

الدارات الكهربائية

الدكتور المهندس
علاء الدين أحمد حسام الدين

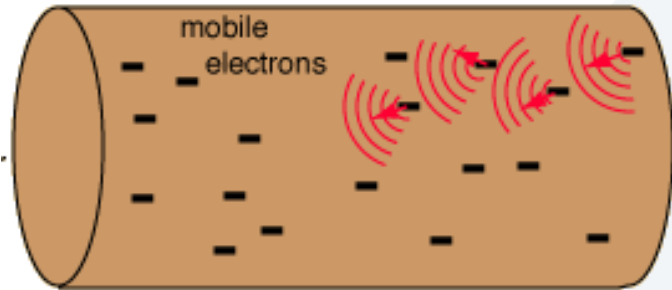


المفاهيم الأساسية في دارات التيار المستمر

Basics of DC Circuits

التيار الكهربائي Electric Current:

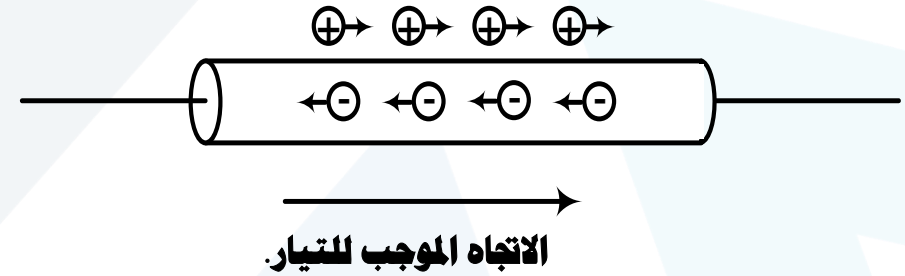
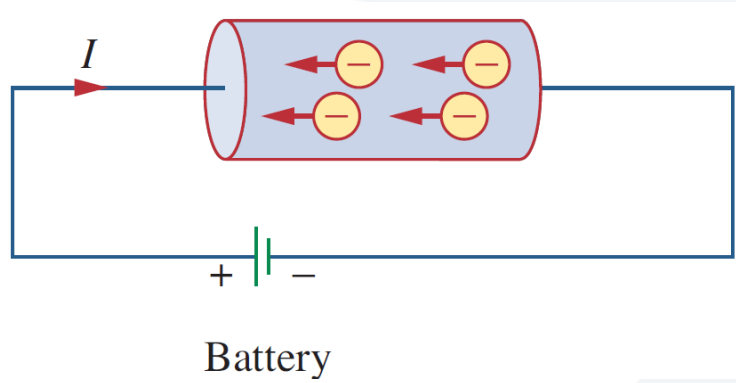
عندما نضع ناقلاً في حقل كهربائي تنتقل حوامل الشحنات المتحركة في الناقل تحت تأثير الحقل، مما يؤدي إلى تسوية الجهود في جميع نقاط الناقل. ولكن إذا حافظنا بطريقة ما بصورة اصطناعية على جهدين مختلفين في نقطتين من الناقل. في هذه الحالة ينشأ حقل داخل الناقل يسبب حركة مستمرة للشحنات. وتتحرك الشحنات الموجبة عند 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.



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

يقاس التيار بوحدة الأمبير [A].

اتَّفَق على أن يكون الاتجاه الموجب للتيار بشكل موافق لاتجاه سريان الشحنات الموجبة، أو عكس اتجاه سريان الشحنات السالبة.



يكون **لمفهوم التيار الموجب والسالب معنى** عندما تتم مقارنة اتجاهه في الناقل مع **اتجاه مرجعي يعتبر موجباً**. ويتم اختيار الاتجاه الموجب للتيار بشكل افتراضي، ويُمثَّل 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 (DC)** **.Current**

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:

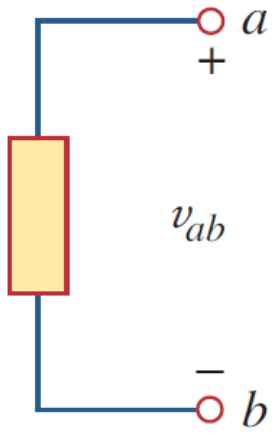
$$J = \frac{I}{S}$$

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.

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

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

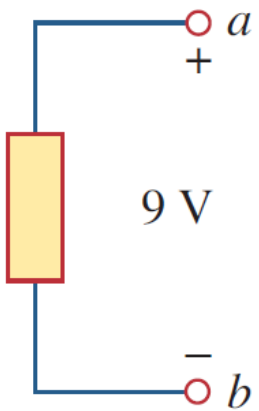


يبين الشكل تمثيل الجهد المطبق على عنصر موصول بين النقطتين **a** و **b**.
يتم استخدام الإشارات (+) و (-) للتعبير عن الاتجاه المرجعي أو قطبية الجهد.
ويمكن تفسير ذلك بطريقتين:

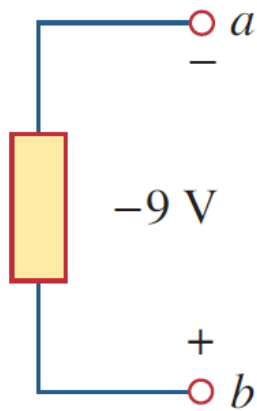
1. كمون النقطة **a** أعلى من كمون النقطة **b**.
2. كمون النقطة **a** بالنسبة للنقطة **b** هو v_{ab} .

$$V_{ab} = -V_{ba} \quad \text{وبالتالي يكون:}$$

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**.



(a)



(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 يتعلق بطبيعة المادة التي صنع منها الناقل، وكذلك بحرارة الناقل.

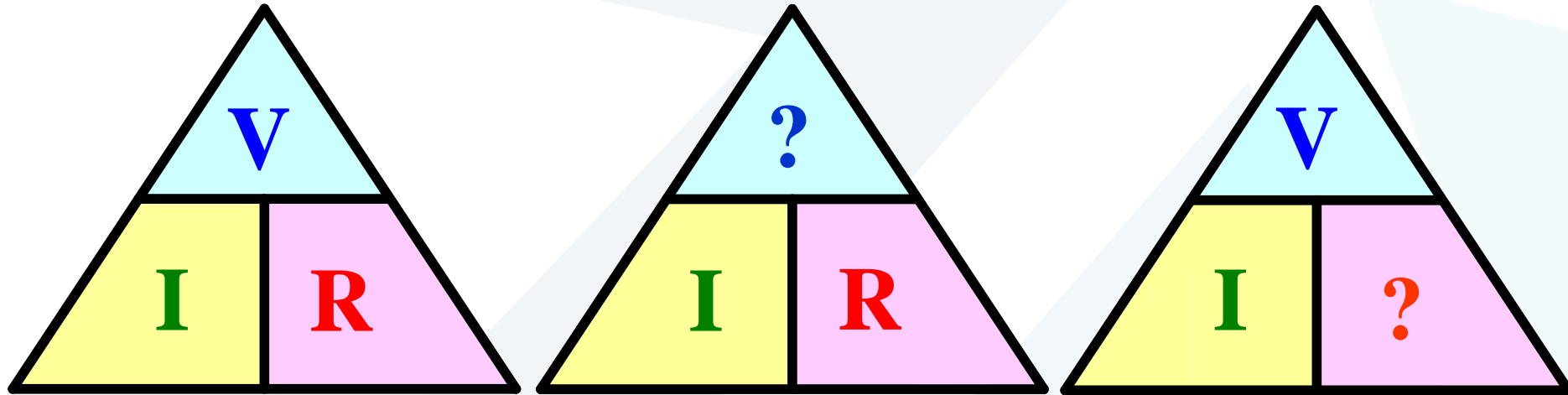
من جهة ثانية، يمكن أن نعبر عن شدة الحقل E وفق العلاقة:

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

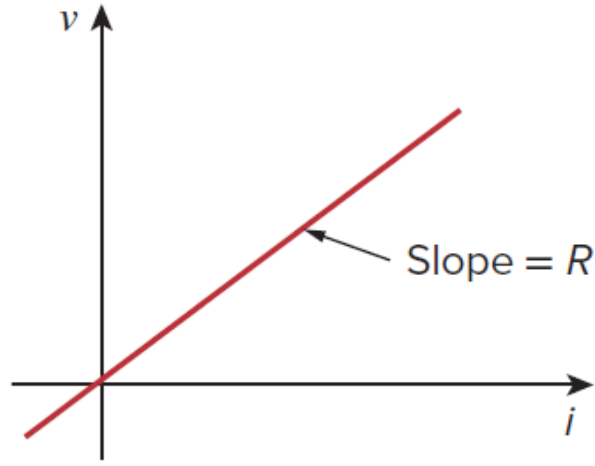
نضرب الطرفين بمساحة مقطع الناقل S :

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

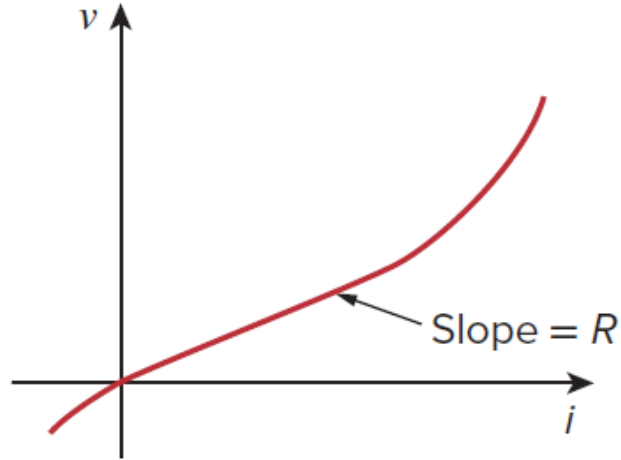
$R = \frac{l}{\gamma \cdot S}$ - تسمى المقاومة الكهربائية للناقل (Resistance).



مثلث قانون أوم.



(a)



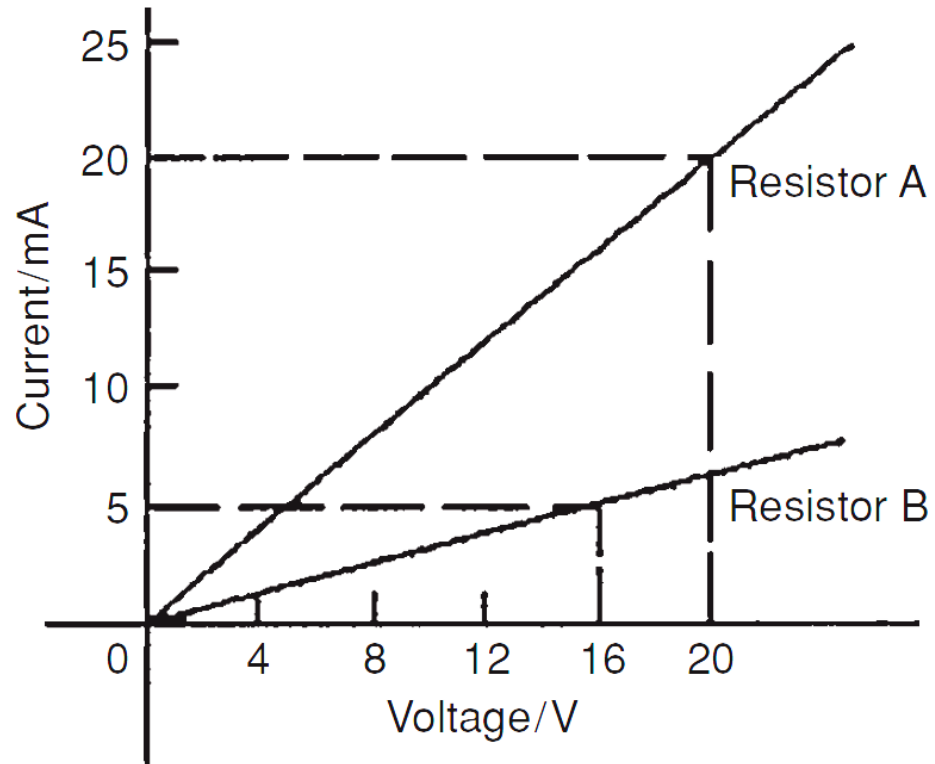
(b)

مميزة الفولت-أمبير.

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

تعرف المقاومة التي تخضع لقانون أوم بالمقاومة الخطية (الشكل a)، حيث تكون مميزة (الفولت-أمبير) مستقيم يمر من مبدأ الإحداثيات. أما المقاومة غير الخطية فهي لا تخضع لقانون أوم، حيث تختلف قيمتها تبعاً لقيمة التيار (الشكل b).

كمثال على المقاومات غير الخطية (المصباح الكهربائي، والصمام الثنائي). وبالرغم من أن جميع المقاومات العملية تبدي سلوكاً غير خطي في شروط محددة إلا أننا سنفرض في دراستنا أن جميع العناصر المدروسة هي مقاومات خطية.



إذا كانت مميزة (الفولت-أمبير) للمقاومتان A و B كما هو موضح بالشكل. احسب قيمة المقاومة لكل منهما.

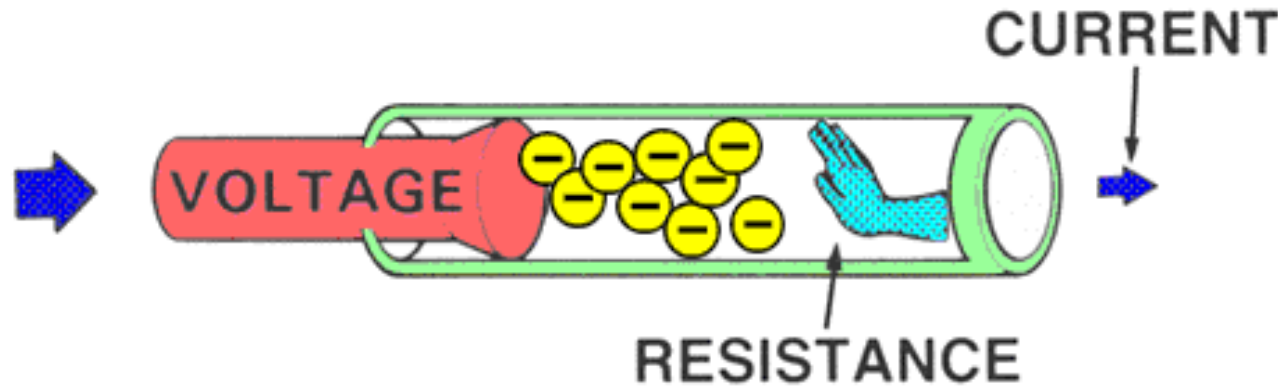
المقاومة A:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{20V}{20mA} = \frac{20}{20/1000} = 1000\Omega \text{ or } 1k\Omega$$

المقاومة B:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{16V}{5mA} = \frac{16}{5/1000} = 3200\Omega \text{ or } 3.2k\Omega$$

عند مرور التيار الكهربائي في الناقل، فإن الإلكترونات الحرّة المتحركة تصطدم بذرات أو جزيئات الناقل، مما يعيق حركتها. نعبر عن هذه الإعاقة بمصطلح (مقاومة الناقل).



واحدة قياس المقاومة هي:

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

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:

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

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:

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

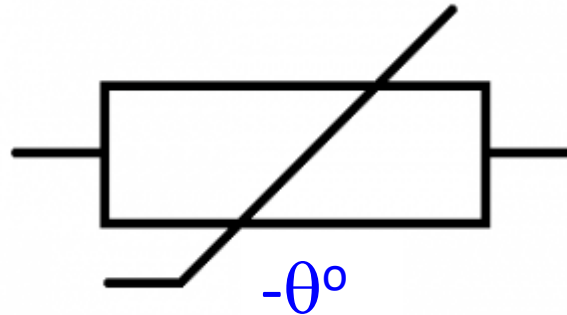
$$R = \frac{l}{\gamma \cdot S} \Rightarrow R = \rho \cdot \frac{l}{S} \Rightarrow \rho = R \cdot \frac{S}{l}$$

واحدة قياس المقاومة النوعية هي:

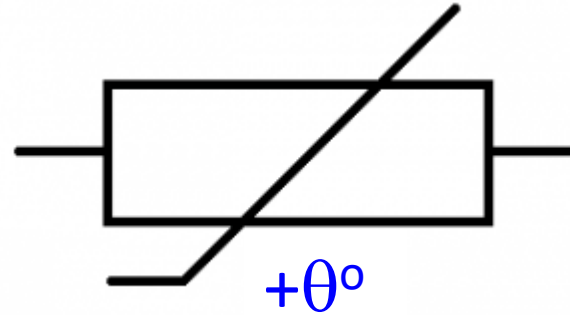
$$[\rho] = [R] \cdot \frac{[S]}{[l]} = [\Omega] \cdot \frac{[m^2]}{[m]} = [\Omega \cdot m]$$

يوجد مقاومات ذات معامل حراري سالب NTC،
ومقاومات ذات معامل حراري موجب PTC،
ومقاومات ضوئية.

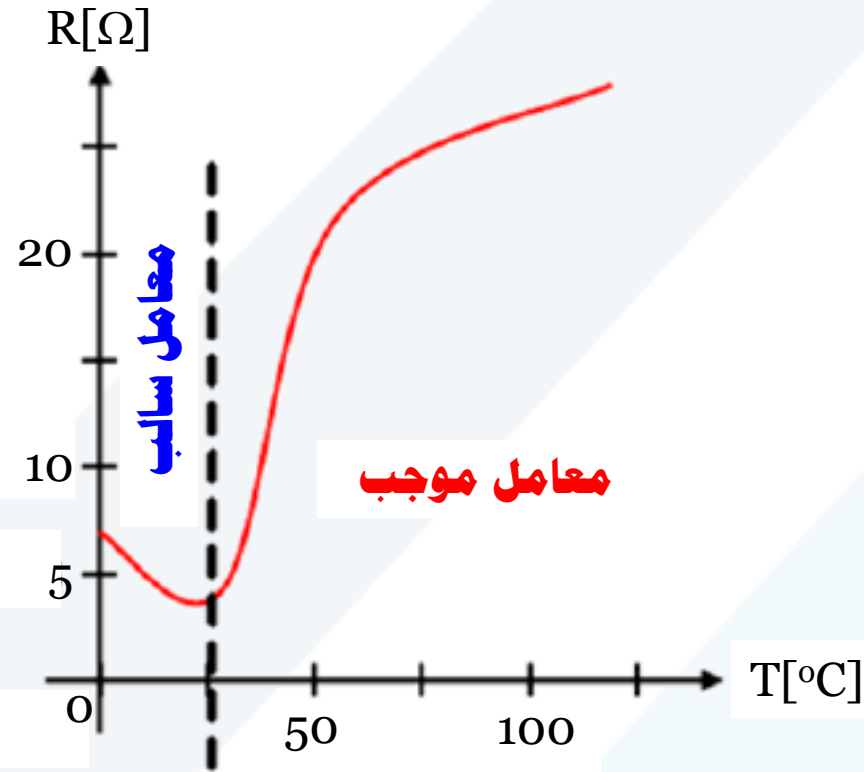
المقاومات ذات المعامل الحراري السالب NTC عبارة عن ثنائيات قطب تقل مقاومتها بزيادة درجة حرارتها، وتستخدم للحد من مرور تيار مفاجئ عند تشغيل بعض التجهيزات، ويمكن استخدامها كمجس حراري، ويرمز لها في الدارات الكهربائية بالرمز التالي:



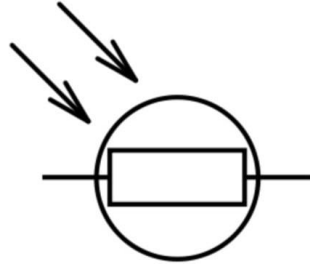
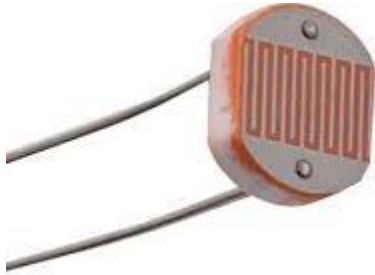
المقاومات ذات المعامل الحراري الموجب PTC عبارة عن ثنائيات قطب خطية تزداد مقاومتها بزيادة درجة الحرارة ضمن مجال كبير لدرجات الحرارة، وتستخدم عندما نريد وصول الجهد لمرحلة معينة في بداية التشغيل فقط كما في ملفات إزالة المغنطة مثلاً في التلفزيون، ويمكن استخدامها كمجس حراري، ويرمز لها في الدارات الكهربائية بالرمز التالي:



يمكن تمثيل أداء المقاومات وفق المنحني البياني التالي:



المقاومات الضوئية واحدة من أقدم العناصر الكهروضوئية، وهذه المقاومة تقل قيمتها بازدياد شدة الضوء الساقط عليها. تصنع من مواد حساسة للضوء مثل سلفيد الكادميوم، ويرمز لها بالرمز التالي:



تستطيع معظم المقاومات الضوئية ان تتحمل جهداً يتراوح بين 100-300V واستطاعتها العظمى تتراوح بين 30-300mW.

الاستطاعة والقدرة (الطاقة) :Power and Energy

تُعرّف الاستطاعة بأنها معدل تغير القدرة المنتقلة بالنسبة للزمن، أي: $p = \frac{dW}{dt} = \frac{dW}{dq} \cdot \frac{dq}{dt} = v \cdot i$

وهي قيمة جبرية تكون موجبة عند إشارة واحدة لكل 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: $W = \int_{t_1}^{t_2} p \cdot dt$ [Joul]

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

$$P = V \cdot I \text{ [W]}$$

واحدة الاستطاعة هي [Watt]:

$$P = (I \times R) \times I = I^2 \times R \text{ [W]}$$

حسب قانون أوم $V=I.R$ ، وبالتعويض في قانون الاستطاعة نجد:

$$P = V \times \frac{V}{R} = \frac{V^2}{R} \text{ [W]}$$

حسب قانون أوم $I=V/R$ ، وبالتعويض في قانون الاستطاعة نجد:

القوانين الأساسية في الدارات الكهربائية

BASIC LAWS ELECTRICAL CIRCUITS

Circuit Elements عناصر الدارة

There are two types of elements found in electric circuits: *passive* elements and *active* elements. An active element is capable of generating energy while a passive element is not.

Examples of passive elements are resistors, capacitors, and inductors. Typical active elements include generators, batteries, and operational amplifiers.

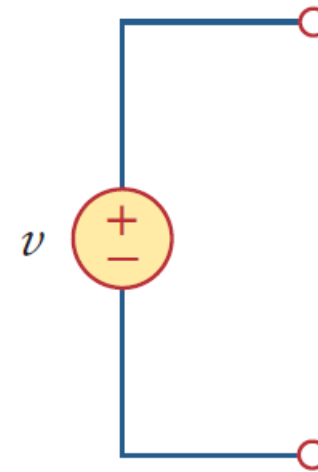
The most important active elements are voltage or current sources that generally deliver power to the circuit connected to them. There are two kinds of sources: independent and dependent sources.

العناصر الفعّالة (مصادر التغذية): هي مصادر الجهد أو التيار التي تجري فيها عملية تحويل أي شكل من أشكال الطاقة (حرارية، كيميائية، ميكانيكية، ...) إلى طاقة كهربائية. وهي تقسم إلى مصادر مثالية، ومصادر غير مثالية (عملية):

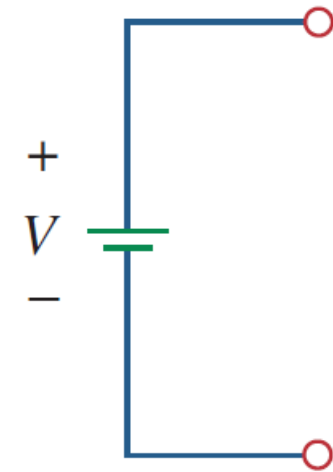
An ideal independent source is an active element that provides a specified voltage or current that is completely independent of other circuit elements.

In other words, an ideal independent voltage source delivers to the circuit whatever current is necessary to maintain its terminal voltage.

Physical sources such as batteries and generators may be regarded as approximations to ideal voltage sources. Figure shows the symbols for independent voltage sources.



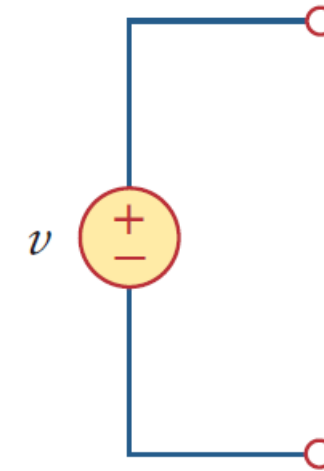
(a)



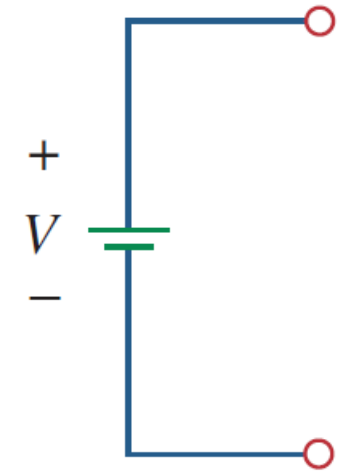
(b)

Notice that both symbols in Fig. (a) and (b) can be used to represent a dc voltage source, but only the symbol in Fig. (a) can be used for a time-varying voltage source.

Similarly, an ideal independent current source is an active element that provides a specified current completely independent of the voltage across the source.



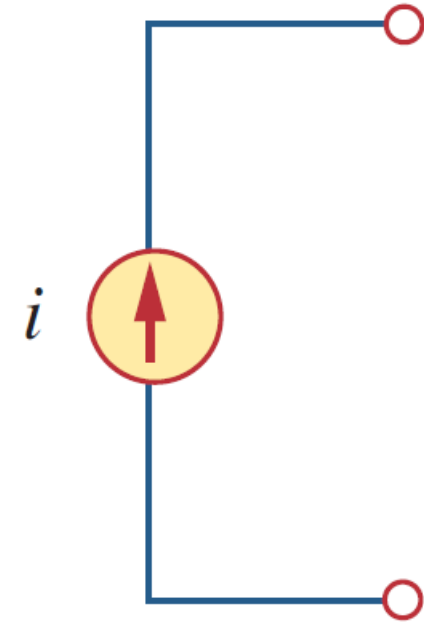
(a)



(b)

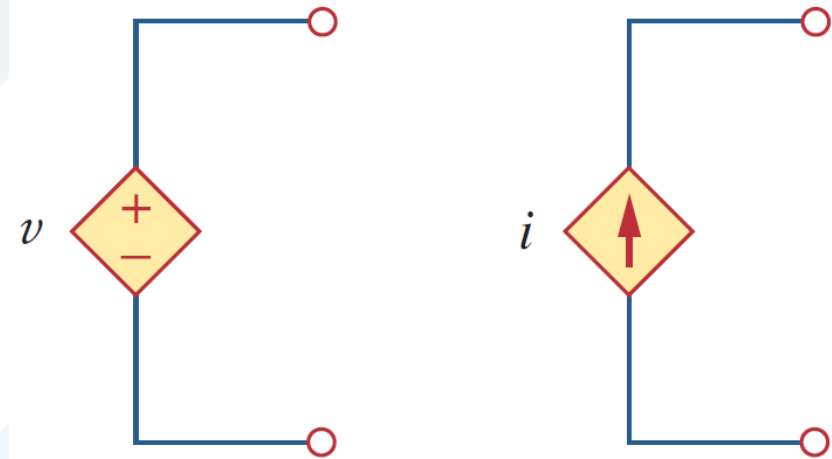
That is, the current source delivers to the circuit whatever voltage is necessary to maintain the designated current.

The symbol for an independent current source is displayed in Fig. where the arrow indicates the direction of current i .



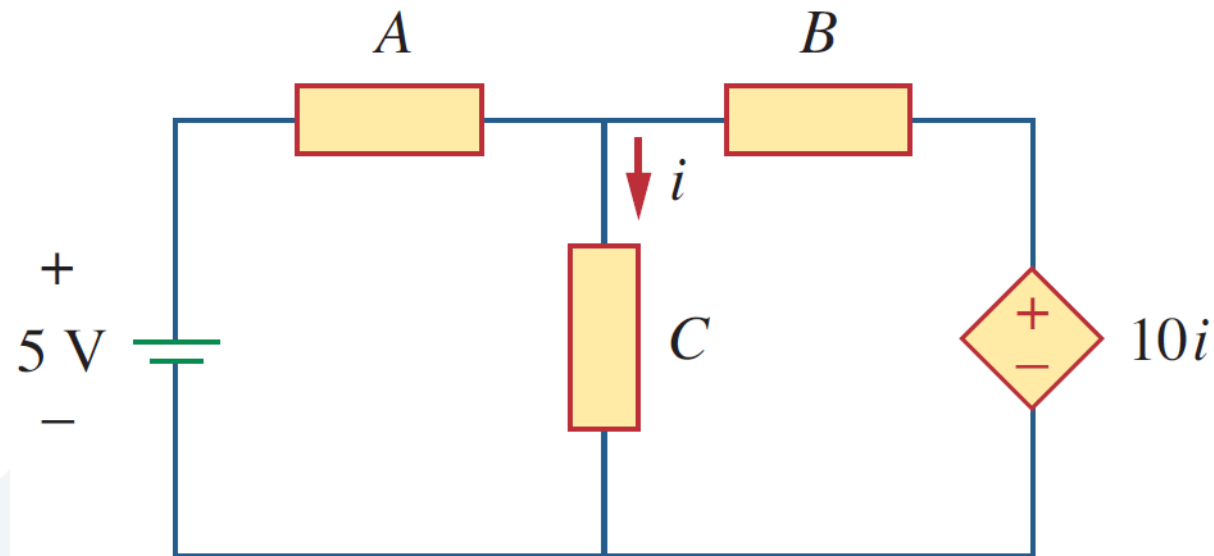
An ideal dependent (or controlled) source is an active element in which the source quantity is controlled by another voltage or current.

Dependent sources are usually designated by diamond-shaped symbols, as shown in Fig. Since the control of the dependent source is achieved by a voltage or current of some other element in the circuit, and the source can be voltage or current, it follows that there are four possible types of dependent sources, namely:

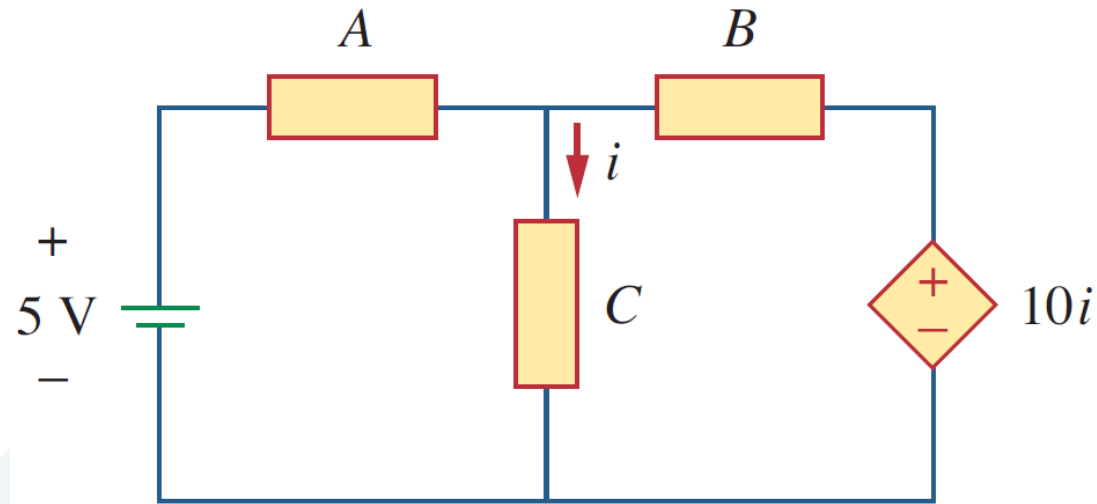


1. A voltage-controlled voltage source (**VCVS**).
2. A current-controlled voltage source (**CCVS**).
3. A voltage-controlled current source (**VCCS**).
4. A current-controlled current source (**CCCS**).

Dependent sources are useful in modeling elements such as transistors, operational amplifiers, and integrated circuits. An example of a current-controlled voltage source is shown on the right-hand side of Fig. where the voltage $10i$ of the voltage source depends on the current i through element C .



It's surprising that the value of the dependent voltage source is $10i$ V (and not $10i$ A) because it is a voltage source. The key idea to keep in mind is that a voltage source comes with polarities (+ -) in its symbol, while a current source comes with an arrow, irrespective of what it depends on.



It should be noted that an ideal voltage source (**dependent or independent**) will produce any current required to ensure that the terminal voltage is as stated, whereas an ideal current source will produce the necessary voltage to ensure the stated current flow. Thus, an ideal source could in theory supply an infinite amount of energy. It should also be noted that not only do sources supply power to a circuit, they can absorb power from a circuit too. For a voltage source, we know the voltage but not the current supplied or drawn by it. By the same token, we know the current supplied by a current source but not the voltage across it.

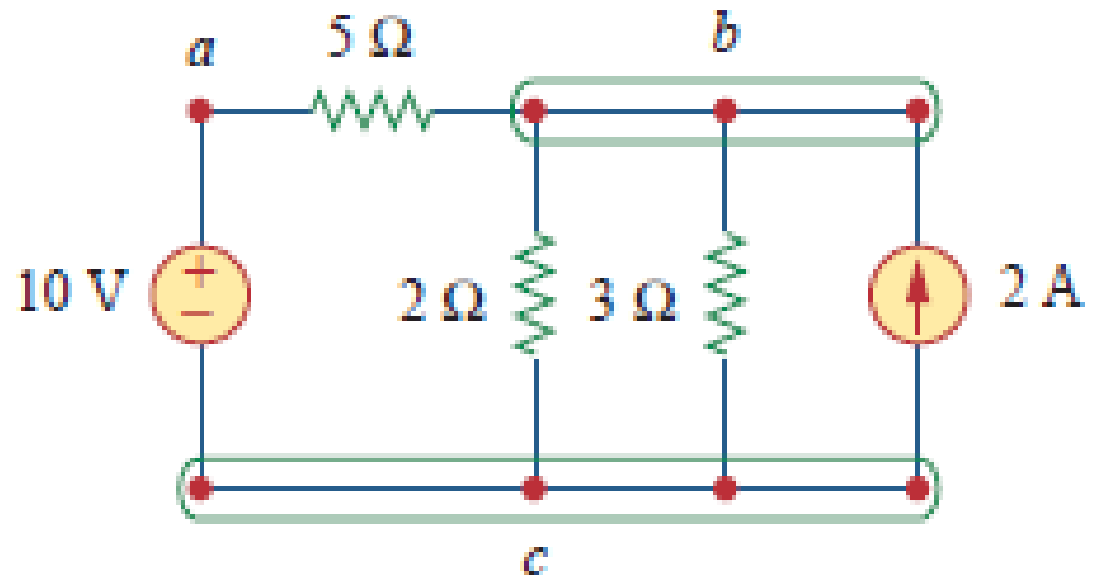
العقد، الفروع، الحلقات:

نظراً لأن عناصر الدارة الكهربائية يمكن أن تكون مترابطة بعدة طرق، فنحن بحاجة إلى فهم بعض المفاهيم الأساسية لبنية الشبكة (Network Topology).

فرع الدارة Branch: يمثل عنصراً واحداً مثل منبع الجهد أو المقاومة. الفروع الموصولة مع زوج من العقد تسمى فروعاً تفرعية (**وصل تفرعي**).

A **branch** represents a single element such as a voltage source or a resistor.

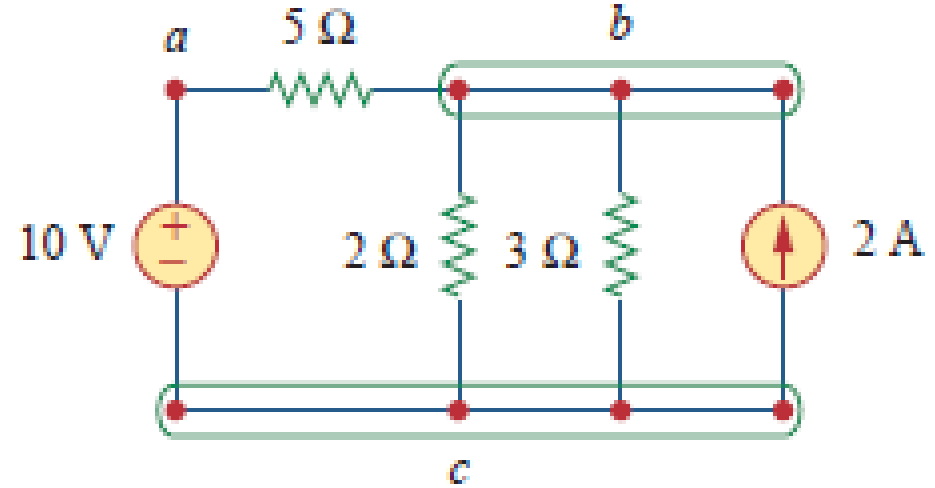
In other words, a branch represents any two-terminal element. The circuit in Fig. has five branches, namely, the 10-V voltage source, the 2-A current source, and the three resistors.



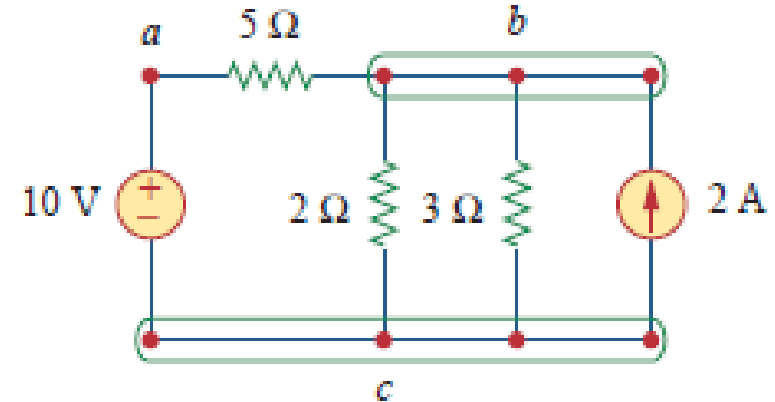
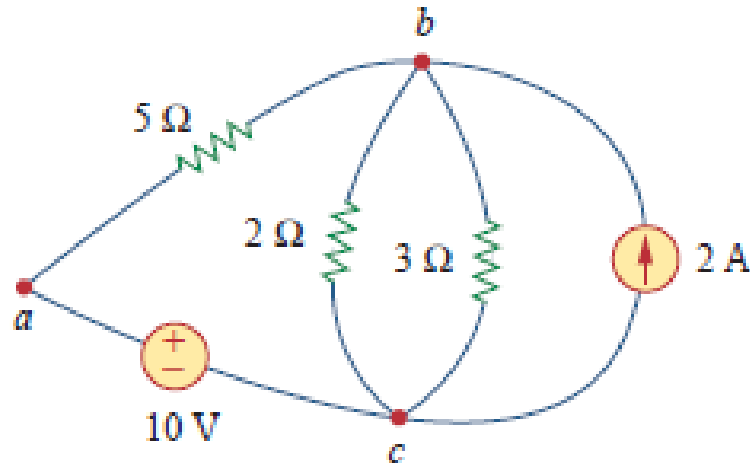
العقدة Node: وهي عبارة عن نقطة اتصال كهربائية بين فرعين أو أكثر، أي هي ملتقى التيارات الداخلة والخارجة.

A node is the point of connection between two or more branches.

يتم تمثيل العقدة في الدارة بشكل دائرة مملوءة، وإذا كان هناك أسلاك بين عقدتين (حالة قصر) عندها تكون العقدتان كأنهما عقدة واحدة.
في الدارة المبينة نلاحظ أن وجود ثلاث عقد a و b و c .
العقد الثلاث التي تشكل العقدة b متصلة بأسلاك (عديمة المقاومة)، وبالتالي تشكل نقطة واحدة، وينطبق نفس الأمر على العقد الأربع التي تشكل العقد c .
يمكن إعادة رسم الدارة للتوضيح، حيث يتم نشر العقدتين b و c .



يمكن إعادة رسم الدارة للتوضيح، حيث يتم تجميع عقد b و c بعقدة واحدة.



الحلقة Loop: هي أي مسار مغلق في الدارة الكهربائية.

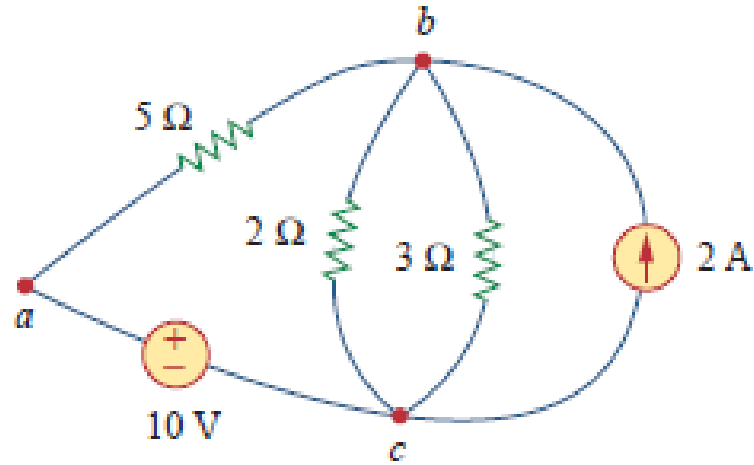
تتشكل الحلقة ببدء الحركة من عقدة، مروراً بمجموعة من العقد والفروع والعودة إلى عقدة البداية دون المرور عبر أية عقدة أكثر من مرة.

يُقال عن الحلقة أنها مستقلة إذا كانت تحتوي على فرع واحد على الأقل لا يشكل جزءاً من أية حلقة مستقلة أخرى.

ينتج عن الحلقات أو المسارات المستقلة مجموعات مستقلة من المعادلات.

يمكن تشكيل مجموعة مستقلة من الحلقات، بحيث تحتوي كل حلقة فرع واحد جديد على الأقل.

في الشكل المبين تكون الحلقة $abca$ مع المقاومة 2Ω مستقلة. أيضاً الحلقة bc المقاومة 3Ω هي مستقلة. الحلقة الثالثة المستقلة هي bc مروراً بالمقاومتين 2Ω و 3Ω .

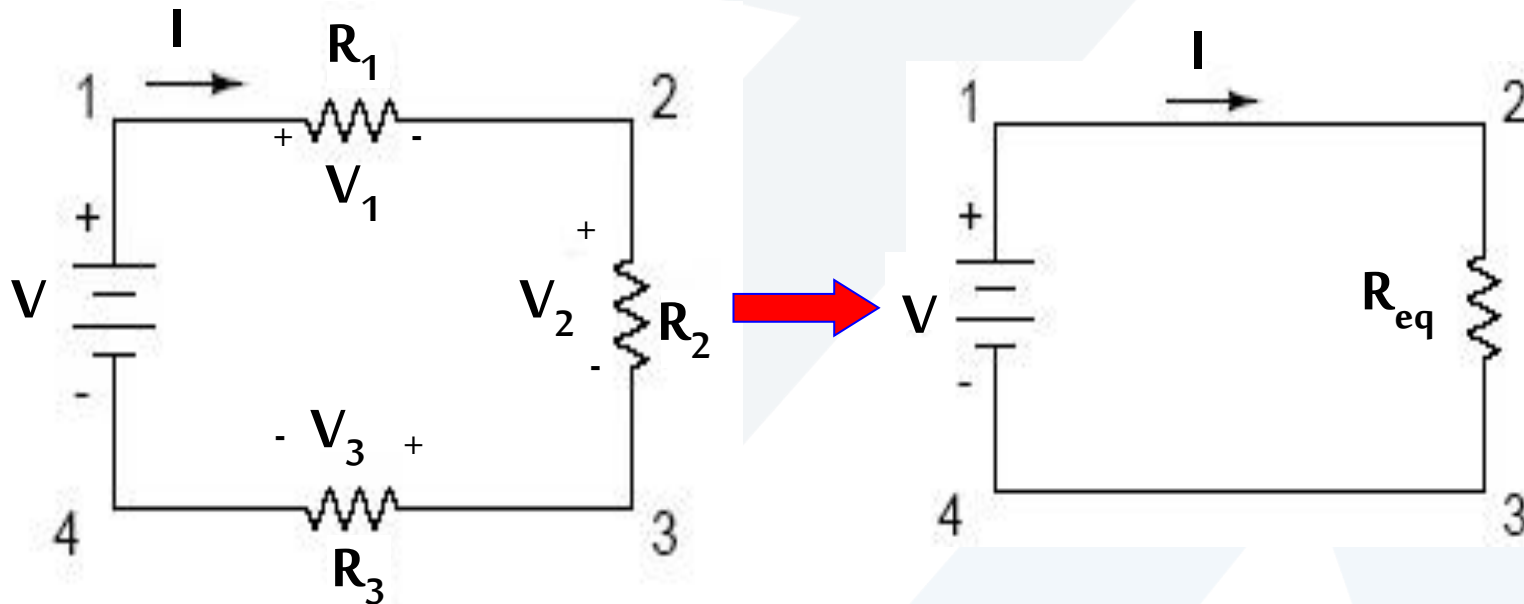


فإذا رمزنا لعدد فروع الدارة بالرمز **b** ولعدد العقد بالرمز **N** ولعدد الحلقات المستقلة بالرمز **L** فستكون العلاقة التالية محققة:

$$b = L + N - 1$$

طرق وصل المقاومات:

وصل تسلسلي Serial Connection:



الوصل التسلسلي للمقاومات.

تسمى المقاومة R_{eq} المقاومة المكافئة لمقاومات الدارة، وهي قيمة المقاومة التي لو استعويض بها عن مقاومات الدارة كلها عند ثبات قيمة الجهد لما تسبب ذلك تغيراً في قيمة التيار المار عبر الدارة، وتحسب في الدارة التسلسلية كما يلي:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$

ملاحظة 1: إذا كانت المقاومات متساوية $R_1 = R_2 = R_3 = R$ تصبح العلاقة السابقة كما يأتي:

$$R_{eq} = 3 \cdot R$$

وفي الحالة العامة: إذا كانت الدارة مكوّنة من n فرع موصولين تسلسلياً، وكانت مقاومات هذه الفروع متساوية R فإن المقاومة المكافئة تساوي:

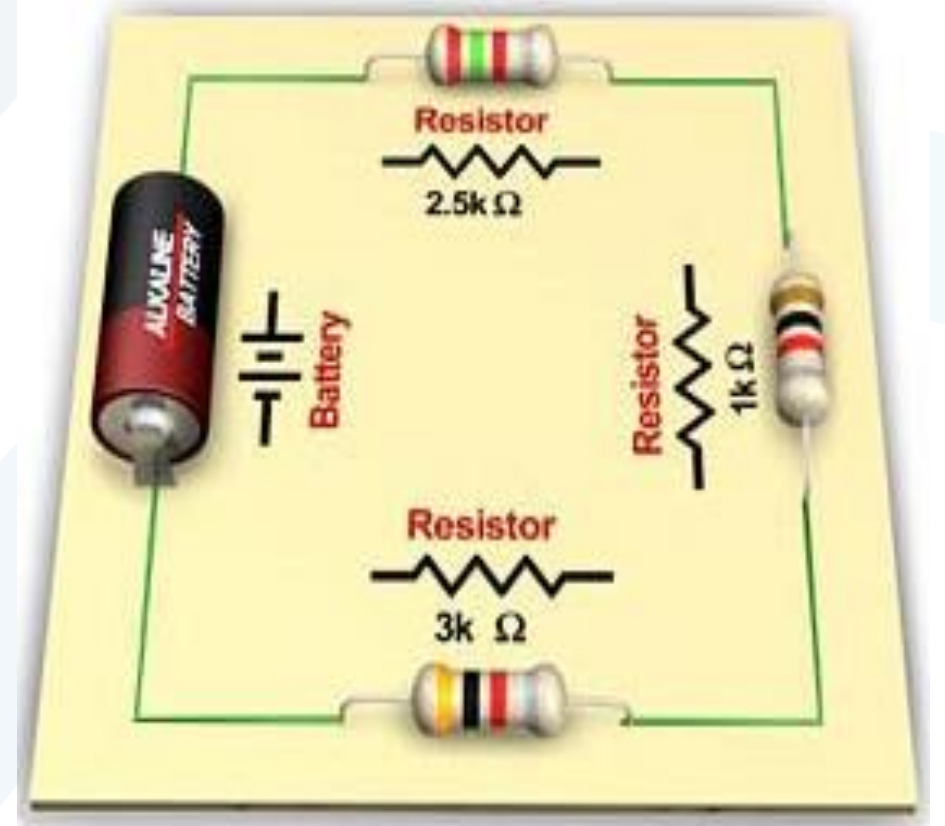
$$R_{eq} = n \cdot R$$

ملاحظة 2: تكون قيمة المقاومة المكافئة في حالة الوصل التسلسلي أكبر من أي من المقاومات التسلسلية.

تطبيق: احسب المقاومة المكافئة للدارة التطبيقية المبينة بالشكل:

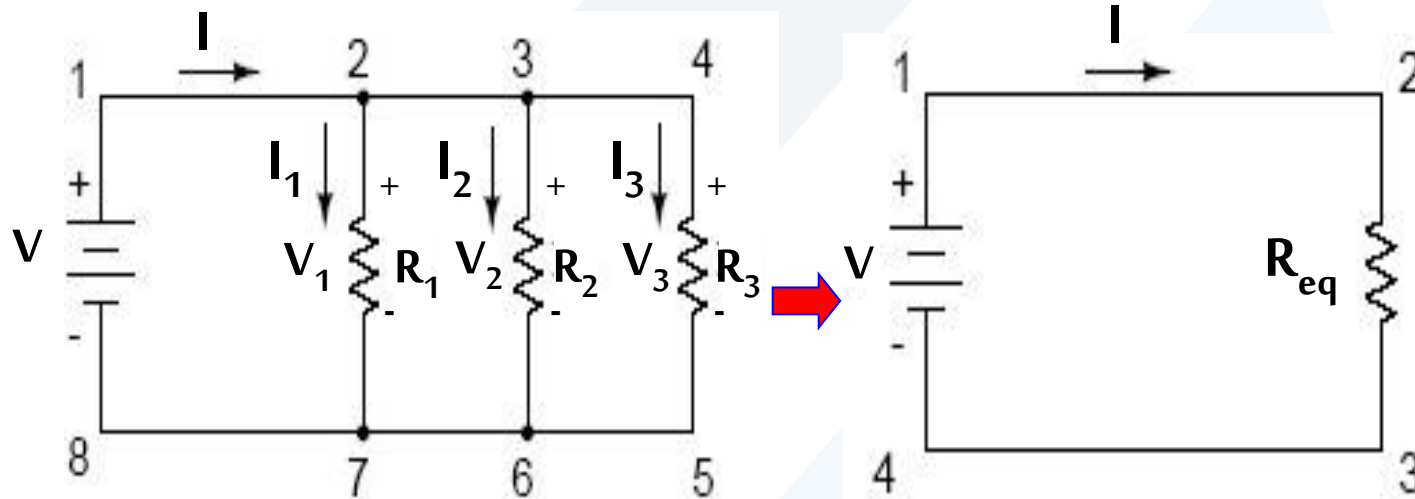
Find R_{eq} for the circuit shown in fig.

$$R_{eq} = 2.5 + 1 + 3 = 6.5 [k\Omega]$$



وصل تفرعي Parallel Connection:

تبين الدارة المبينة في الشكل حالة وصل ثلاث مقاومات R_1 , R_2 , R_3 بشكل تفرعي، ويتم ذلك بربط بدايات المقاومات إلى عقدة من عقد الدارة، ونهايات المقاومات إلى عقدة أخرى.



الوصل التفرعي للمقاومات.

يتم حساب المقاومة المكافئة للمقاومات الموصولة على التفرع كما يأتي:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{R_1R_2 + R_1R_3 + R_2R_3}{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}$$
$$\Rightarrow R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_1R_2 + R_1R_3 + R_2R_3}$$

ملاحظة 1: إذا كانت المقاومات متساوية $R_1 = R_2 = R_3 = R$ تصبح العلاقة السابقة كما يأتي:

$$R_{eq} = \frac{R^3}{3 \cdot R^2} = \frac{R}{3}$$

وفي الحالة العامة: إذا كانت الدارة مكوّنة من n فرع موصولين تفرعياً، وكانت مقاومات هذه الفروع متساوية R فإن المقاومة المكافئة تساوي:

$$R_{eq} = \frac{R}{n}$$

ملاحظة 2: المقاومة المكافئة لفرعين موصولين على التفرع، مقاومة الأول R_1 والثاني R_2 هي:

$$R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

ملاحظة 3: نلاحظ أن قيمة المقاومة المكافئة في حالة الوصل التفرعي تكون أصغر من أي من المقاومات التفرعية.

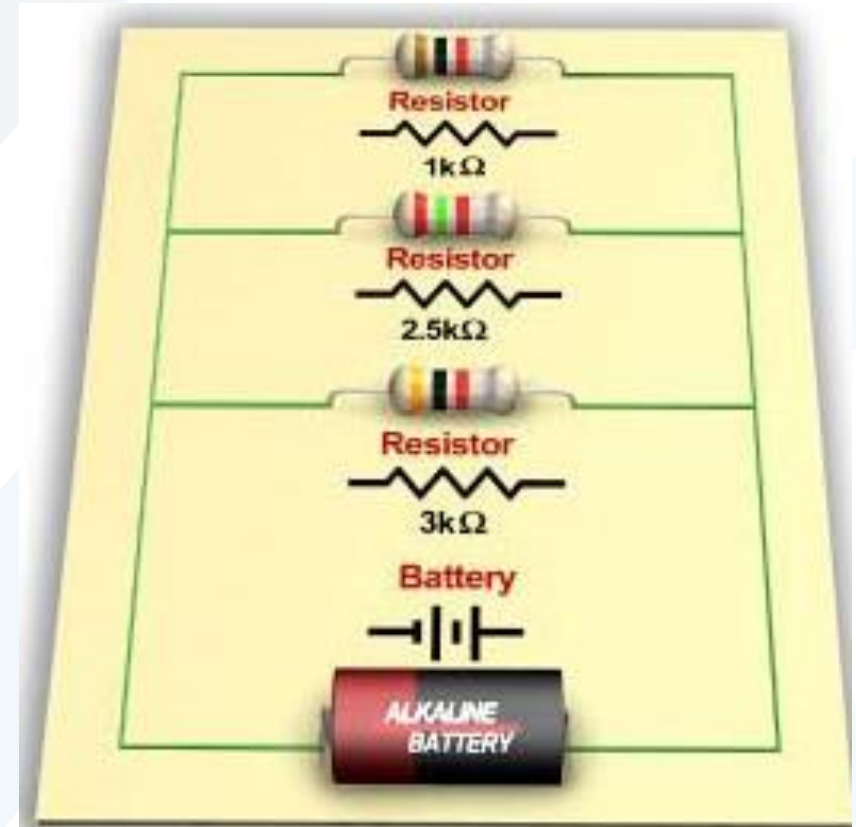
تطبيق: احسب المقاومة المكافئة للدارة التطبيقية المبينة بالشكل:

Find R_{eq} for the circuit shown in fig.

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{1} + \frac{1}{2.5} + \frac{1}{3}$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{13}{7.5} = 1.73 [kS]$$

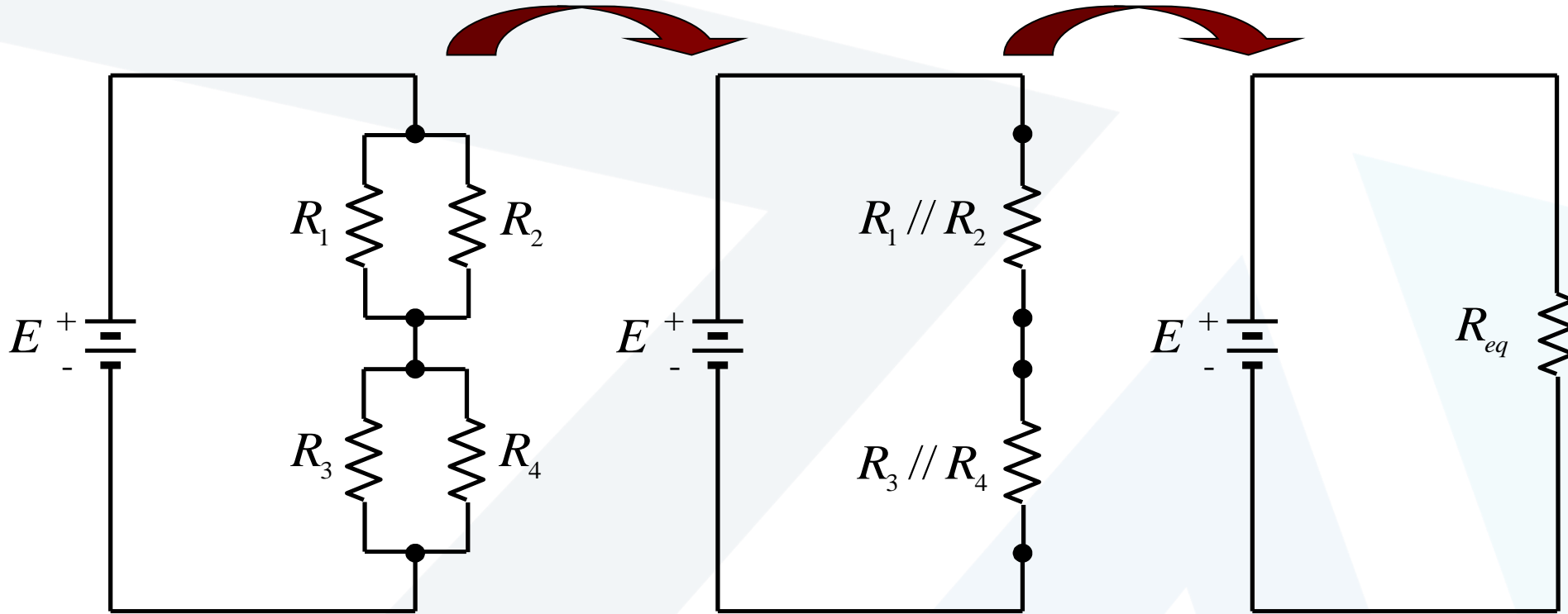
$$\Rightarrow R_{eq} = 0.578 [k\Omega]$$



وصل مختلط تسلسلي- تفرعي

:Series-Parallel Connection

عندما تحتوي الدارة على مجموعة مقاومات موصولة تسلسلياً ومجموعة أخرى موصولة تفرعياً عندها لا بد من التعامل مع قوانين الوصلين التفرعي والتسلسلي معاً. تبين الدارة المبينة في الشكل التالي حالة الوصل المختلط للمقاومات، حيث نلاحظ وجود مجموعتين تفرعيتين، الأولى مكونة من المقاومتين R_1 ، R_2 والثانية مكون من المقاومتين R_3 ، R_4 . هاتين المجموعتين موصولتين تسلسلياً. وبالتالي لحساب المقاومة المكافئة نقوم بحساب المقاومة المكافئة لكل مجموعة تفرعية اعتماداً على قانون الوصل التفرعي، ومن ثم نجمع المقاومتين الناتجتين وفق قانون الجمع التسلسلي، فنحصل على قيمة المقاومة الكلية المكافئة، وهي تساوي بالنسبة لدارة الشكل التالي:

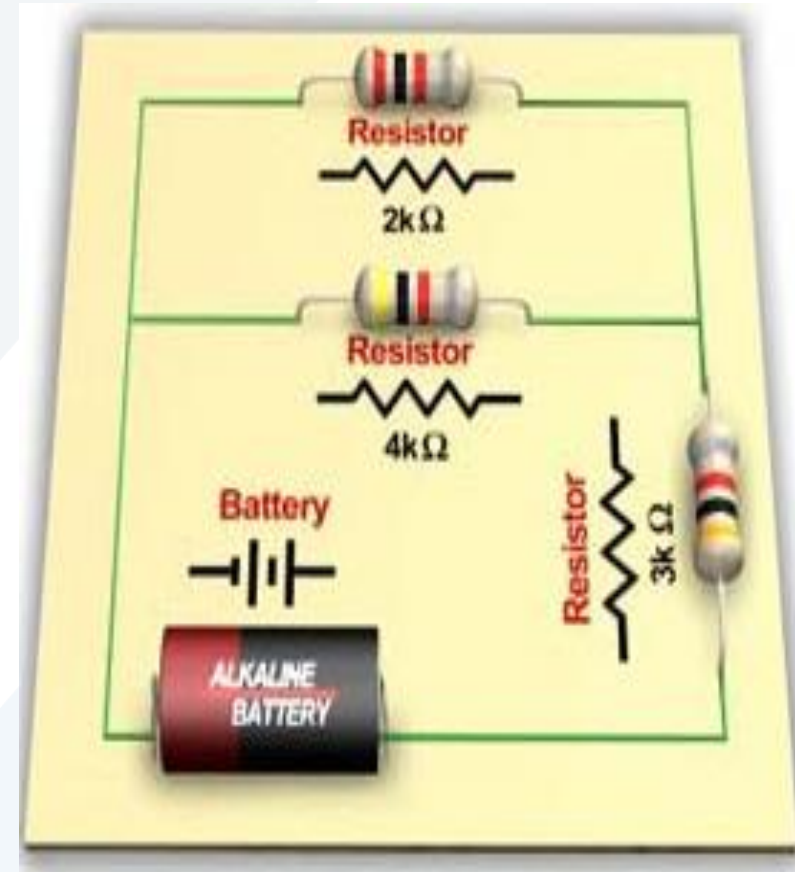


الوصل المختلط وكيفية الحصول على المقاومة المكافئة.

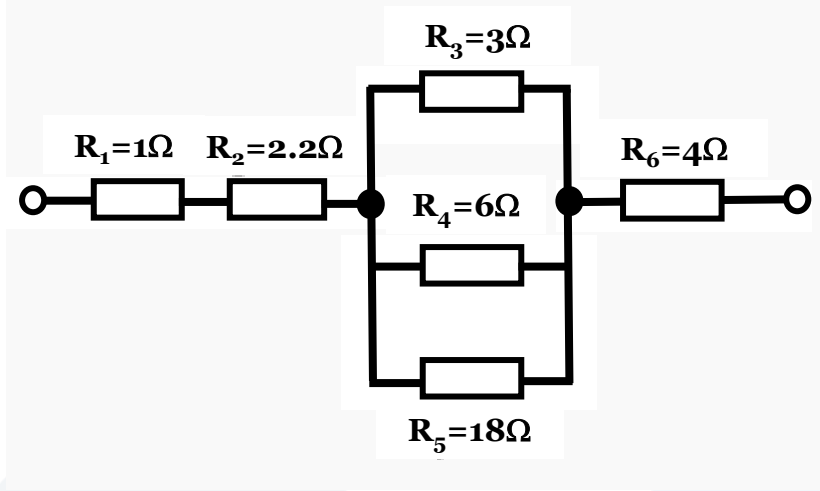
تطبيق: احسب المقاومة المكافئة للدارة التطبيقية المبينة بالشكل:

Find R_{eq} for the circuit shown in fig.

$$R_{eq} = 3 + \left(\frac{2 \times 4}{2 + 4} \right)$$
$$R_{eq} = 3 + \frac{8}{6} = \frac{26}{6}$$
$$\Rightarrow R_{eq} = 4.33 [\text{k}\Omega]$$



Problem. Find the equivalent resistance for the circuit shown in Fig.



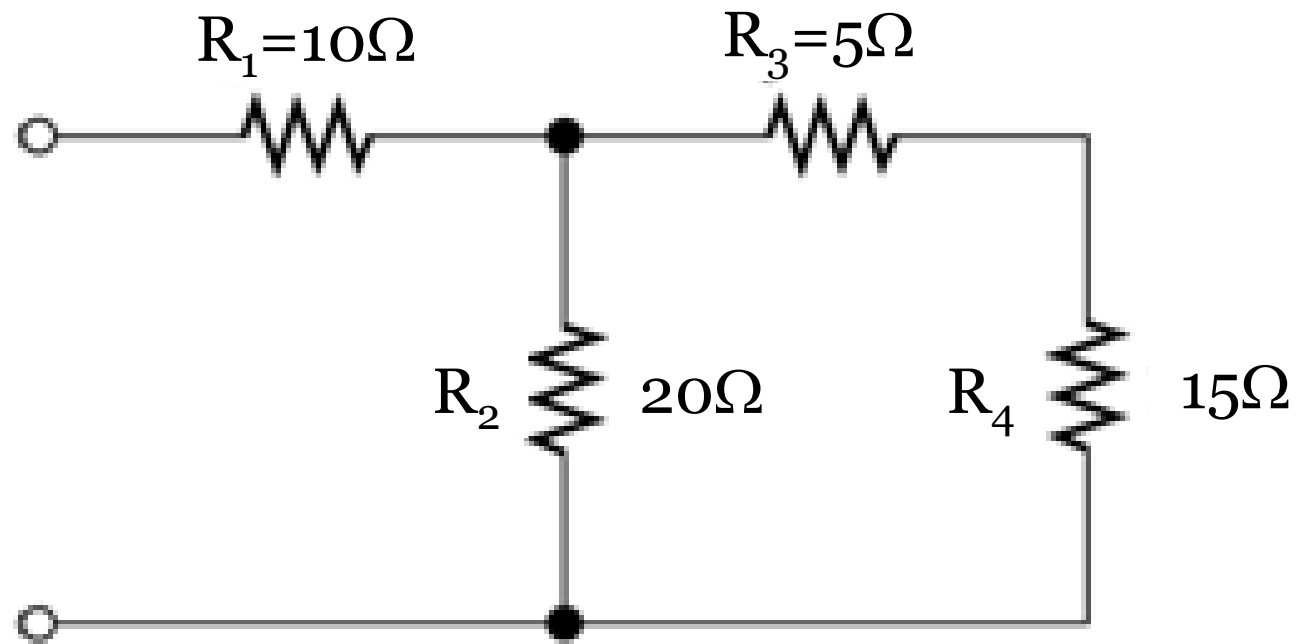
R_3 , R_4 and R_5 are connected in parallel and their equivalent resistance R_{eq1} is given by:

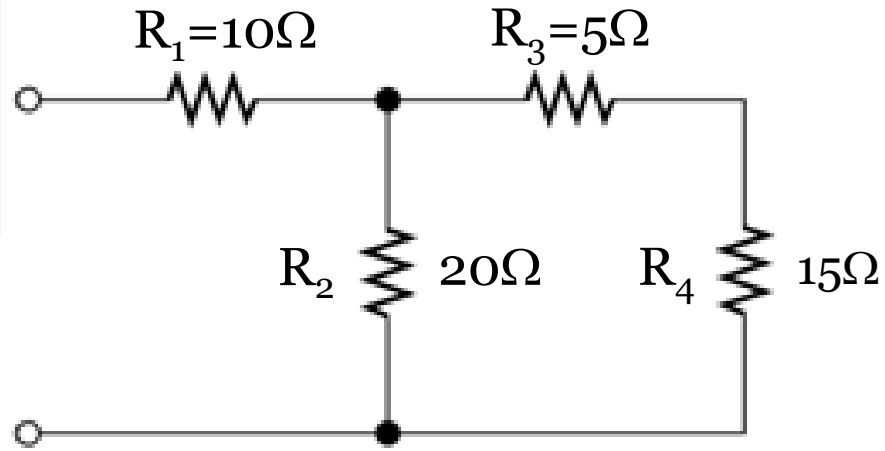
$$\frac{1}{R_{eq1}} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} + \frac{1}{18} = \frac{6 + 3 + 1}{18} = \frac{10}{18}$$
$$\Rightarrow R_{eq1} = \frac{18}{10} = 1.8[\Omega]$$

The circuit is now equivalent to four resistors in series and the equivalent circuit resistance R_{eq} is given by:

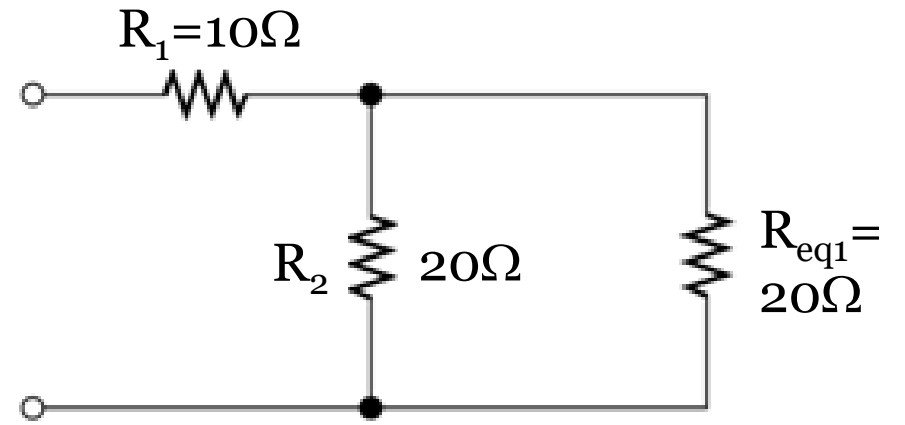
$$R_{eq} = 1 + 2.2 + 1.8 + 4 = 9[\Omega]$$

Find R_{eq} for the circuit shown in fig.

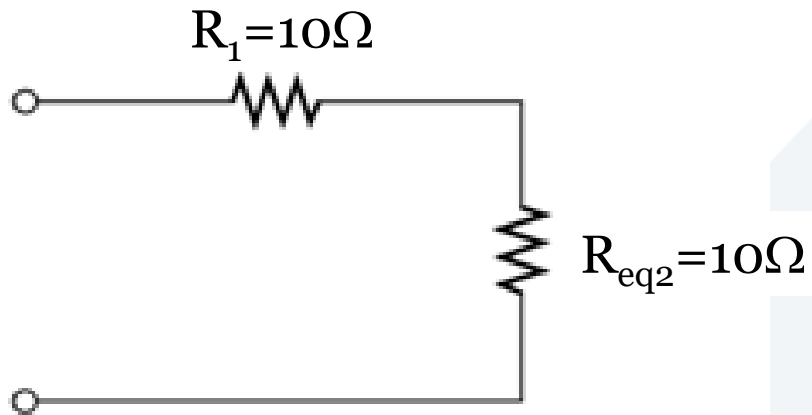




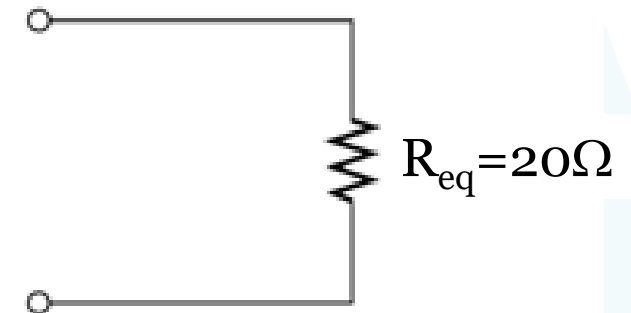
a) Original network



b) Network after replacing R_3 and R_4 by their equivalent resistance

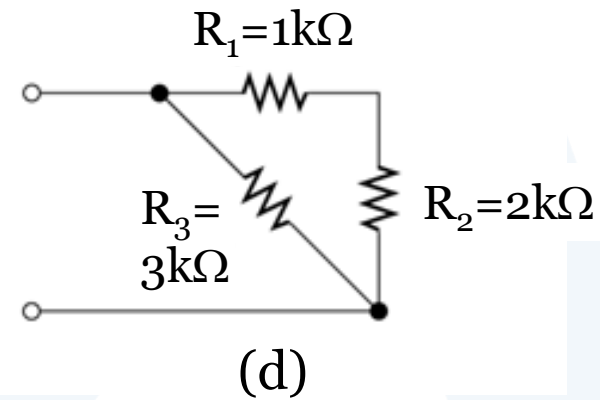
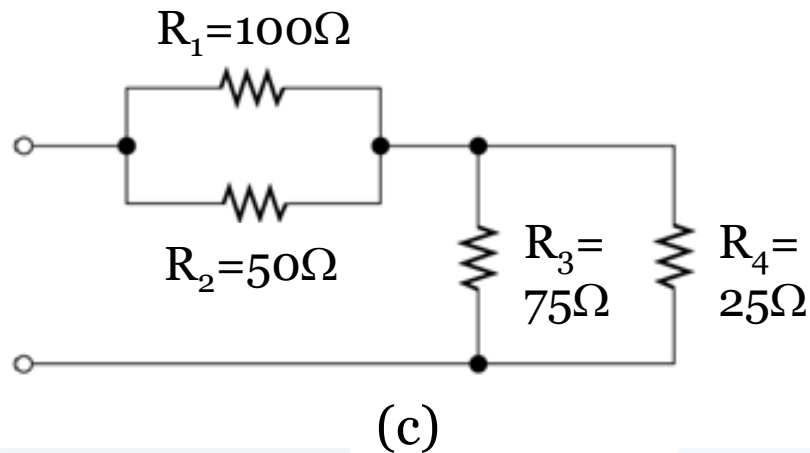
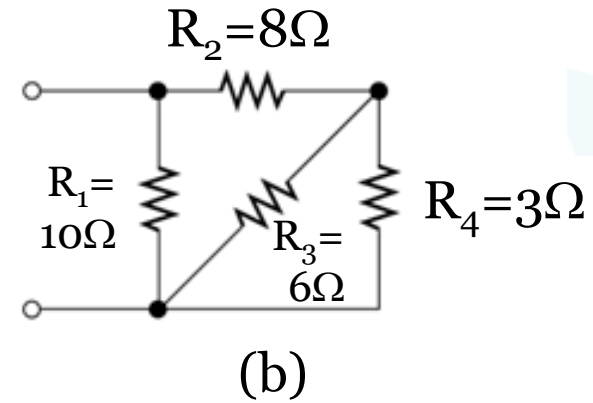
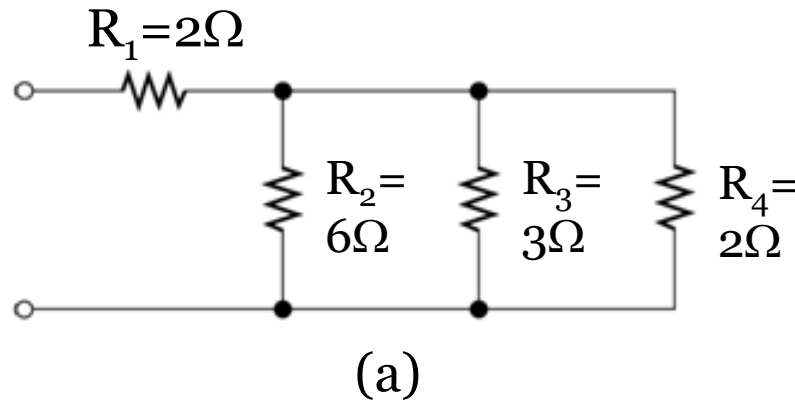


c) Network after replacing R_2 and R_{eq1} by their equivalent



d) Combining R_1 and R_{eq2} in series yields the equivalent resistance of the entire network

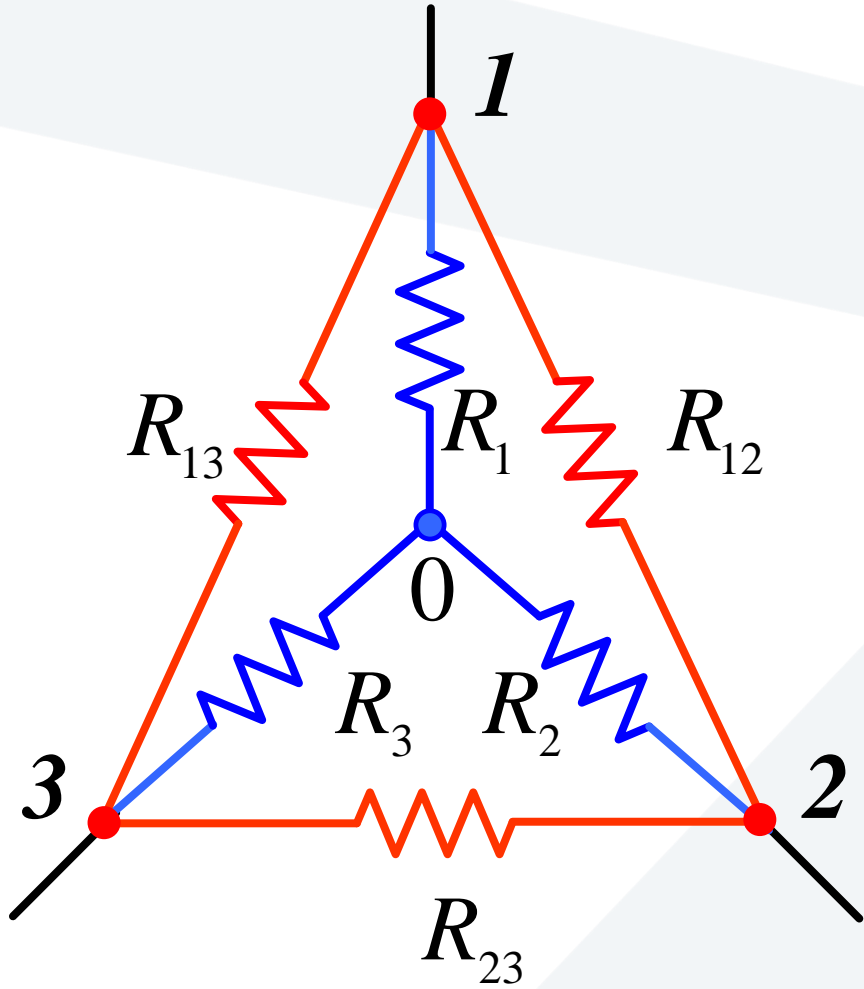
Find R_{eq} for the circuits shown in figs.



التحويل من الوصل المثلثي Δ إلى النجمي Y وبالعكس:

Delta \rightarrow Star & Star \rightarrow Delta Conversion

قد يصعب تبسيط الدارة الكهربائية من خلال إيجاد المقاومة المكافئة للعناصر الموصولة تسلسلياً أو تفرعياً، عندها قد يكون من المناسب استخدام قواعد التحويل من الوصل المثلثي إلى النجمي أو بالعكس.



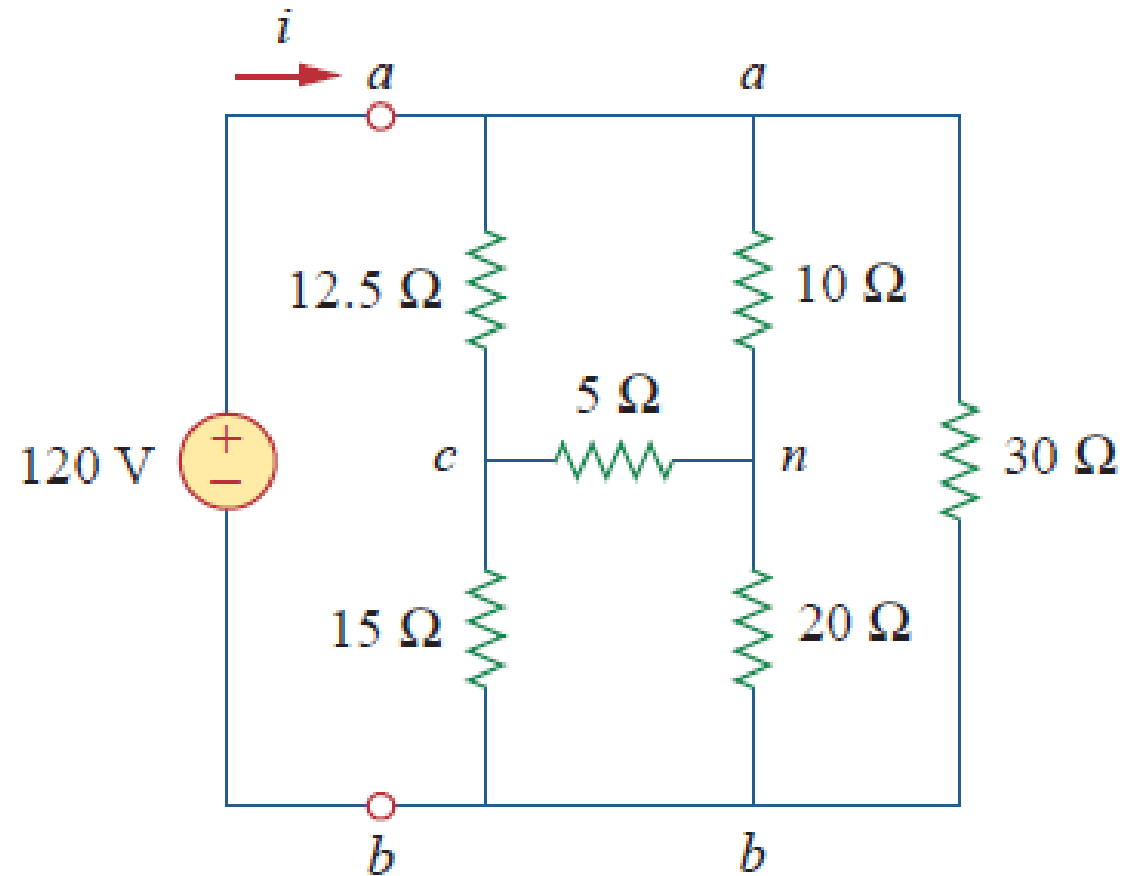
لتكن لدينا الدارة المبينة بالشكل التالي المكونة من ثلاث عقد $1, 2, 3$ تحصر ثلاث مقاومات R_1, R_2, R_3 موصولة بشكل نجوي Y وسيتم تحديد العلاقات التي يمكن من خلالها تحويل هذا الوصل إلى وصل مثلثي، أي الحصول على المقاومات R_{12}, R_{13}, R_{23} وبالعكس.

دائرة التحويل من Y إلى Δ وبالعكس.

وفقاً لما سبق نضع المعادلات اللازمة للتحويل في الجدول الآتي:

ب. معادلات التحويل من Δ إلى Y	أ. معادلات التحويل من Y إلى Δ
$R_{12} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_3}$	$R_1 = \frac{R_{12} \cdot R_{13}}{R_{12} + R_{13} + R_{23}}$
$R_{13} = R_1 + R_3 + \frac{R_1 \cdot R_3}{R_2}$	$R_2 = \frac{R_{12} \cdot R_{23}}{R_{12} + R_{13} + R_{23}}$
$R_{23} = R_2 + R_3 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1}$	$R_3 = \frac{R_{13} \cdot R_{23}}{R_{12} + R_{13} + R_{23}}$

Obtain the equivalent resistance R_{eq} for the circuits shown in fig. and use it to find current i





جامعة
المنارة
MANARA UNIVERSITY

