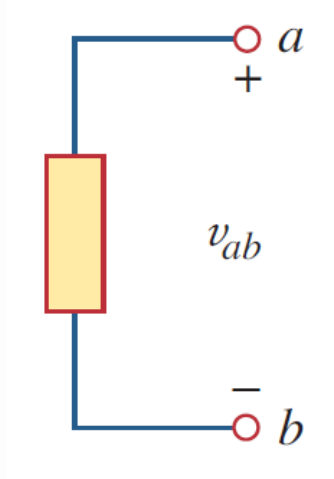
$$J = \frac{I}{S}$$

فرق الجهد Potential Difference:

يعبر فرق الجهد بين نقطتين v_{ab} عن العمل w اللازم لنقل واحدة الشحنة من إحدى هاتين النقطتين إلى الأخرى. واحده الفولت [V] [Volt]، الذي يعرف على أنه فرق الجهد بين نقطتين عندما يكون العمل مساوياً [Joule] 1 لنقل شحنة قيمتها [C] 1.

$$v_{ab} = \frac{dw}{dq}$$

$$[Volt] = \frac{[Joule]}{[Coulomb]} = \frac{[Newton \cdot meter]}{[Coulomb]}, \quad [V] = \frac{[J]}{[C]} = \frac{[N \cdot m]}{[C]}$$

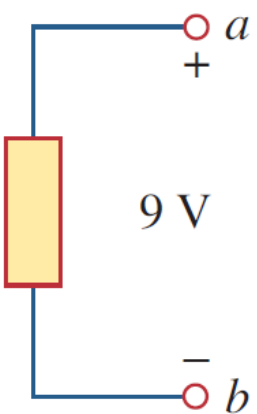


يبين الشكل تمثيل الجهد المطبق على عنصر موصول بين النقطتين a و b. يتم استخدام الإشارات (+) و (-) للتعبير عن الاتجاه المرجعي أو قطبية الجهد. ويمكن تفسير ذلك بطريقتين:

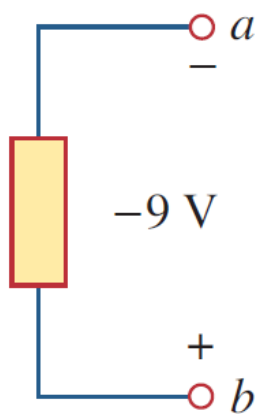
1. كمون النقطة a أعلى من كمون النقطة b.
2. كمون النقطة a بالنسبة للنقطة b هو v_{ab} .



وبالتالي يكون:
$$v_{ab} = -v_{ba}$$



(a)



(b)

على سبيل المثال لدينا تمثيلان لنفس الجهد: في الشكل (a) كمون النقطة a أعلى من كمون النقطة b، وفي الشكل (b) كمون النقطة a أقل من كمون النقطة b.

قانون أوم :Ohm's Law

تعطى علاقة كثافة التيار كما ذكرنا سابقاً بالعلاقة:

$$J = \frac{I}{S}$$

$$J \sim I \sim q \sim v \sim F \sim E$$

$$J \sim E \Rightarrow J = \gamma \cdot E$$

يسمى عامل التناسب γ (الناقلية النوعية Conductivity)، وهو يتعلّق بطبيعة المادة التي صنع منها الناقل، وكذلك بحرارة الناقل.

من جهة ثانية، يمكن أن نعبر عن شدة الحقل E وفق العلاقة:

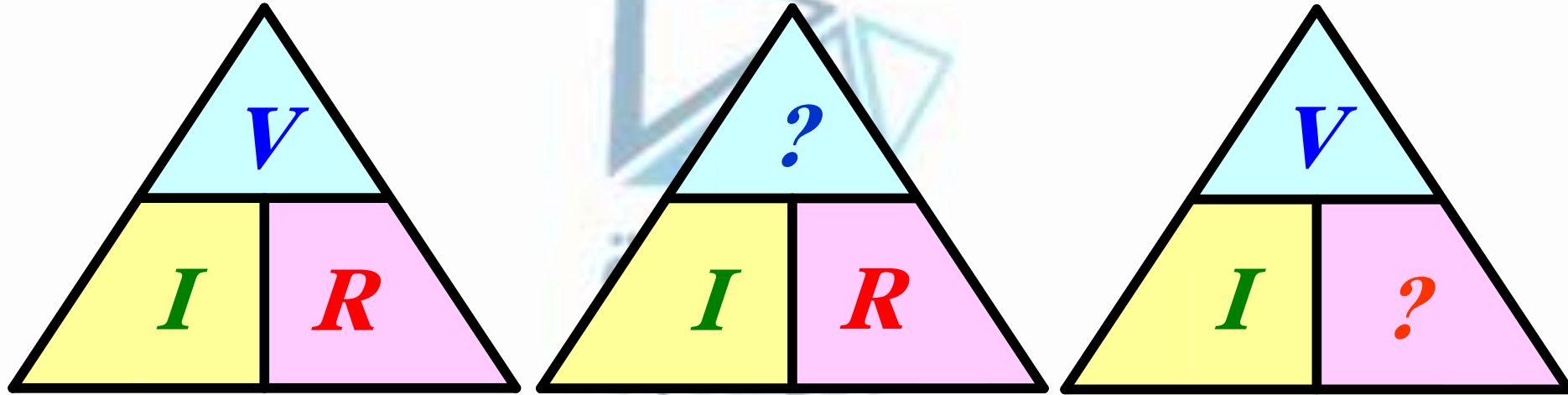
$$E = \frac{V}{l} = \frac{J}{\gamma} \Rightarrow J = V \cdot \frac{\gamma}{l}$$

نضرب الطرفين بمساحة مقطع الناقل S:

$$J \cdot S = V \cdot \frac{\gamma \cdot S}{l}$$

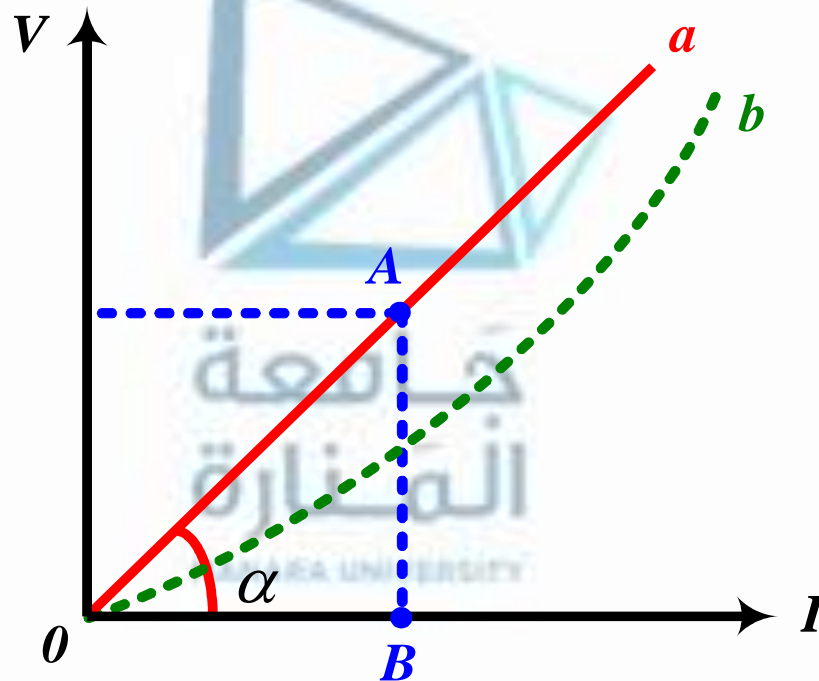
$$\Rightarrow I = V \cdot \frac{\gamma \cdot S}{l} = \frac{V}{R}$$

تسمى المقاومة الكهربائية للناقل (Resistance). $R = \frac{l}{\gamma \cdot S}$



مثلث قانون أوم.

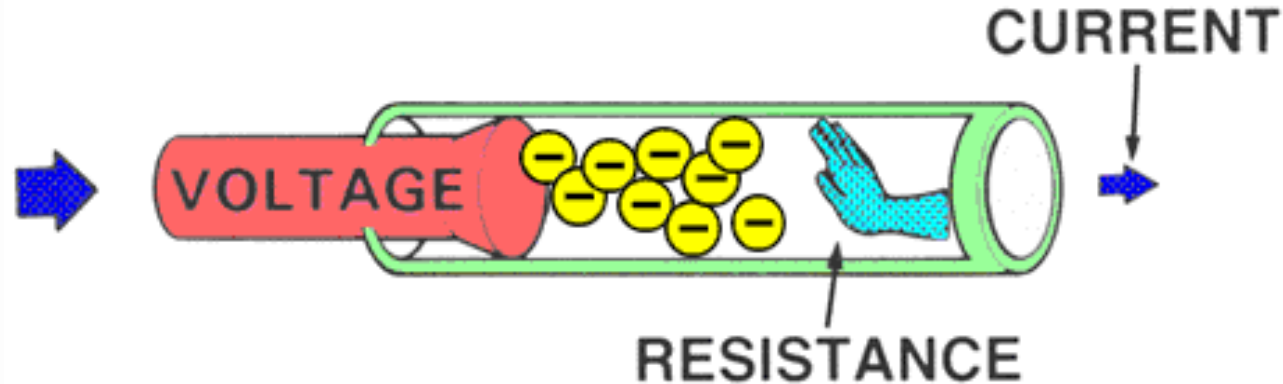
تسمى العلاقة بين الجهد والتيار بمميزة (الفولت-أمبير) والتي تُمثَل بالشكل، حيث تمثل المقاومة R ميل المستقيم.



مميزة الفولت-أمبير.

يُوضَّح مفهوم المقاومة من الناحية الفيزيائية كما يأتي: عند مرور التيار الكهربائي في الناقل، فإن الإلكترونات الحرّة المتحركة تصطدم بذرات أو جزيئات الناقل، مما يعيق حركتها. نعبّر عن هذه الإعاقة بمصطلح (مقاومة الناقل).

جامعة
المنارة

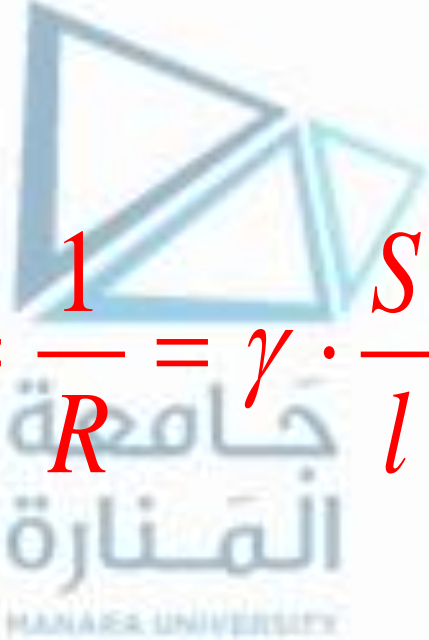


واحدة قياس المقاومة هي:

$$[R] = \frac{[V]}{[I]} = \frac{[Volt]}{[Ampere]} = [Ohm] \equiv [\Omega]$$

وتُعرّف واحدة الأوم بأنها مقاومة ناقل يمر فيه تيار مقداره (1 A) عند تطبيق جهد على طرفيه قيمته (1 V).

يسمى مقلوب المقاومة بالناقلية الكهربائية (Conductance) ويرمز لها بـ (G) أو (g)، وهي تعبر عن سماحية العنصر لمرور التيار الكهربائي.


$$G = \frac{1}{R} = \gamma \cdot \frac{S}{l} = \frac{I}{V}$$

واحدة قياس الناقلية هي:

$$[G] = \frac{1}{[R]} = \frac{1}{[\Omega]} \equiv [\Omega^{-1}] \equiv [mho] \equiv [Siemens (S)]$$

ومن جهة ثانية يسمّى مقلوب الناقلية النوعية γ بالمقاومة النوعية (Resistivity) ويرمز لها بالرمز ρ وهي كما الناقلية النوعية تتعلق بنوع وطبيعة مادة الناقل، وحرارة الناقل:

$$\rho = \frac{1}{\gamma}$$

$$R = \frac{l}{\gamma \cdot S} \Rightarrow R = \rho \cdot \frac{l}{S} \Rightarrow \rho = R \cdot \frac{S}{l}$$

واحدة قياس المقاومة النوعية هي:

$$[\rho] = [R] \cdot \frac{[S]}{[l]} = [\Omega] \cdot \frac{[m^2]}{[m]} = [\Omega \cdot m]$$

الاستطاعة والقدرة (الطاقة) :Power and Energy

تُعرّف الاستطاعة بأنها معدل تغيّر القدرة المنتقلة بالنسبة للزمن (القدرة في واحدة الزمن)، أي:

$$p = \frac{dW}{dt} = \frac{dW}{dq} \cdot \frac{dq}{dt} = v \cdot i$$

وهي قيمة جبرية تكون موجبة عند إشارة واحدة لكلٍ من الجهد والتيار وسالبة عند إشارة مختلفة لهما. إذا كانت الاستطاعة موجبة فإنها تعبر عن حالة استهلاكها في الدارة، بينما تعبر الاستطاعة السالبة على توليدها في الدارة وعودتها إلى منبع التغذية.

تُحسب القدرة المستهلكة خلال فترة زمنية من t_1 إلى t_2 بالعلاقة:

$$W = \int_{t_1}^{t_2} p \cdot dt \quad [Joul]$$

وخلافاً للاستطاعة التي يمكن أن تكون موجبة أو سالبة فإن القدرة المستهلكة لا يمكن أن تكون سالبة أبداً.

$$[P] = [V] \cdot [I] = [V] \cdot [A] \equiv [W]$$

واحدة الاستطاعة:

$$V = R \cdot I$$

حسب قانون اوم:

$$P = (R \cdot I) \cdot I = R \cdot I^2$$

بالتعويض في علاقة الاستطاعة:

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

حسب قانون اوم:

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

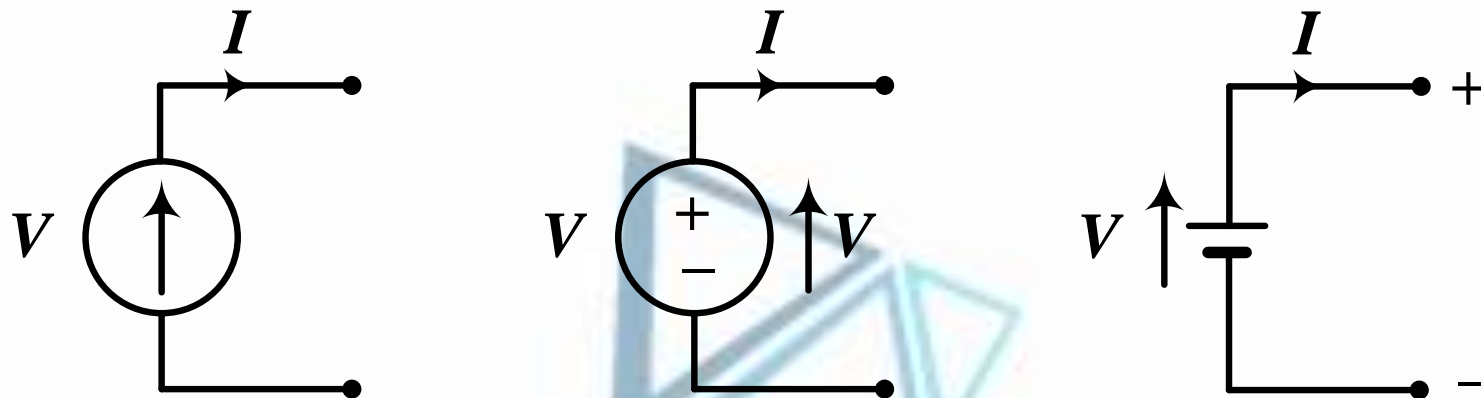
بالتعويض في علاقة الاستطاعة:

الدارة الكهربائية وعناصرها Electric circuit and its elements:

تُعرّف الدارة الكهربائية بأنها ارتباط مجموعة من الأجهزة والعناصر التي تشكّل مساراً للتيار الكهربائي. وتتكوّن الدارة من عناصر فعّالة (Active elements) (مصادر تغذية)، وعناصر غير فعّالة (Passive elements) (مستهلكو القدرة الكهربائية)، بالإضافة إلى عناصر التوصيل التي تربط المصادر مع المستهلكين.

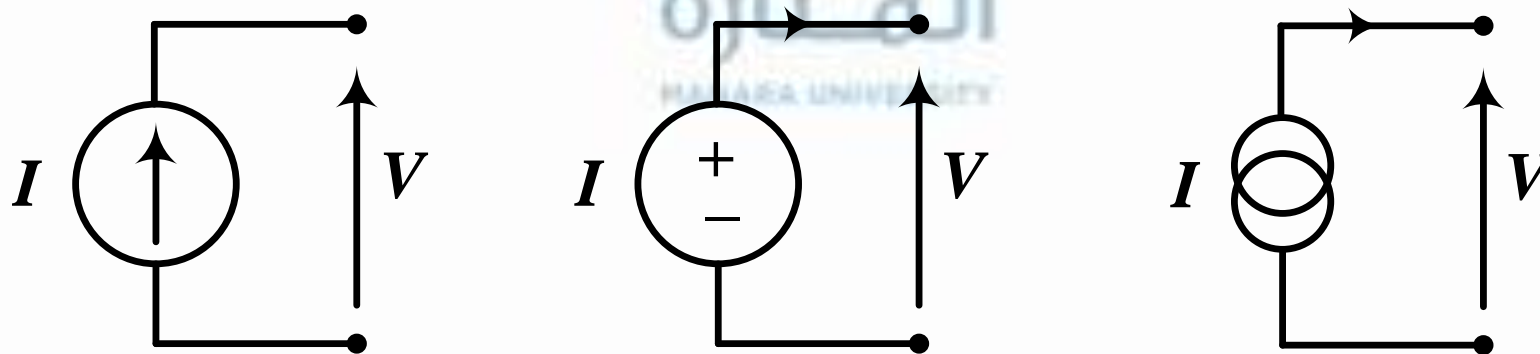
العناصر الفعّالة (مصادر التغذية): هي مصادر الجهد أو التيار التي تتم فيها عملية تحويل أي شكل من أشكال الطاقة (حرارية، كيميائية، ميكانيكية،...) إلى طاقة كهربائية. وهي تقسم إلى مصادر مستقلة (قيمتها لا تتأثر بالحمولة الموصولة على أطرافها)، ومصادر غير مستقلة (تتعلق قيمتها بتيار أو جهد جزء من الدارة الكهربائية).

منبع الجهد المستقل: هو عنصر فعال بقطبين، يتصف ببقاء فرق الجهد ثابتاً بين قطبيه، دون أن يتعلق بالتيار الصادر عنه. ويعرّف فرق الجهد هذا بالقوة المحركة الكهربائية (Electro-motive force).



تمثيل منابع الجهد المستقلة في الدارات الكهربائية.

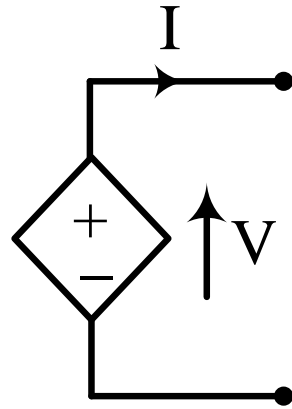
منبع التيار المثالي: هو عنصر فعال يعطي تياراً ثابتاً مهما يكن فرق الجهد بين قطبيه.



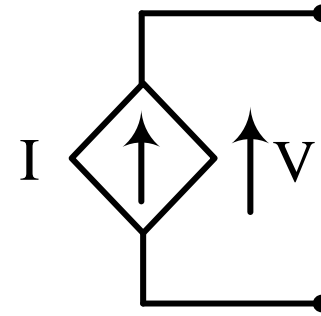
تمثيل منابع التيار المستقلة في الدارات الكهربائية.

المصادر غير المستقلة لها أربعة أنواع:

- ✓ مصدر جهد غير مستقل تابع لتيار ما.
- ✓ مصدر جهد غير مستقل تابع لجهد ما.
- ✓ مصدر تيار غير مستقل تابع لتيار ما.
- ✓ مصدر تيار غير مستقل تابع لجهد ما.

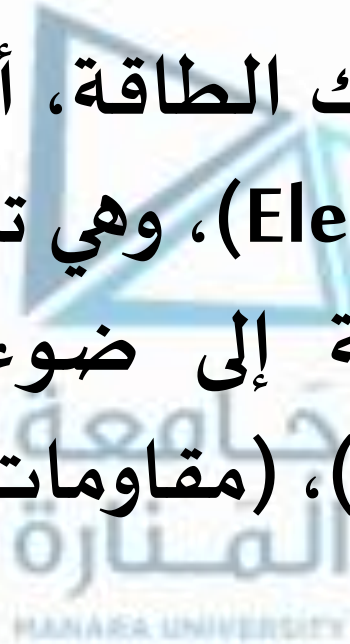


مصدر جهد غير مستقل



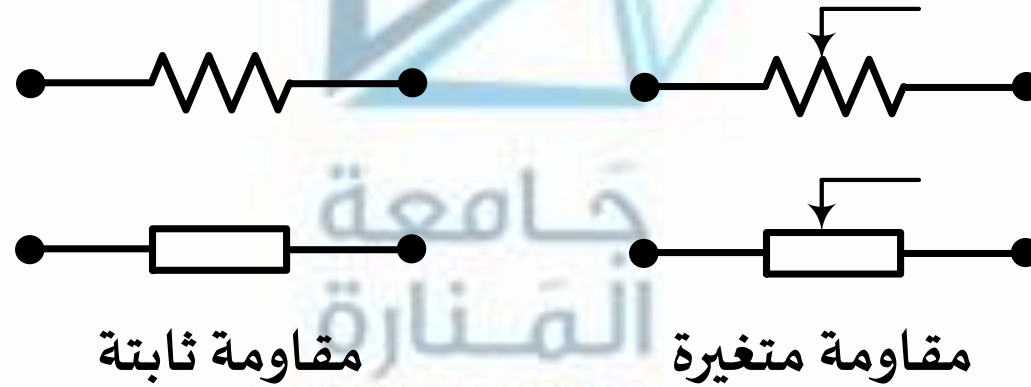
مصدر تيار غير مستقل

العناصر غير الفعّالة: تمثل مستهلك الطاقة، أي ما يسمّى الحمل الكهربائي أو الحمولة الكهربائية (Electric Load)، وهي تمثّل العناصر التي تحدث فيها عملية تحويل الطاقة الكهربائية إلى ضوء، حرارة، حركة ميكانيكية (المصابيح، السخانات، المحركات...)، (مقاومات، وشائع، مكثفات).



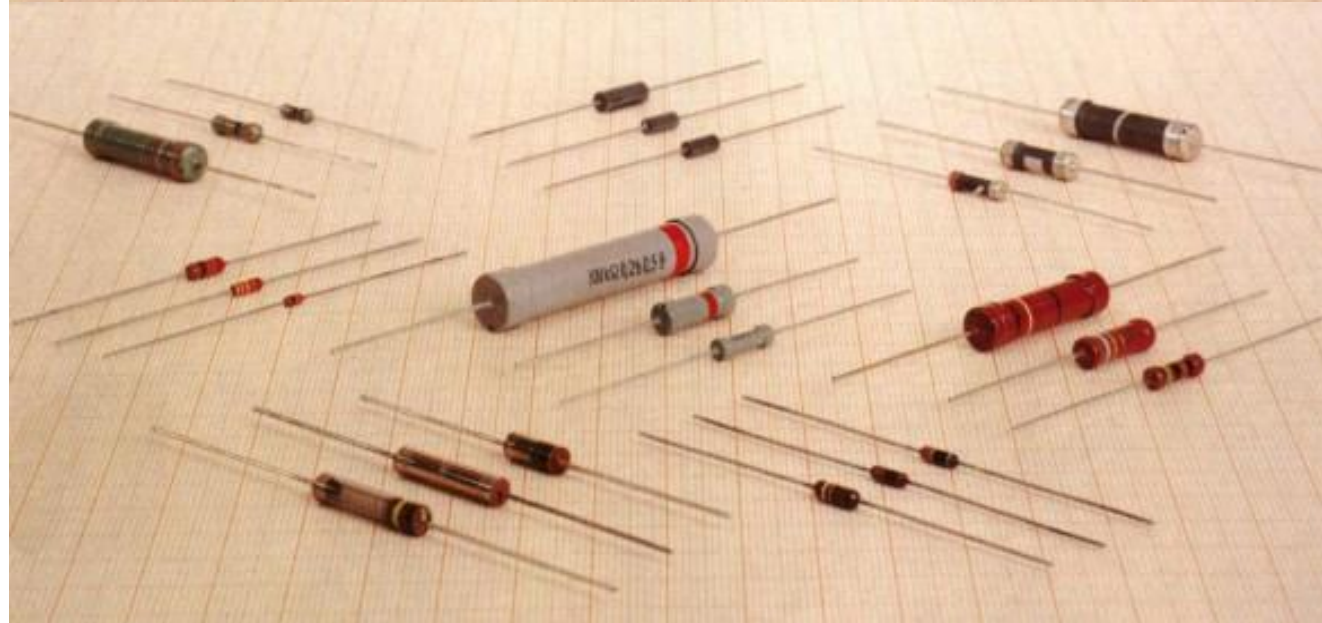
المقاومة Resistor:

هي عنصر يتلقى القدرة الكهربائية فيحولها إلى حرارة، وتعرف الخاصية المميزة لهذا العنصر بالمقاومة (Resistance) ويرمز لها بالرمز (R) أو (r)، حيث يُظهر الشكل نموذجين من المقاومة: ثابتة، ومتغيرة.



تقاس المقاومة بوحدة الأوم [Ω] Ohm

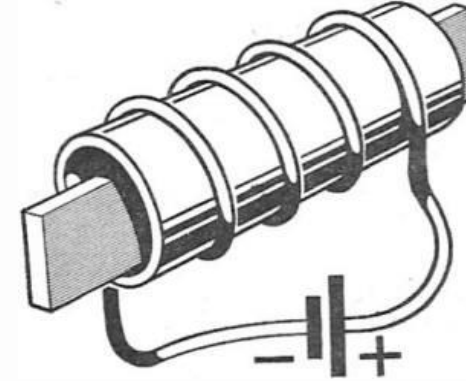
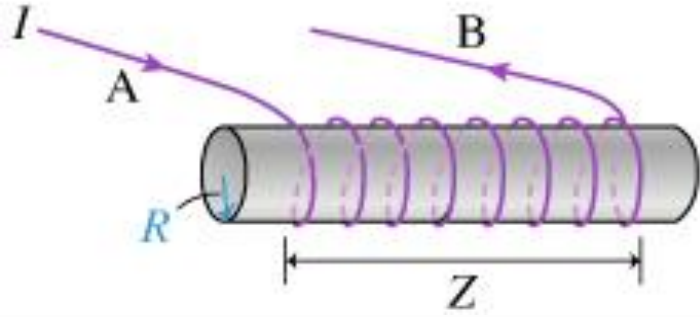
$$i = \frac{V}{R} , V = R \cdot i$$

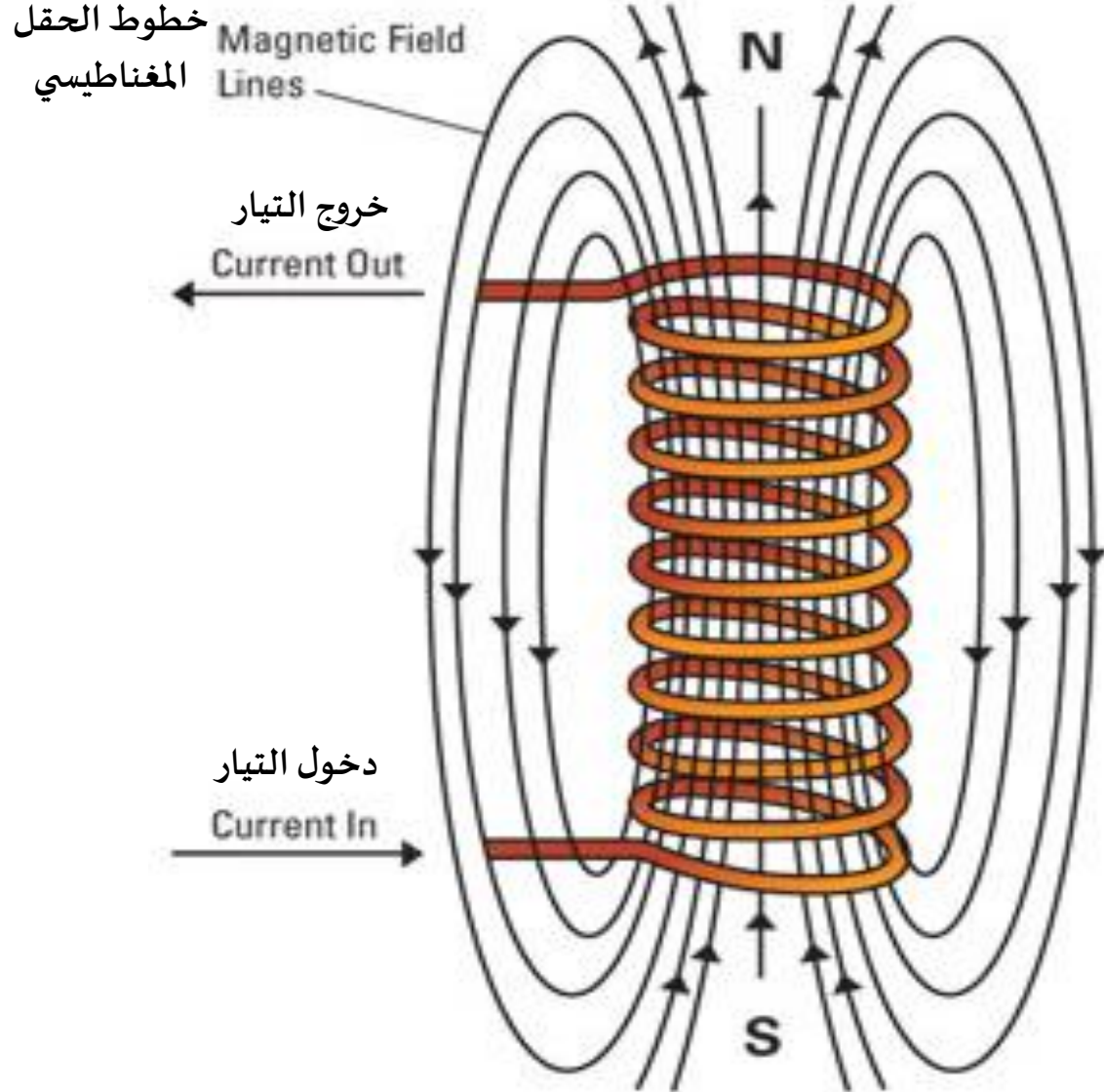


نماذج صناعية للمقاومة.

الوشية (الملف) (Coil or Inductor):

تخزن الوشية القدرة الكهربائية على شكل حقل مغناطيسي، وتعرف الخاصية المميزة لهذا العنصر بالتحريضية L ، Inductance، واحدها الهنري [Henry] [H]





$$V \sim \frac{di}{dt} \Rightarrow V = L \cdot \frac{di}{dt}$$

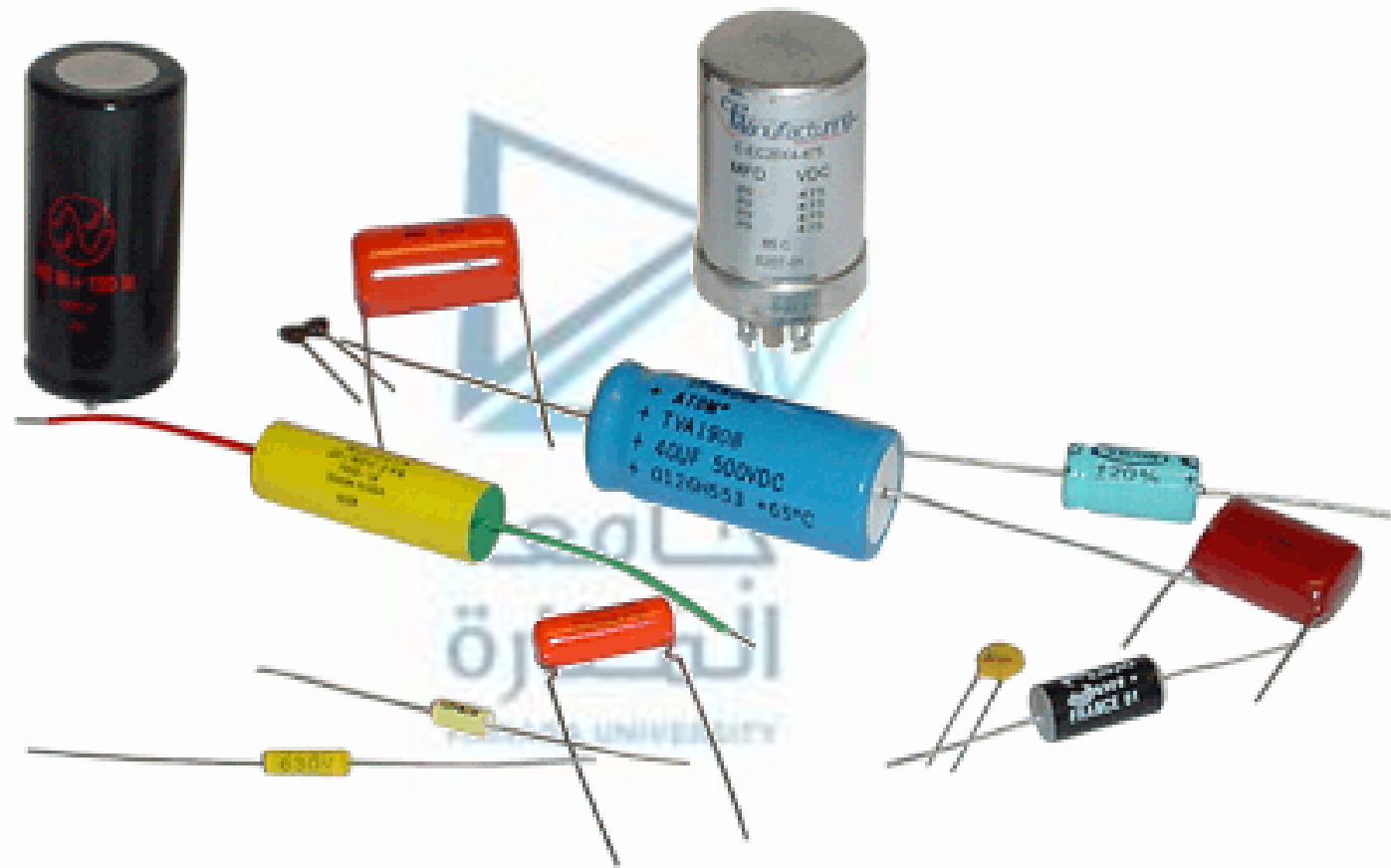
$$i = \frac{1}{L} \int v \cdot dt$$

المكثف Capacitor:

هو عنصر يخزن القدرة الكهربائية كحقل كهربائي بين لبوسيه، والخاصة التي تميز المكثف هي السعة [C] [Capacitance].

تقاس السعة بوحدة الفاراد [F] [Farad]، وأبسط أشكال المكثف عبارة عن صفيحتين معدنيتين متوازيتين يفصلهما عازل.

يسمى الناقلان اللذان تتجمع فيهما الشحنات بلوحي أو لبوسي المكثف. وتكون المسافة بينهما صغيرة بالمقارنة ببعديهما الخطيين. في هذه الحالة يكون الحقل الكهربائي لشحناتها متمركزاً بين اللبوسين، ولا تعتمد السعة الكهربائية للمكثف على الأجسام المحيطة. ويوضع المكثف داخل هيكل للحفاظ عليه من التأثيرات الميكانيكية.



تسمّى عملية تجميع الشحنات على لبوسي المكثّف (شحن المكثّف)، وتسمّى عملية تحييد شحنات المكثّف عند توصيل لبوسيه بناقل (تفريغ المكثّف). وتسمى كمية الكهرباء q التي تنتقل من أحد لبوسيه إلى الآخر أثناء تفريغ المكثّف شحنة المكثّف. تساوي هذه الشحنة كمية الكهرباء الموجودة على أحد لبوسي المكثّف المشحون، وهي تتناسب طردياً مع الجهد V بين لبوسي المكثّف. لذا يمكن التعبير عن السعة الكهربائية للمكثّف بالعلاقة:

$$q = C \cdot V \Rightarrow C = \frac{q}{V}$$

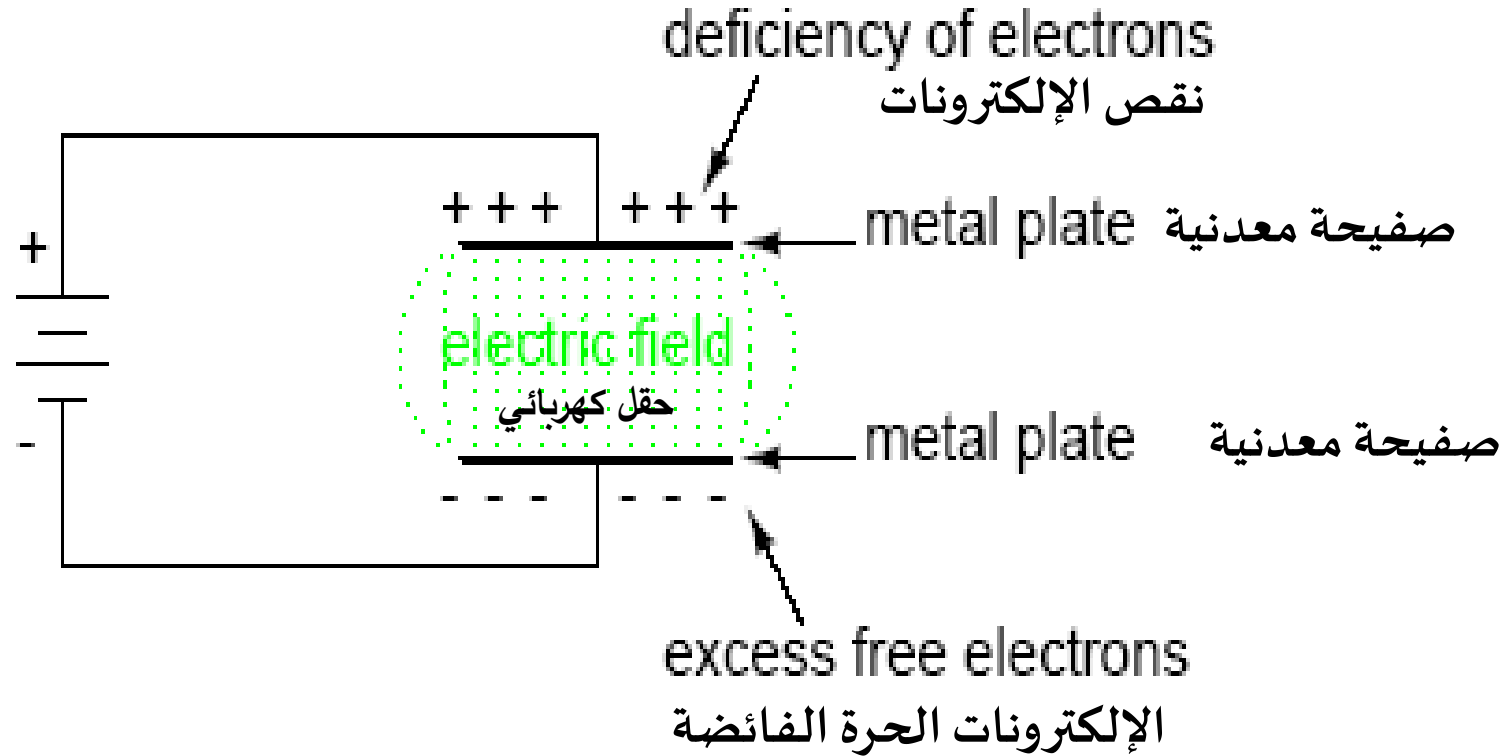
$$i = \frac{dq}{dt}, \quad v = \frac{1}{C} \int i \cdot dt$$

يُمثل المكثف في الدارات الكهربائية كما هو موضَّح بالشكل.



(a) مكثف متغيّر السعة ، (b) مكثف ثابت السعة.
تمثيل المكثف في الدارات الكهربائية.

بمجرد وصل أقطاب المكثف إلى بطارية فإن الشحنة الكهربائية تتدفق وتتجمع على سطح لبوسيه: الشحنات الموجبة على أحد اللبوسين والسالبة على الآخر، وذلك لأن كلا الشحنتين تحاول عبور العازل الفاصل لكي تنجذب إلى الشحنة الأخرى. وتبقى أطراف المكثف مشحونة حتى بعد فصل المكثف عن البطارية.



عندما يكون لبوسا المكثف عبارة عن سطحين مستويين فإنه يسمى مكثفاً مستوياً.

