

# الدارات الكهربائية 1

الدكتور المهندس  
علاء الدين أحمد حسام الدين

3

## قانونا كيرشوف Kirchhoff's Laws

### قانون كيرشوف الأول Kirchhoff's Current Law (KCL)

ينص قانون كيرشوف الأول على ما يأتي:

(مجموع التيارات الداخلة إلى عقدة يساوي مجموع التيارات الخارجة منها)

Kirchhoff's current law (KCL) states that the algebraic sum of currents entering a node (or a closed boundary) is zero.

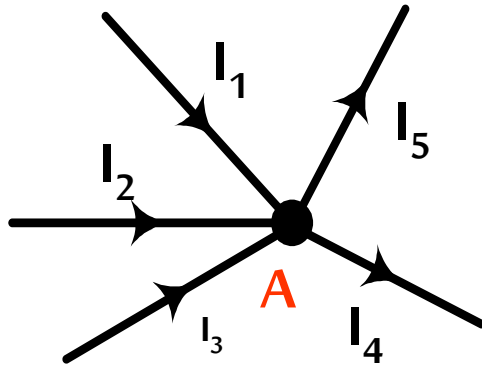
فإذا كانت لدينا العقدة **A** المبينة في الشكل. فحسب هذا القانون يمكن أن نكتب:

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

$$I_1 + I_2 + I_3 - I_4 - I_5 = 0$$

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0$$

أوبشكل عام:



أي أن المجموع الجبري لتيارات العقدة يساوي الصفر.

## قانون كيرشوف الثاني (KVL) Kirchhoff's Voltage Law:

ينص قانون كيرشوف الثاني على ما يأتي:

(المجموع الجبري للقوى المحركة الكهربائية في أي حلقة من دارة يساوي المجموع الجبري لهبوطات الجهد على عناصر هذه الحلقة).

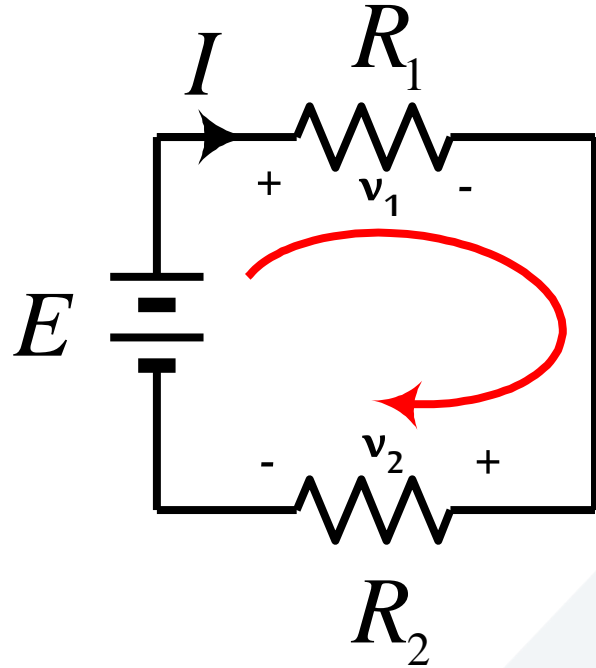
Kirchhoff's voltage law (KVL) states that the algebraic sum of all voltages around a closed path (or loop) is zero.

ويعبر رياضياً عن ذلك بالعلاقة الآتية:

$$\sum_{i=1}^n E_i = \sum_{i=1}^n V_i = \sum_{i=1}^n I_i \cdot R_i$$

عند كتابة هذه المعادلة، تُعدّ القوة المحركة الكهربائية والتيار موجبان إذا توافق اتجاههما مع الاتجاه الافتراضي المعتبر في الدارة (الحلقة)، وإلا فهما سالبان، ويتم كتابتهما في العلاقة السابقة بإشارة سالبة.

فإذا أردنا حساب التيار في الدارة البسيطة المبينة بالشكل والمكونة من منبع تغذية ومقاومتين، فإننا نقوم باختيار الاتجاه الافتراضي، وليكن مثلاً باتجاه عقارب الساعة.

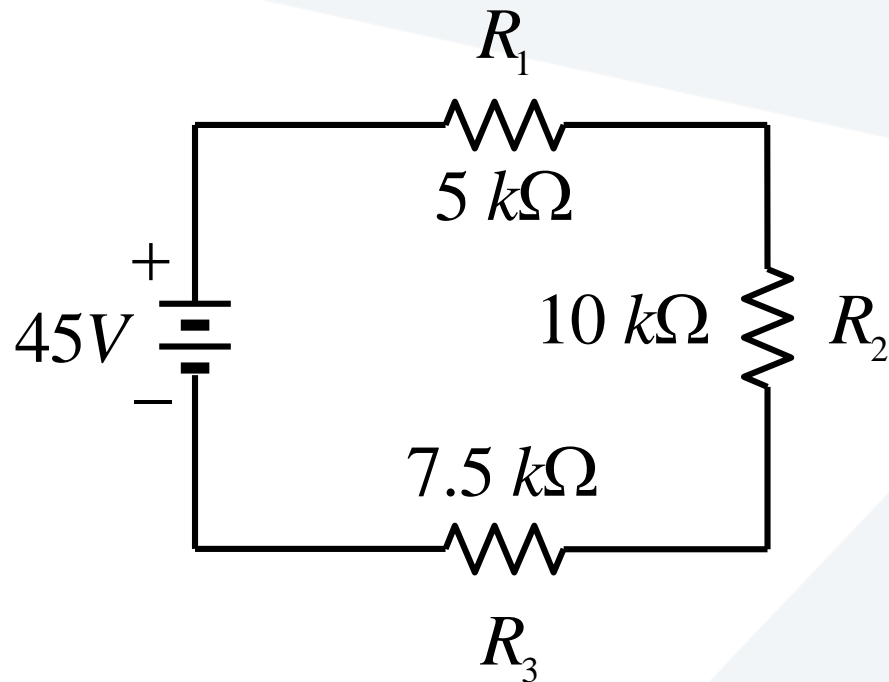


إذا تحركنا في الحلقة حسب الاتجاه الافتراضي ابتداءً من المنبع فإن القوة المحركة الكهربائية تكون موجبة إذا اجتاز الاتجاه الافتراضي المختار المولد من القطب السالب إلى القطب الموجب (أو باتجاه السهم نفسه إذا تمثّل المنبع بدائرة وداخلها سهم). وفقاً لما سبق يمكن كتابة قانون كيرشوف الثاني للدارة كما يأتي:

$$E = I \cdot (R_1 + R_2)$$

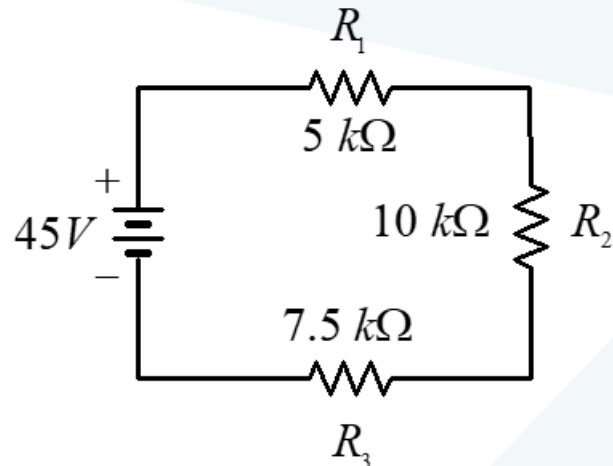
## دارات مقسّم (مجزئ) الجهد

### ∴ Voltage Divider Circuits



لتكن لدينا الدارة التسلسلية البسيطة المبينة في الشكل والمكونة من منبع جهد قيمته  $45\text{ V}$  وثلاث مقاومات قيمها:

$$R_1 = 5\text{ [k}\Omega\text{]}, R_2 = 10\text{ [k}\Omega\text{]}, R_3 = 7.5\text{ [k}\Omega\text{]}$$



$$V_n = I_n \cdot R_n$$

$$I_{\text{total}} = \frac{V_{\text{total}}}{R_{\text{total}}} = I_n$$

$$V_n = \frac{V_{\text{total}}}{R_{\text{total}}} \cdot R_n$$

$$V_n = V_{\text{total}} \cdot \frac{R_n}{R_{\text{total}}}$$

الجهد المطبق على كل مقاومة:

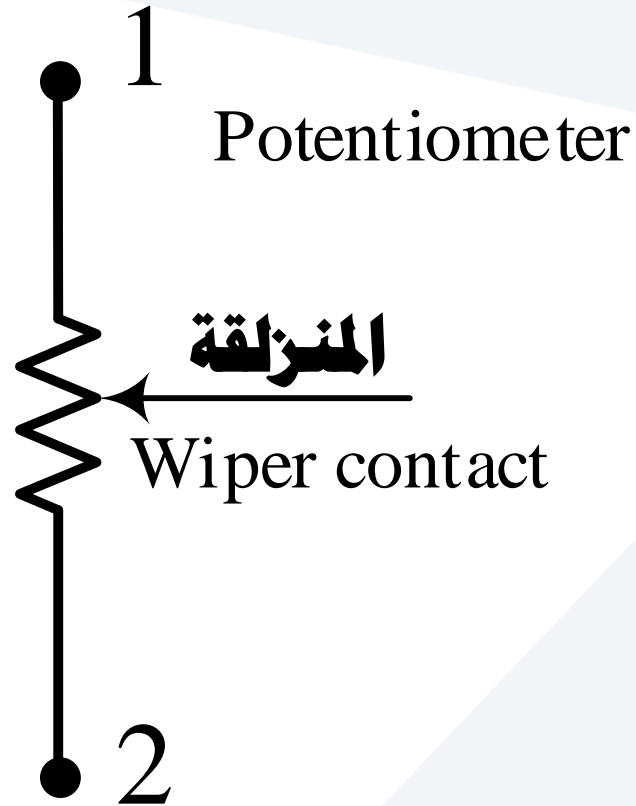
التيار المار في الدارة التسلسلية:





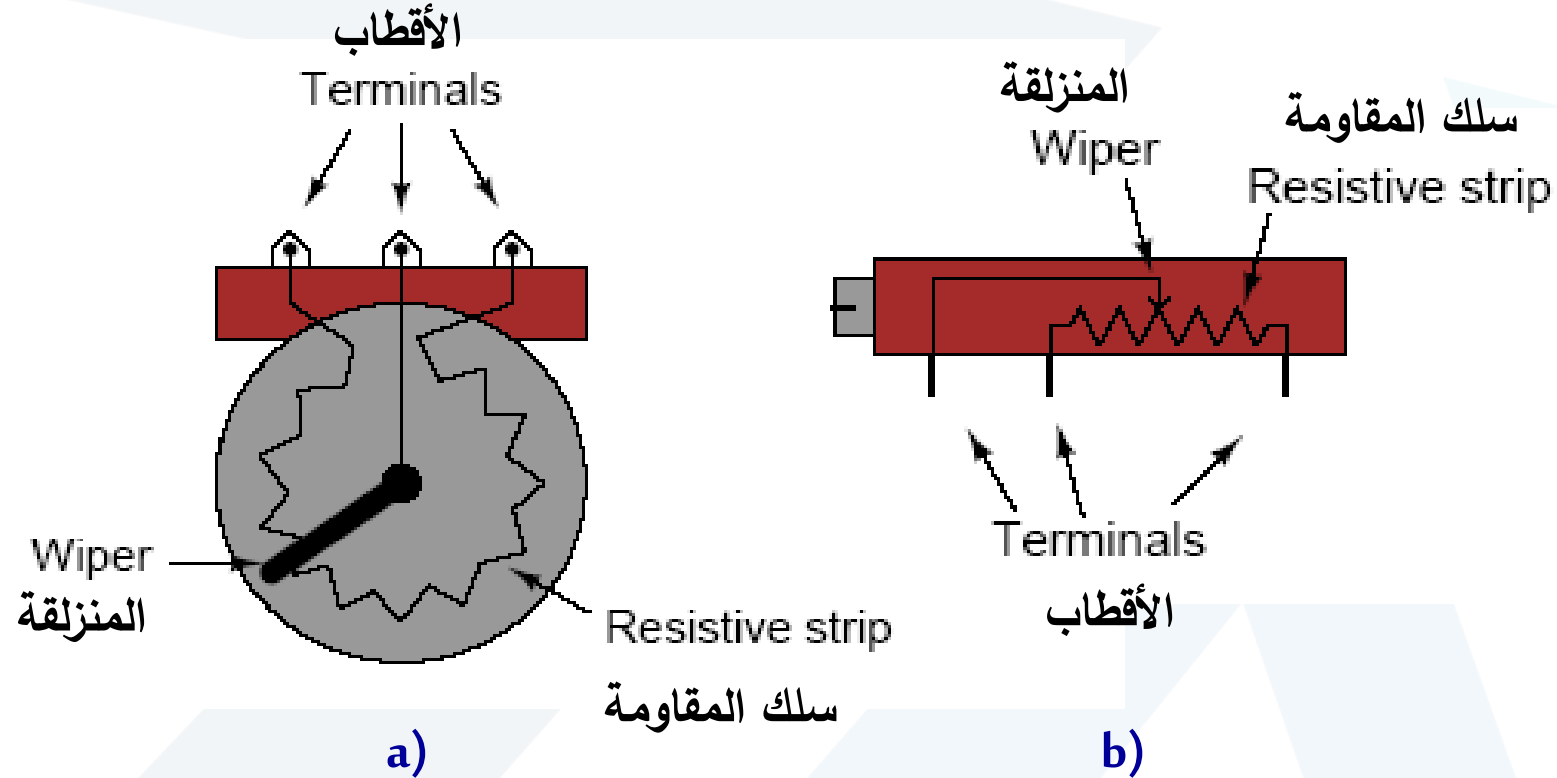
$$V_n = V_{\text{total}} \cdot \frac{R_n}{R_{\text{total}}}$$

تسمى هذه العلاقة بعلاقة مقسّم أو مجزئ الجهد، وهي تعبر عن أن النسبة بين أي مقاومة إلى المقاومة المكافئة تساوي النسبة بين الجهد المطبق على هذه المقاومة إلى قيمة جهد المنبع. ويمكن باستخدامها تحديد الجهود في الدارة التسلسلية دون الحاجة إلى حساب التيار المار فيها.



أكثر أنواع مقسمات الجهد استخداماً هي المقاومة التي تسمى البوتنشومتر **Potentiometer**، وهي عبارة عن مقاومة ذات قطب متغير يتحرك بواسطة مقبض يدوي أو منزلة، وتقوم هذه المقاومة بالتحكم بالجهد وفق ما سبق. تُمثل المنزلة في الدارة بسهم متعامد مع المقاومة في وسطها، كما في الشكل.

يبين الشكل التصميم الداخلي لنوعين من البوتنشومتر، الدائري (Rotary)، والخطي (Linear).



نماذج البوتنشومتر: (a) الدائري، (b) الخطي.

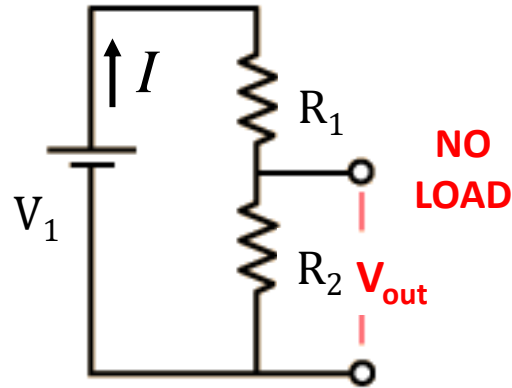
ويبين الشكل نماذج تطبيقية له.



نماذج تطبيقية للبتوشومتر.

نبين فيما يأتي المعادلات الناظمة لسلوك البوتنشومتر عند وصل مقاومة حمولة **Load** بين المنزلة والقطب الثاني وبدون وجود هذه المقاومة (**حالة الدارة المفتوحة**):

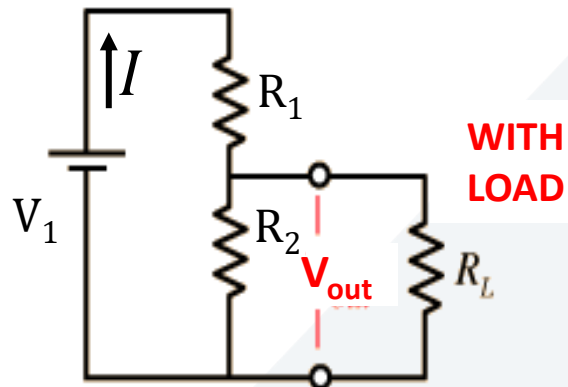
**OPEN CIRCUIT BEHAVIOR**



**OUTPUT VOLTAGE UNDER -NO LOAD- CONDITION (open circuit)**

$$V_{out} = V_1 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

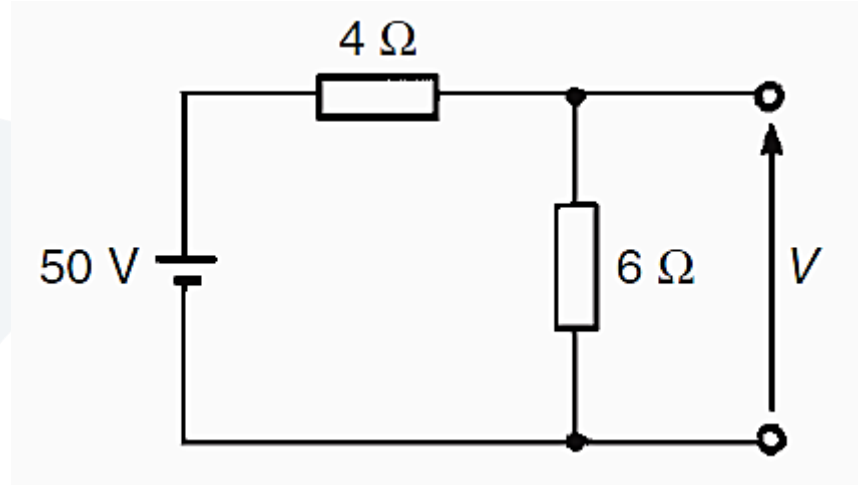
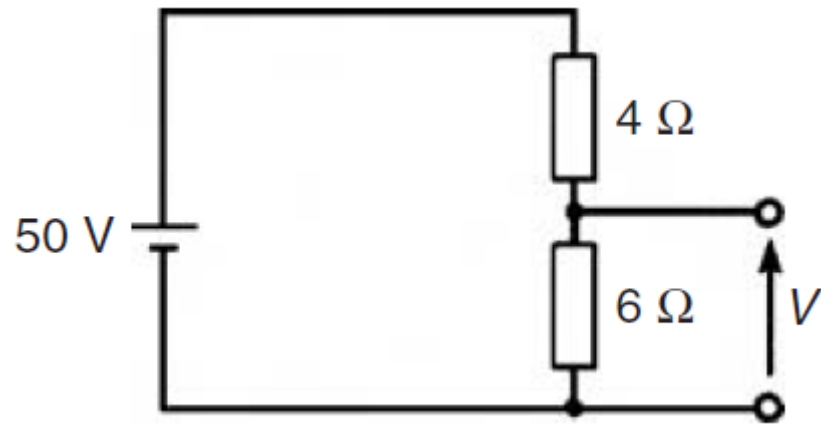
**BEHAVIOR UNDER LOAD**



**OUTPUT VOLTAGE UNDER LOAD**

$$V_{out} = V_1 \cdot \frac{(R_2 // R_L)}{R_1 + (R_2 // R_L)}$$

Determine the value of voltage  $V$  shown in Fig.



$$V_{\text{out}} = \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \cdot V_{\text{in}}$$

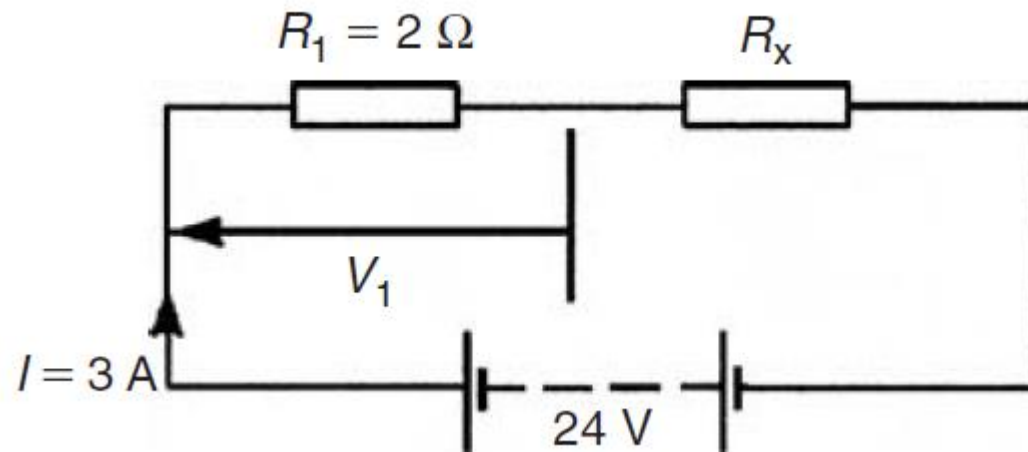
$$\text{Voltage } V = \left( \frac{6}{4+6} \right) \times 50 = 30 \text{ [V]}$$

Two resistors are connected in series across a **24V** supply and a current of **3A** flows in the circuit. If one of the resistors has a resistance of  **$2\Omega$**  determine:

a) The value of the other resistor and

b) The **potential difference (P.d.)** across the  **$2\Omega$**  resistor.

If the circuit is connected for **50 hours**, how much energy is used?



a) Total circuit resistance

$$R = \frac{V}{I} = \frac{24}{3} = 8 [\Omega]$$

Value of unknown resistance

$$R_x = 8 - 2 = 6 [\Omega]$$

b) P.d. across  $2\Omega$  resistor,

$$V_1 = I \cdot R_1 = 3 \times 2 = 6 [V]$$



Alternatively, from above,

$$V_1 = \left( \frac{R_1}{R_1 + R_X} \right) \cdot V$$

$$V_1 = \left( \frac{2}{2 + 6} \right) \times 24 = 6 \text{ [V]}$$

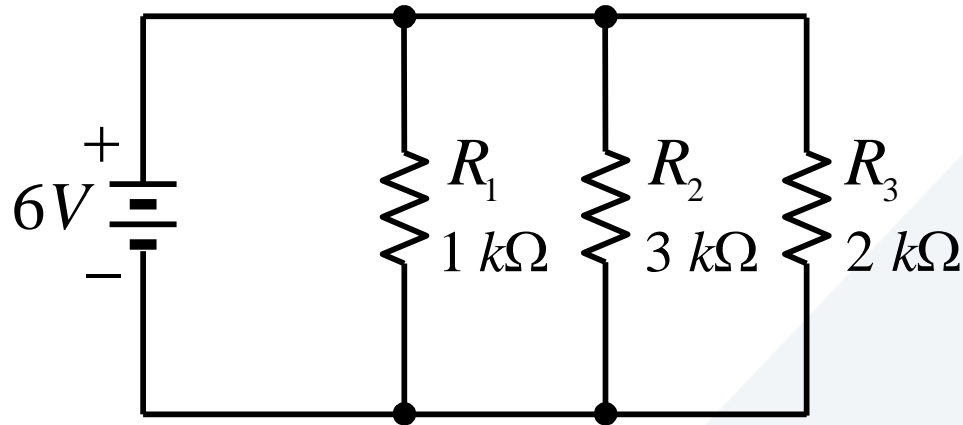
**Energy used = power × time**

$$W = V \times I \times t$$

$$W = 24 \times 3 \times 50 = 3600 \text{ Wh} = 3.6 \text{ kWh}$$

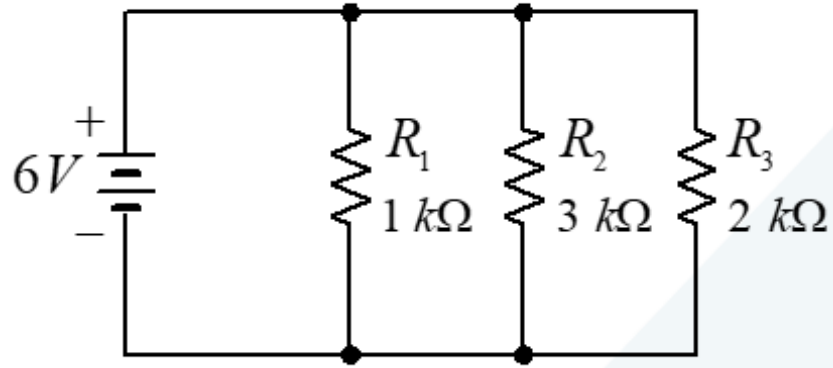
# دارات مقسّم (مجزّي) التيار

## ∴ Current Divider Circuits



لتكن لدينا الدارة التفرعية البسيطة المبينة في الشكل والمكونة من منبع جهد قيمته  $6 \text{ V}$  وثلاث مقاومات تفرعية قيمها:

$$R_3 = 2 [\text{k}\Omega] \quad R_1 = 1 [\text{k}\Omega] , \quad R_2 = 3 [\text{k}\Omega] ,$$



$$I_n = \frac{V_n}{R_n}$$

التيار المار عبر كل مقاومة:

$$V_{total} = V_n = I_{total} \cdot R_{total}$$

جهد الدارة التفرعية:

$$I_n = \frac{I_{total} \cdot R_{total}}{R_n}$$



$$I_n = I_{total} \cdot \frac{R_{total}}{R_n}$$

تسمى هذه العلاقة بعلاقة **مقسّم أو مجزئ التيار**، وهي تعبر عن أن النسبة بين المقاومة المكافئة وأي مقاومة من مقاومات الدارة التفرعية تساوي النسبة بين تيار هذه المقاومة والتيار الكلي للدارة. ويمكن باستخدامها تحديد تيارات فروع الدارة التفرعية وذلك عندما تكون قيمة التيار الكلي معلومة.

$$I_n = I_{total} \cdot \frac{R_{total}}{R_n}$$

باستخدام العلاقة الأخيرة يمكننا إعادة تحليل الدارة وحساب تيارات الفروع مباشرة وذلك بمعرفة التيار الكلي والمقاومة المكافئة، كما يأتي:

بمقارنة علاقتي مجزئى الجهد ومجزئى التيار نجد أنهما متماثلتان، مع ملاحظة أن علاقة مقسّم الجهد تتضمن نسبة المقاومة الفرعية إلى المقاومة المكافئة، بينما علاقة مقسّم التيار تتضمن نسبة المقاومة المكافئة إلى المقاومة الفرعية.

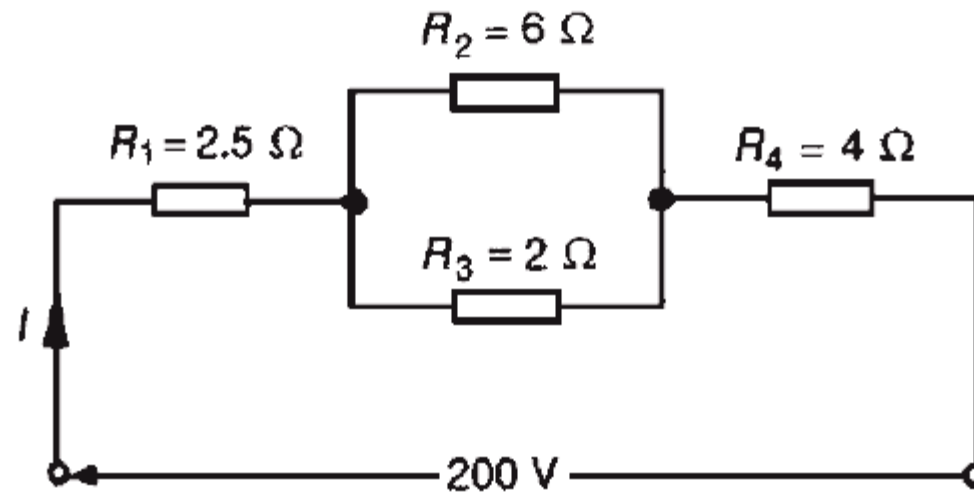
**Current divider formula**  $I_n = I_{total} \cdot \frac{R_{total}}{R_n}, \frac{R_{total}}{R_n} < 1$

**Voltage divider formula**  $V_n = V_{total} \cdot \frac{R_n}{R_{total}}, \frac{R_n}{R_{total}} < 1$

من الجدير بالذكر أن **نسب المقاومات** في كلتي العلاقتين **أصغر من الواحد**، وذلك بسبب خصائص الوصل التفرعي والتسلسلي؛ إذ إن **المقاومة المكافئة** في حالة الوصل التسلسلي **للمقاومات (مجزئ الجهد)** تكون أكبر من أي منها، بينما في **الوصل التفرعي للمقاومات (مجزئ التيار)** تكون **المقاومة المكافئة أصغر من أي منها**. الأمر الذي يعطي مؤشراً لعدم ارتكاب خطأ في أثناء الحساب، فإذا وقع الخطأ، وكُتبت النسبة مقلوبة فإنها ستكون أكبر من الواحد، وعندها يجب تدارك ذلك.

For the series-parallel arrangement shown in Fig. find

- The supply current,
- The current flowing through each resistor and
- The p.d. across each resistor.



a) The equivalent resistance  $R_x$  of  $R_2$  and  $R_3$  in parallel is:

$$R_x = \frac{6 \times 2}{6 + 2} = 1.5 \text{ } [\Omega]$$

The equivalent resistance  $R_T$  of  $R_1$ ,  $R_x$  and  $R_4$  in series is:

$$R_T = 2.5 + 1.5 + 4 = 8 \text{ } [\Omega]$$

Supply current

$$I = \frac{V}{R_T} = \frac{200}{8} = 25 \text{ } [A]$$



b) The current flowing through  $R_1$  and  $R_4$  is 25A. The current flowing through  $R_2$

$$I_{R1} = \left( \frac{R_3}{R_2 + R_3} \right) \cdot I = \left( \frac{2}{6 + 3} \right) \times 25 = 6.25 \text{ [A]}$$

The current flowing through  $R_3$

$$I_{R3} = \left( \frac{R_2}{R_2 + R_3} \right) \cdot I = \left( \frac{6}{6 + 2} \right) \times 25 = 18.75 \text{ [A]}$$

(Note that the current flowing through  $R_2$  and  $R_3$  must add up to the total current flowing into the parallel arrangement, i.e. 25A)

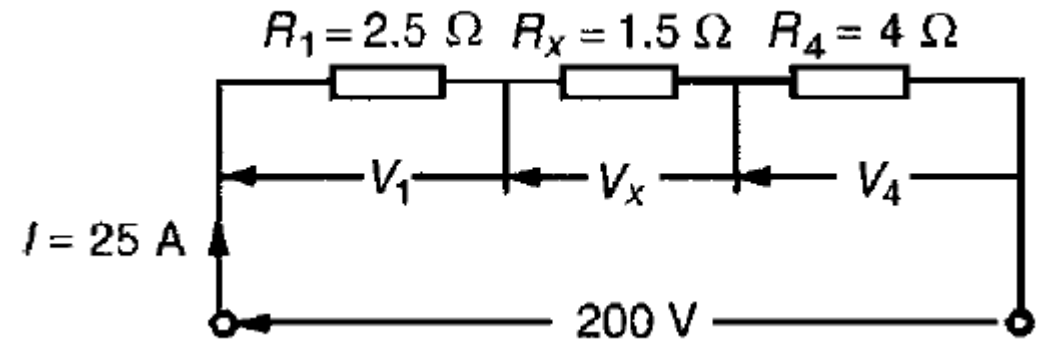
c) The equivalent circuit is shown in Fig.

P.d. across  $R_1$ , i.e.

$$V_1 = I \cdot R_1 = 25 \times 2.5 = 62.5 \text{ [V]}$$

P.d. across  $R_x$ , i.e.

$$V_x = I \cdot R_x = 25 \times 1.5 = 37.5 \text{ [V]}$$



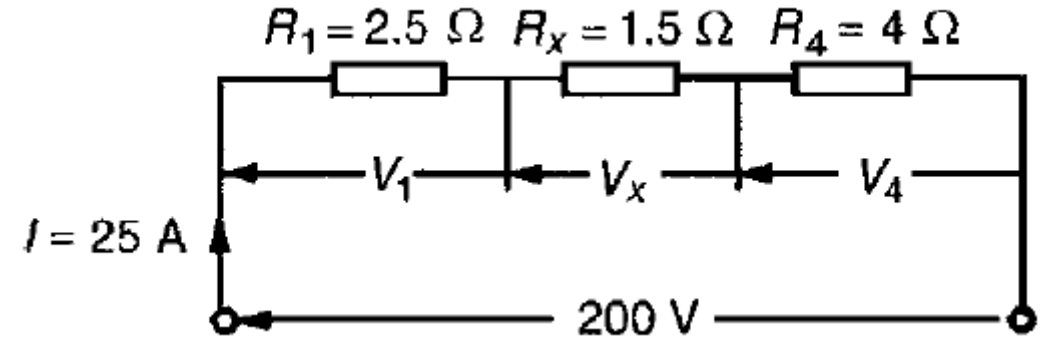
c) The equivalent circuit is shown in Fig.

Hence the p.d. across  $R_2$

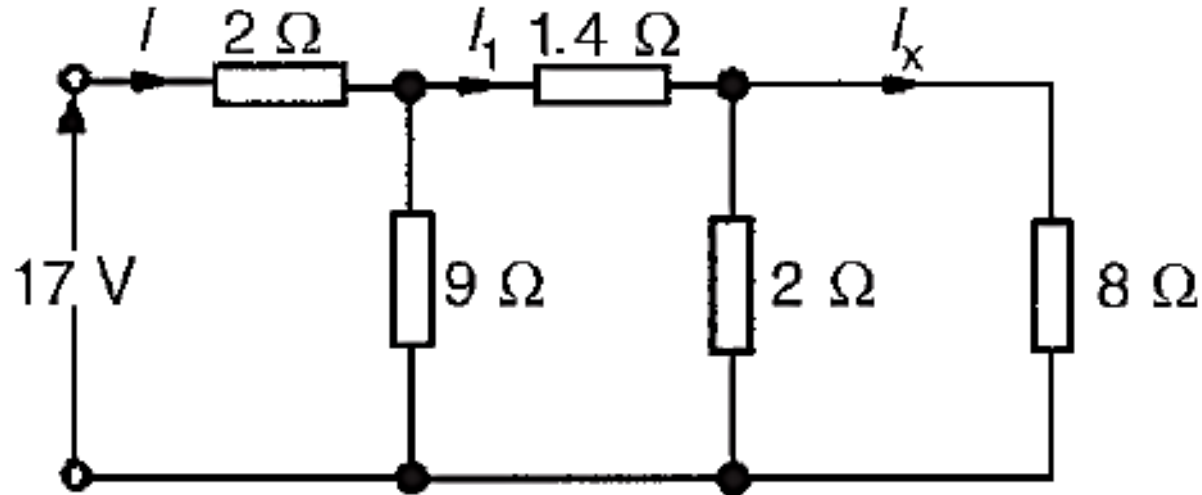
$$V_4 = I \cdot R_4 = 25 \times 4 = 100 \text{ [V]}$$

Hence the P.d. across  $R_2$

$$= \text{p. d. across } R_3 = 37.5 \text{ [V]}$$

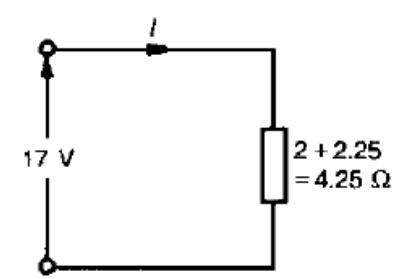
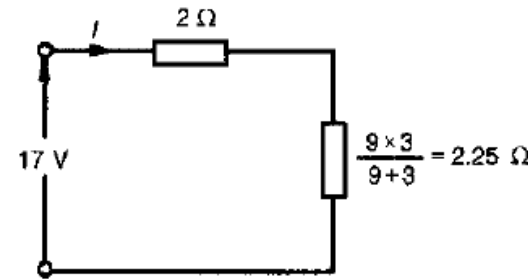
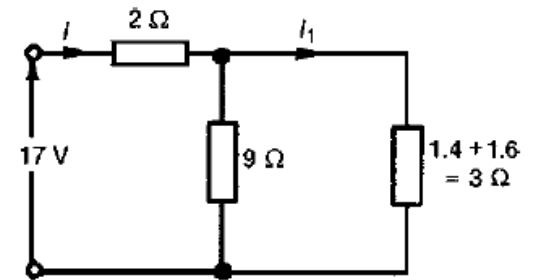
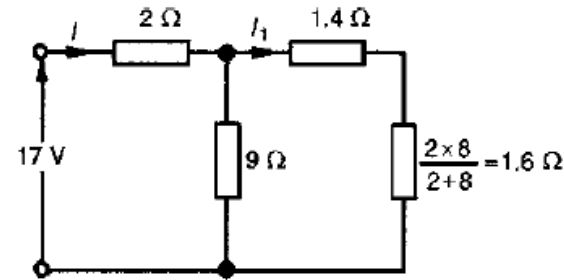


For the arrangement shown in Fig. find the current  $I_x$



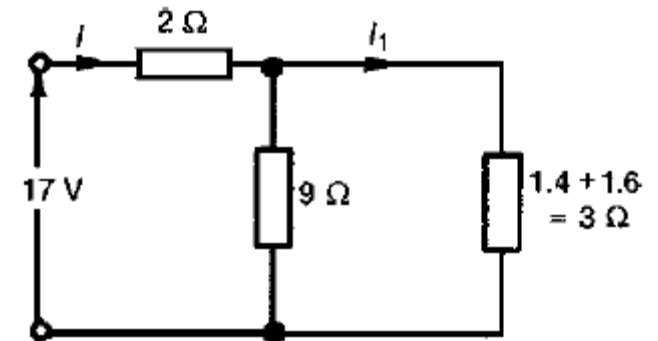
$$R_{eq} = \{[(2//8) + 1.4]//9\} + 2 = 4.25[\Omega]$$

$$I = \frac{17}{4.25} = 4 [A]$$



$$I_1 = \left( \frac{9}{9 + 3} \right) \cdot I = \left( \frac{9}{12} \right) \times 4 = 3 \text{ [A]}$$

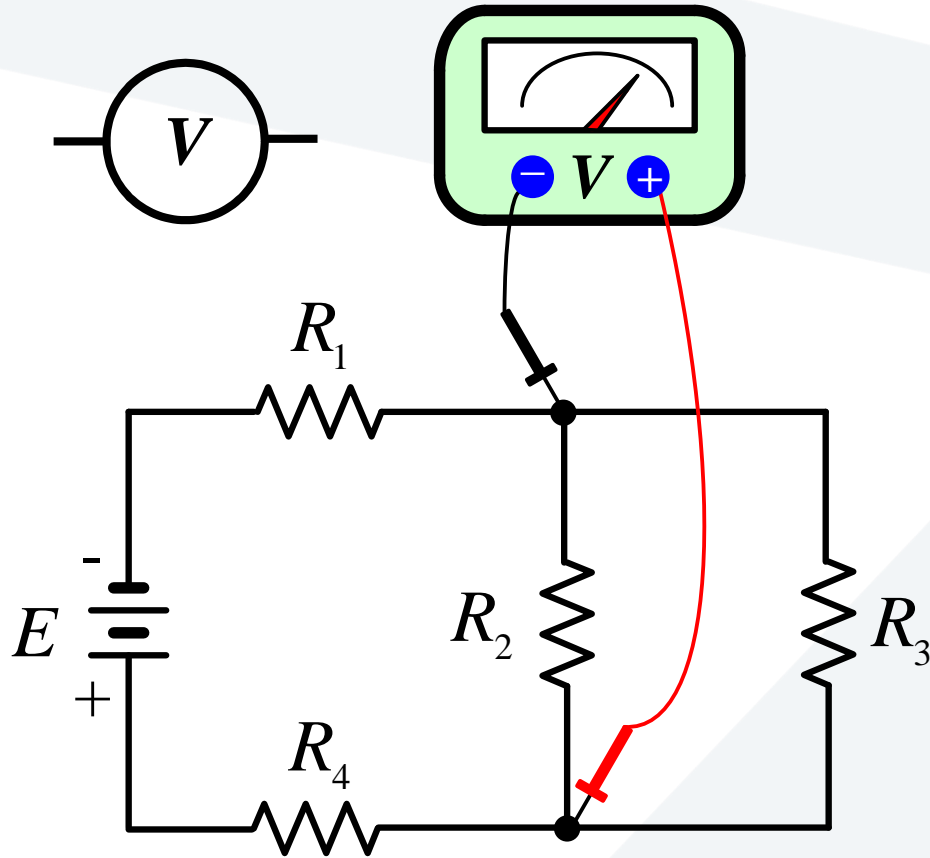
$$I_X = \left( \frac{2}{2 + 8} \right) \cdot I_1 = \left( \frac{2}{10} \right) \times 3 = 0.6 \text{ [A]}$$



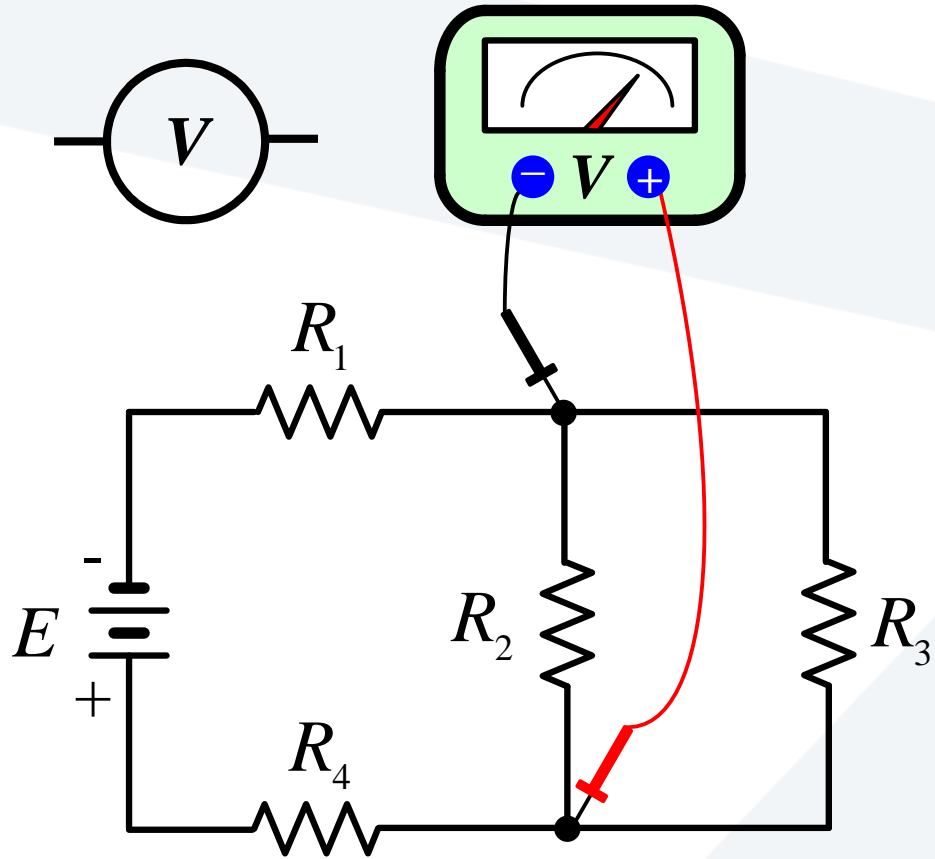
## أجهزة القياس وطرق وصلها في الدارة الكهربائية:

### مقياس الجهد (Voltmeter):

يُستخدم هذا المقياس لقياس فرق الجهد بين نقطتين من دارة، حيث يوصل على التفرع مع العنصر المراد معرفة فرق الجهد بين طرفيه، ويُمثل في الدارات الكهربائية بشكل دائرة يُكتب بداخلها حرف (V)، كما هو مبين بالشكل.



طريقة قياس الجهد  
المطبق على طرفي مقاومة.



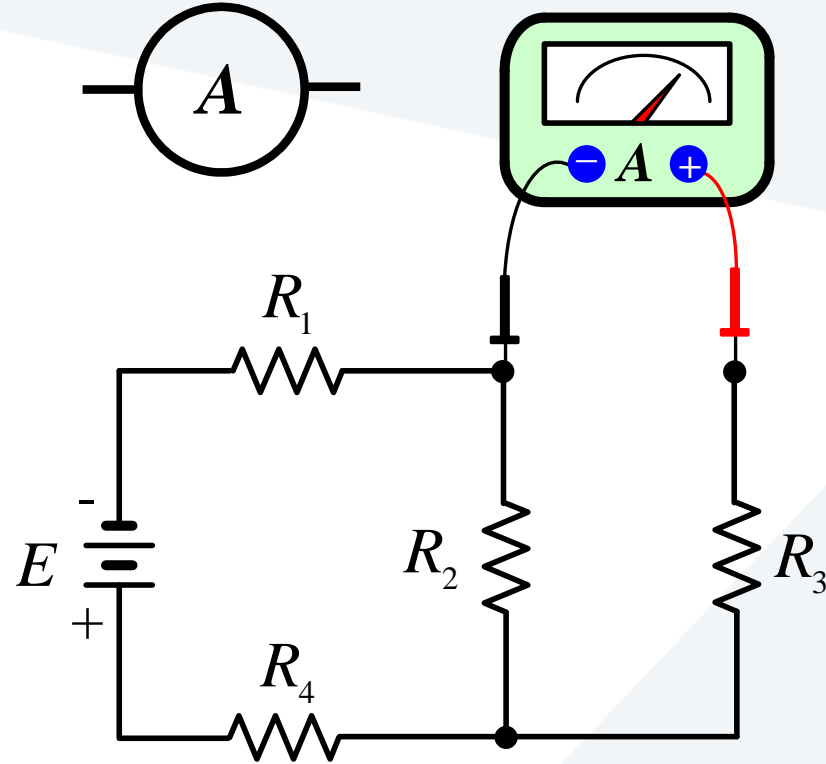
طريقة قياس الجهد  
المطبق على طرفي مقاومة.

يقيس مقياس الجهد في دارة الشكل فرق الجهد على طرفي المقاومة  $R_2$  أو  $R_3$  لأن المقاومتان المذكورتان موصولتان تفرعياً.

السؤال الذي يطرح نفسه: لماذا يتم وصل مقياس الجهد تفرعياً مع العنصر المراد قياس فرق الجهد على طرفيه في الدارة (مقاومة مثلاً)؟!



من المهم على جهاز القياس -**أيّاً كانت الكمية التي يقيسها**- أن يكون دقيقاً في قياسها، ويجب ألا تؤثر طريقة الوصل في القيمة المقاسة (**الجهد هنا**). وفقاً لذلك تم تصميم مقياس الجهد بمقاومة داخلية كبيرة جداً (**لا نهائية**) مقارنةً بقيم مقاومات الدارة. وحسب قاعدة مقسّم (**مجزئ**) التيار، عند وصل المقياس تفرعياً مع المقاومة المراد معرفة فرق الجهد على طرفيها، سيمر فيه تياراً صغيراً جداً (**يكاد يكون معدوماً**). في هذه الحالة يكون هبوط الجهد على مقاومة المقياس معدوماً تقريباً، بحيث لا يؤثر ذلك في قراءة قيمة فرق الجهد على طرفي المقاومة، وبالتالي تكون القراءة دقيقة.



طريقة قياس  
التيار المار عبر مقاومة.

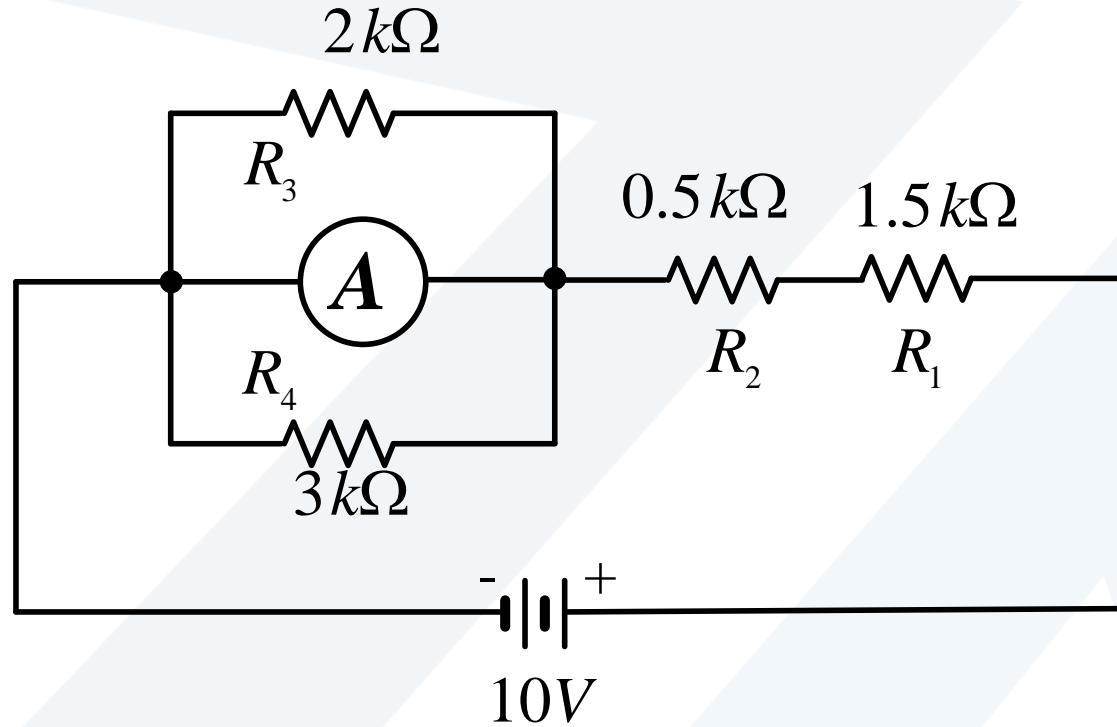
## مقياس التيار (Amperemeter):

يُستخدم هذا المقياس لقياس التيار المار في أحد عناصر الدارة، حيث يوصل على التسلسل مع العنصر المراد قياس التيار الساري فيه، ويُمثل في الدارات الكهربائية بشكل دائرة يُكتب بداخلها حرف (A)، كما هو مبين في الشكل.

والسؤال الآن: لماذا يتم وصل مقياس التيار تسلسلياً مع العنصر المراد قياس التيار المار فيه (مقاومة مثلاً)؟!

من المهم جداً عدم تأثر القيمة المقاسة (التيار هنا) بطريقة الوصل، ولذلك لا بد من تصميم مقياس التيار بحيث تكون مقاومته **صغيرة جداً** حتى لا تعيق هذه المقاومة سريان التيار المقاس، عندها لن تكون قراءة المقياس صحيحة. في هذه الحالة، وحسب قاعدة مقسّم (مجزئ) الجهد، سيكون **هبوط الجهد** على مقاومة المقياس **صغيراً جداً**، وبالتالي تكون قيمة التيار الذي يسري في المقاومة هي القيمة التي يشير إليها المقياس.

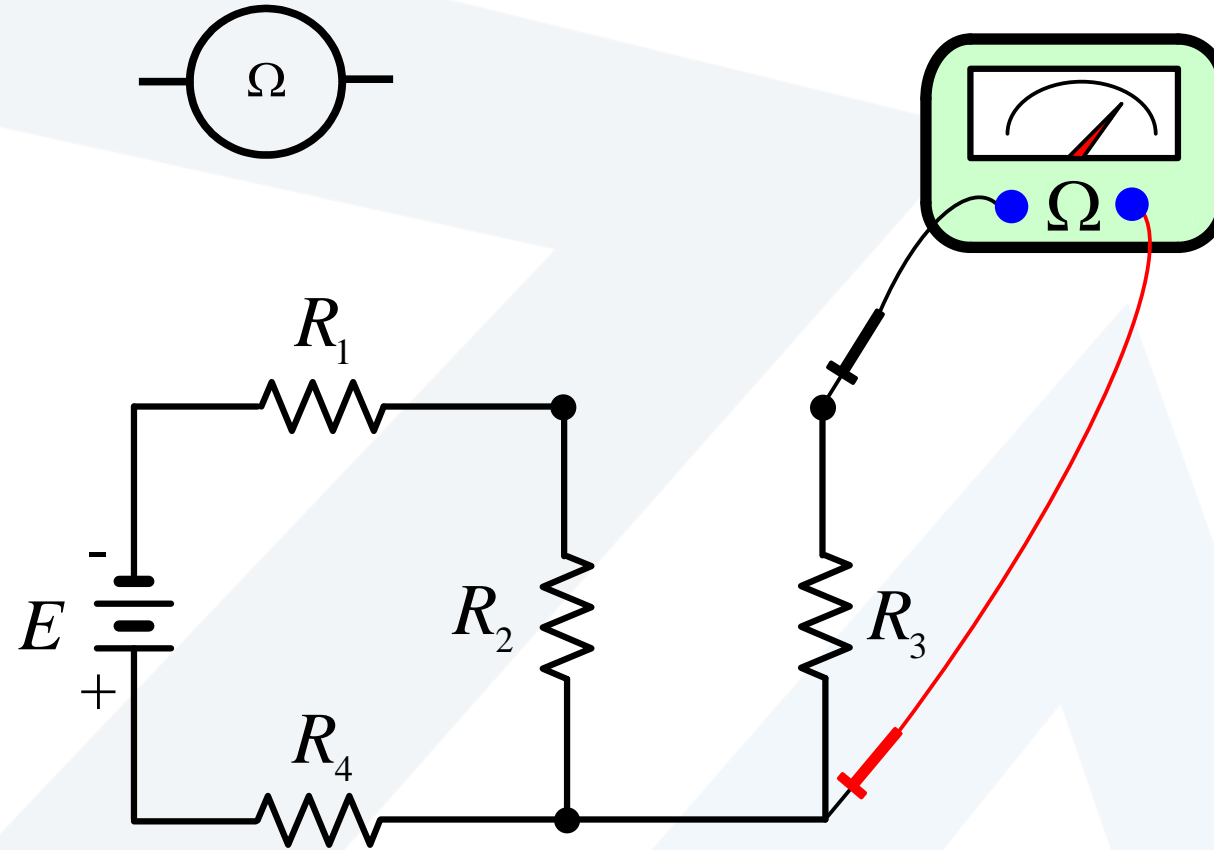
هل يجوز وصل مقياس التيار كما في الدارة؟ هل ستظهر قراءة للتيار؟



ما هي قراءة مقياس التيار؟ وما هي قيمة الجهد على طرفي المقاومة  $R_1$ .

## مقياس المقاومة (Ohmmeter):

يعتمد هذا المقياس في عمله على وجود منبع تغذية داخلي (بطارية)، يسبب سريان تيار في المقاومة المقاسة. لذلك وحتى تكون القراءة صحيحة لا بد من فصل هذه المقاومة عن منبع التغذية الرئيس في الدارة، ونصلها فقط إلى المقياس. يتم تمثيل مقياس المقاومة (Ohmmeter) في الدارات الكهربائية بشكل دائرة، يُكتب بداخلها الرمز ( $\Omega$ )، كما هو موضح في الشكل، الذي يبين كيفية قياس قيمة المقاومة  $R_3$ .

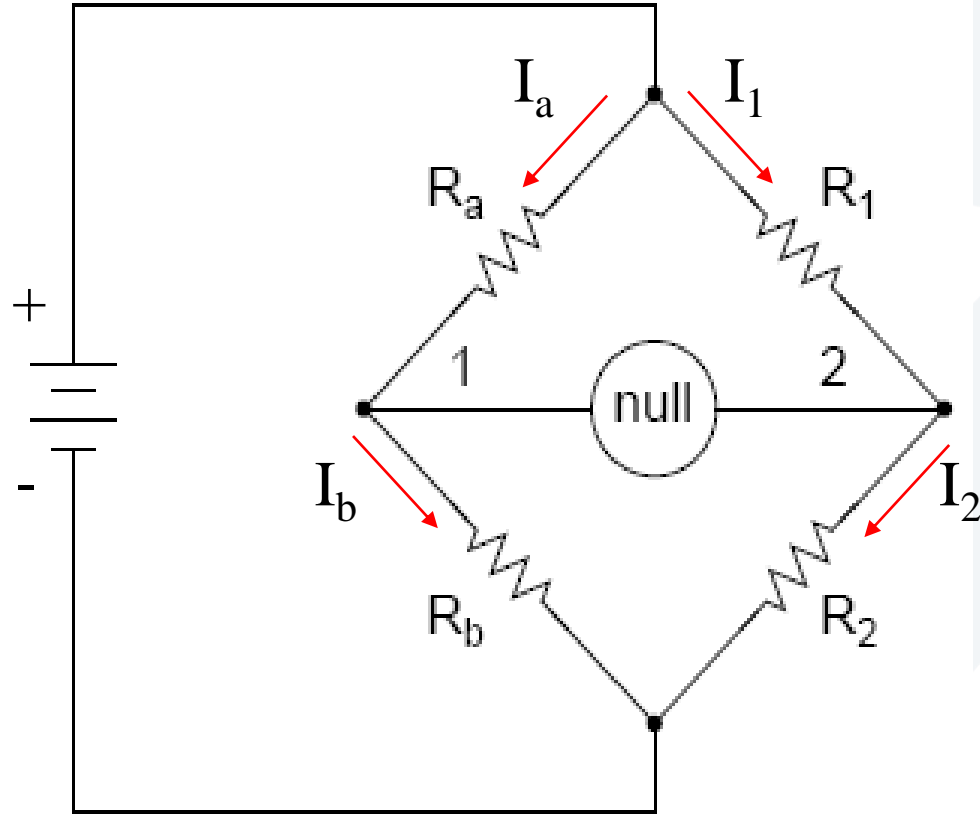


طريقة قياس قيمة المقاومة.

## الدارات الجسرية **Bridge Circuits**:

تستخدم الدارات الجسرية عادةً لقياس قيم العناصر الكهربائية الداخلة في تكوينه، وذلك بالاعتماد على مفهوم التوازن الكهربائي للجسر في طريقة قياس هذه العناصر. يُعدّ **جسر واطستون Wheatstone bridge** من أشهر الدارات الجسرية المستخدمة في القياس، وهو يتألف من أربع مقاومات موصولة إلى منبع جهد مستمر كما هو موضّح بالشكل، ويتم وصل الكاشف الصفري (**غلفانومتر galvanometer**) بين العقدتين **1** و **2** لكشف حالة توازن الجسر.

## دائرة جسر واطستون.



ويتألف جسر واطستون يتألف من أربع مقاومات موصولة إلى منبع جهد مستمر كما هو موضح بالشكل، ويتم وصل الكاشف الصفري (غلفانومتر galvanometer) بين العقدتين 1 و 2 لكشف حالة توازن الجسر.

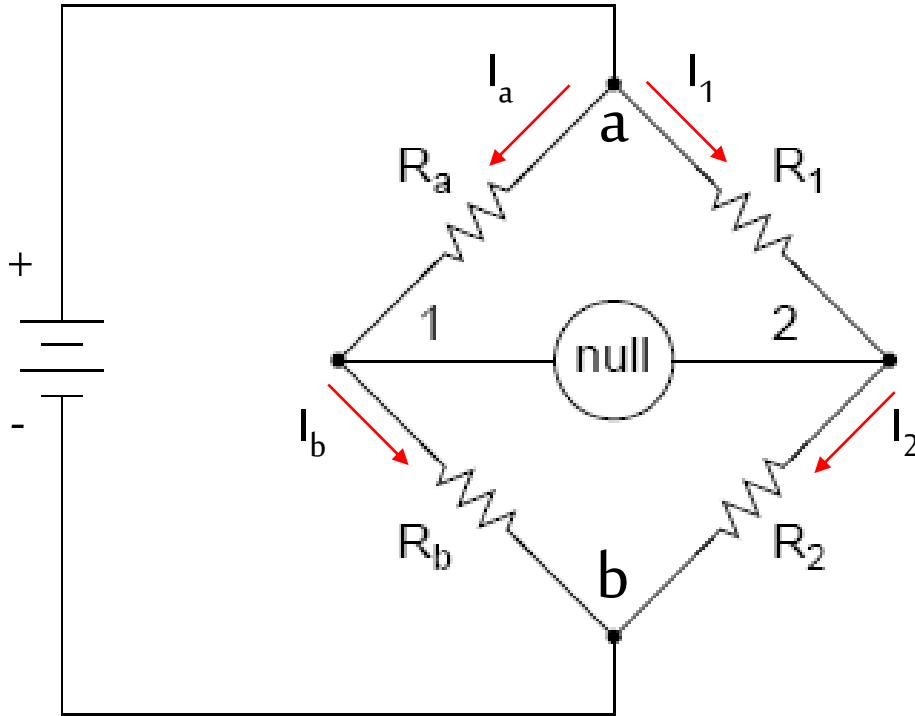


تحدد حالة توازن الجسر عندما يكون الجهد بين العقدتين 1 و 2 (جهد الخرج) معدوماً، أي:

$$V_{12} = V_{out} = 0$$

في هذه الحالة يتوزع الجهد بشكل متساوٍ على طرفي المقاومتين  $R_a$  و  $R_b$  من جهة، وعلى طرفي المقاومتين  $R_1$  و  $R_2$  من جهة ثانية بحيث يمكننا كتابة النسبة الآتية:

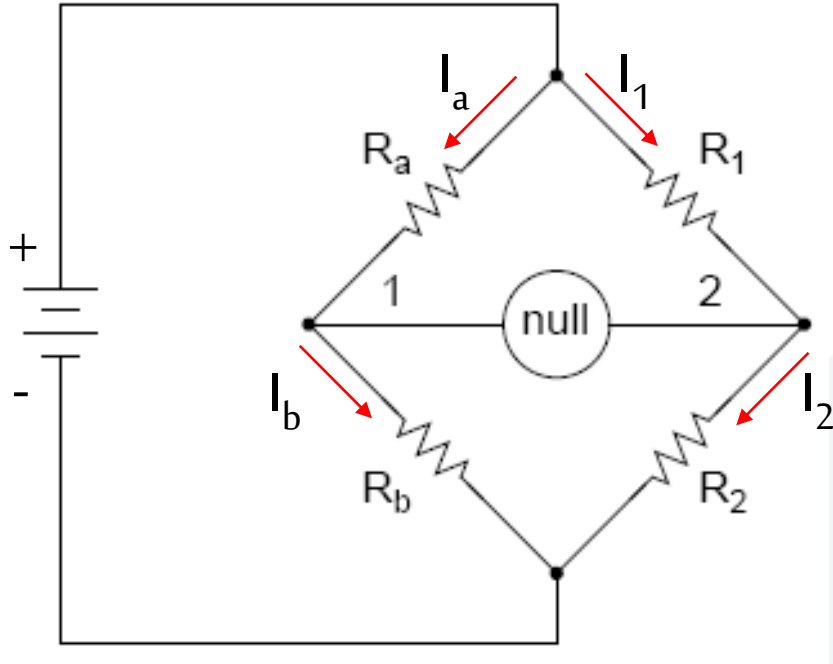
$$\frac{V_a}{V_b} = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow \frac{I_a \cdot R_a}{I_b \cdot R_b} = \frac{I_1 \cdot R_1}{I_2 \cdot R_2}$$



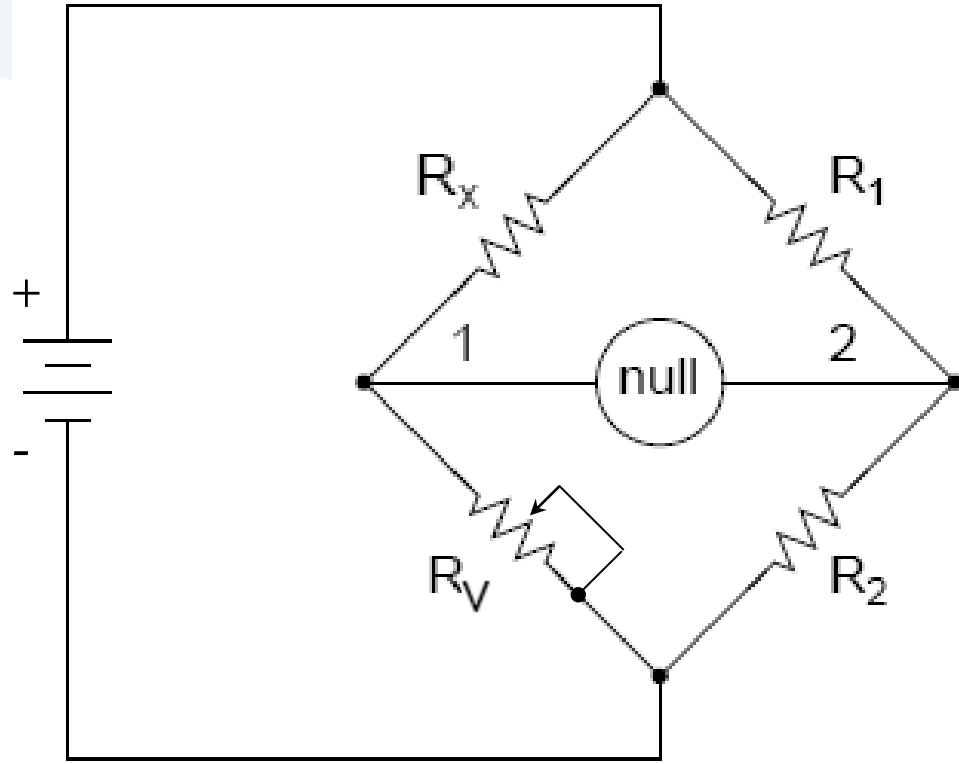
في حالة التوازن تكون التيارات  $(I_a, I_b)$  و  $(I_1, I_2)$  متساوية، أي  $I_a = I_b$  و  $I_1 = I_2$ ، وبالتالي تصبح النسبة بالشكل الآتي:

$$\frac{R_a}{R_b} = \frac{R_1}{R_2} \Rightarrow R_a \cdot R_2 = R_1 \cdot R_b$$

وفقاً لذلك نستطيع حساب قيمة أية مقاومة مجهولة في دائرة الجسر، وذلك في حالة كون باقي المقاومات معلومة القيم.



تكون المقاومتان  $R_1$  و  $R_2$  ثابتتي القيمة عادةً، بينما تكون المقاومة  $R_b$  متغيرة القيمة، حيث يُرمز لها في بعض المراجع بالرمز  $R_v$ . أما المقاومة  $R_a$  فتمثل المقاومة المجهولة، والتي يُرمز لها عادةً بالرمز  $R_x$ . وبالتالي تصبح الدارة كما هو مبين في الشكل.



دائرة قياس قيمة المقاومة  
اعتماداً على جسرواطستون.

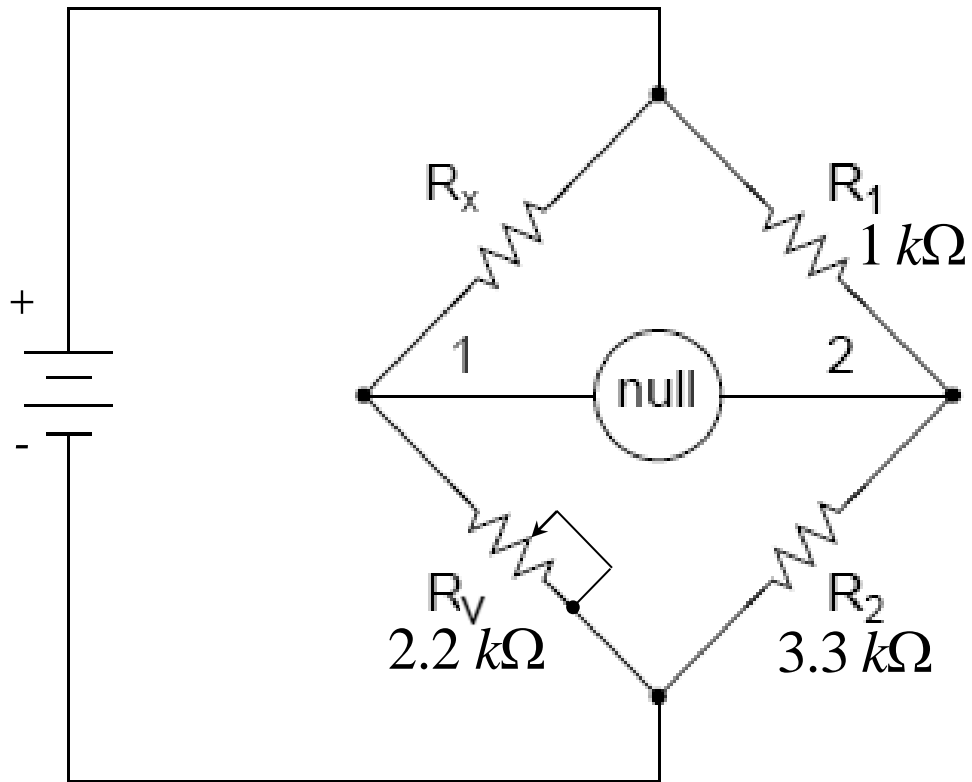
عند توازن الجسر في دائرة الشكل  
يمكننا كتابة النسبة الآتية:

$$\frac{R_x}{R_V} = \frac{R_1}{R_2}$$

$$\Rightarrow R_x = R_V \cdot \frac{R_1}{R_2}$$

**تطبيق:** احسب قيمة المقاومة  $R_x$  عند توازن جسر واطستون لدارة الشكل التالي.

عند توازن الجسر يكون:



$$\frac{R_x}{R_V} = \frac{R_1}{R_2}$$

$$\Rightarrow R_x = R_V \cdot \frac{R_1}{R_2}$$

$$R_x = 2.2 \times \frac{1}{3.3}$$

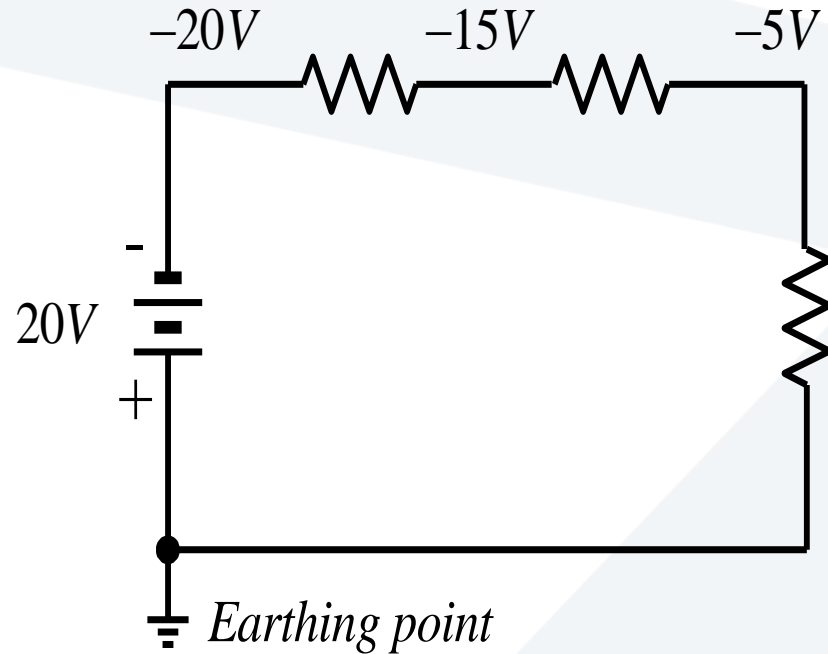
$$R_x = 0.67 [\text{k}\Omega]$$

## نقطة تأريض الدارة Earthing point Circuit :

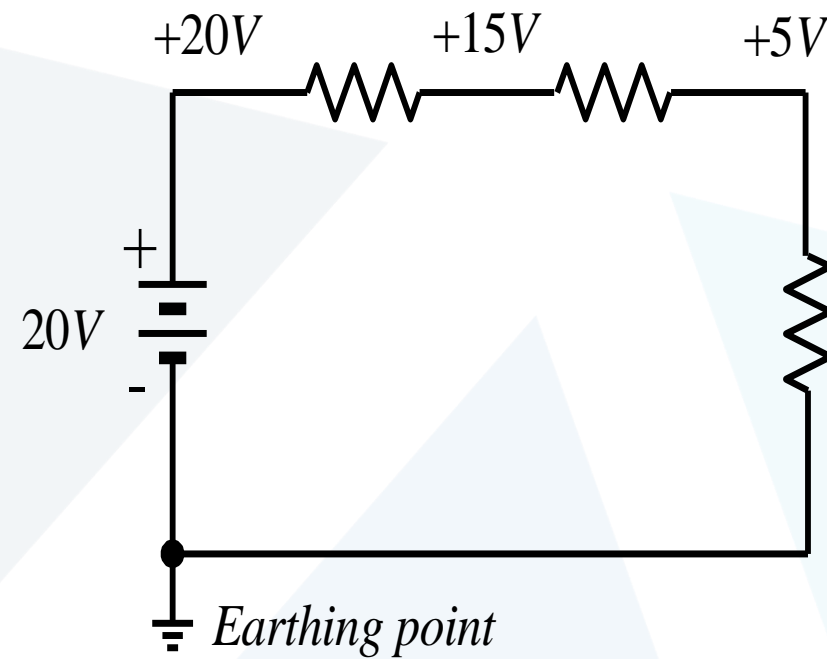
يُستخدم مفهوم التأريض للدلالة على عملية الوصل مع الأرض. فكما وجدنا سابقاً أن الجهد هو كمية نسبية نعبر عنه بمفهوم فرق الجهد. فعندما نتحدث عن الجهد في نقطة ما فإن ذلك يعني قياس أو حساب الجهد في هذه النقطة بالنسبة لنقطة مرجعية ما في الدارة.

عندما تُعطى قيمة الجهد لنقطة من الدارة، وليكن  $5V$ ، فإن هذا يعني أن جهد النقطة هو أكبر من جهد النقطة المرجعية للدارة بمقدار  $5V$ .

تُعد النقطة المرجعية في الدارة، النقطة من الدارة الموصولة مع الأرض (المؤرضة) حيث يكون جهد هذه النقطة مساوٍ للصفر. نلاحظ من الشكل التالي (a) دارة كهربائية وصل فيها القطب السالب لمنبع التغذية إلى نقطة التأريض، عندها تكون الجهود في الدارة موجبة بالنسبة للأرض. أما إذا وصل القطب الموجب لمنبع التغذية إلى الأرض، (الشكل التالي b)، فستكون الجهود في الدارة سالبة القيمة.



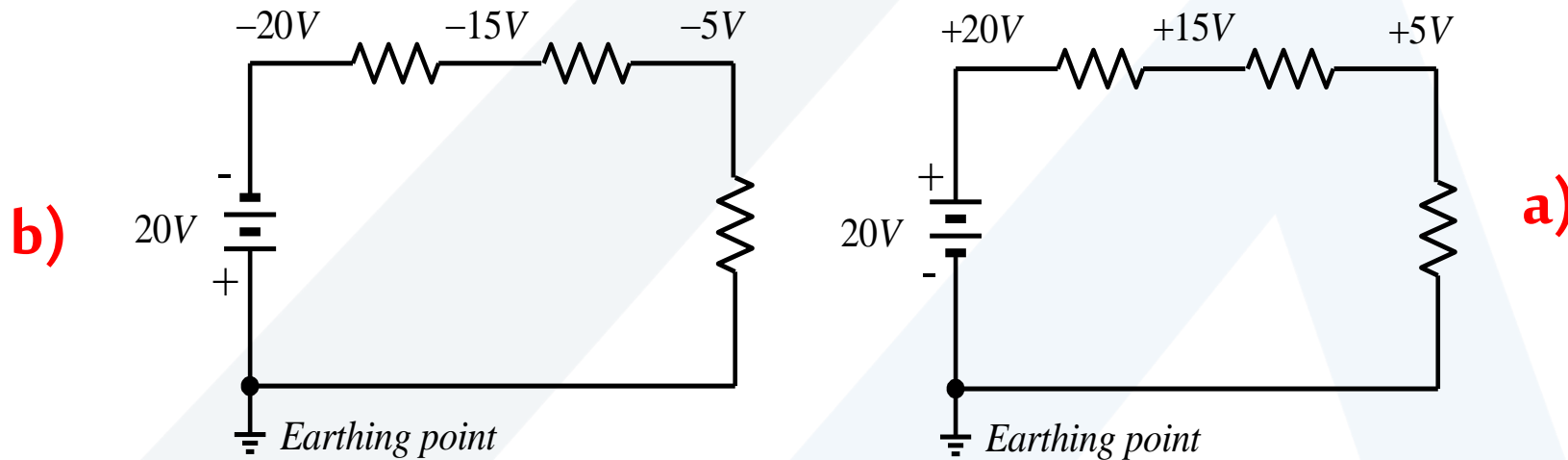
**b)**



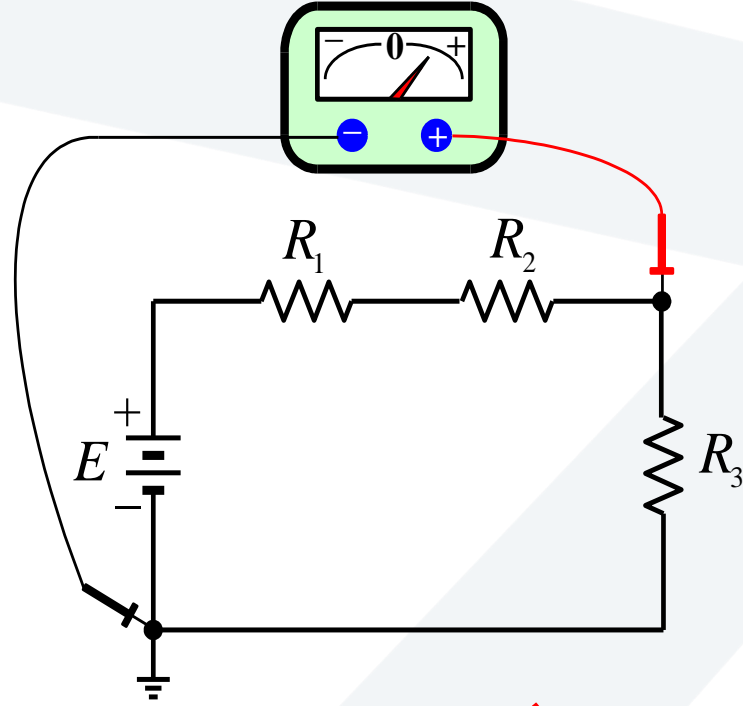
**a)**

دور النقطة المرجعية في تحديد قطبية الجهد.

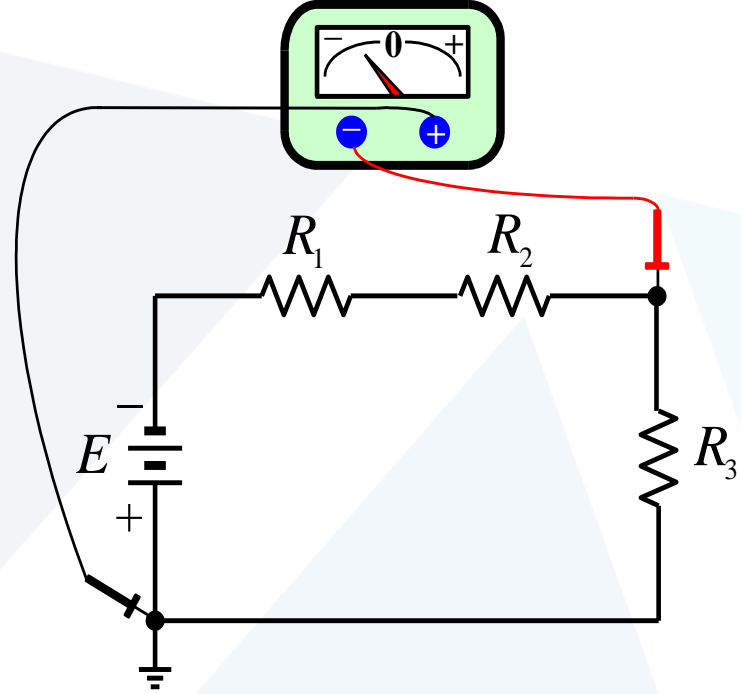
وفقاً لما سبق فإن عملية قياس الجهد في الدارة تتم عادةً بوصل مقياس الجهد (Voltmeter) بحيث يكون قطبه السالب موصولاً إلى نقطة التأريض، بينما يوصل القطب الموجب بالنقطة المراد معرفة جهدها، (الشكل a). أما إذا تم وصل القطب الموجب لمنبع التغذية ولمقياس الجهد إلى نقطة التأريض، ووصل القطب السالب إلى النقطة المراد قياس جهدها، (الشكل b) فسيقرأ المقياس الجهد السالب للنقطة بالنسبة للأرض.







a)

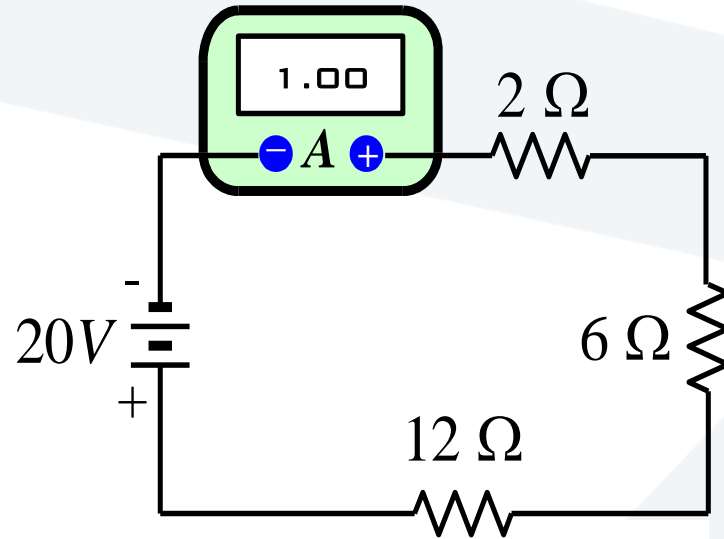


b)

تأثير طريقة وصل مقياس الجهد في قراءة قطبية هذا الجهد.

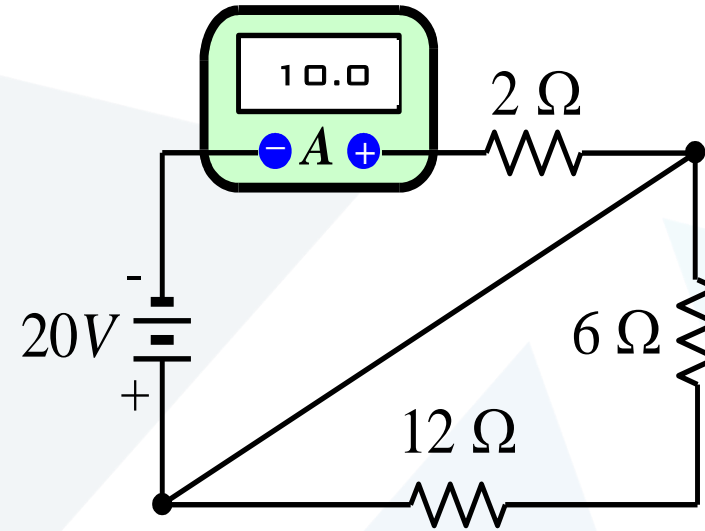
## دائرة القصر Short Circuit

تعرف دائرة القصر في الدارة الكهربائية بأنها الحالة التي تحدث عند وصل نقطتين من هذه الدارة لهما جهدين مختلفين بوساطة سلك ناقل مهمل المقاومة (مقاومة صغيرة جداً). ويؤدي القصر في الدارة إلى زيادة التيار نتيجة انخفاض قيمة المقاومة. ويبين الشكل التالي دائرة كهربائية في حالة العمل الطبيعي (a)، وفي حالة القصر (b) حيث تتضح زيادة التيار في حالة القصر عنه في حالة العمل الطبيعي بمقدار عشرة أضعاف نتيجة انخفاض مقاومة الدارة بمقدار  $18\Omega$  نتيجة دائرة القصر.



$$R_{total} = 20 \Omega \Rightarrow I = \frac{20V}{20\Omega} = 1A$$

a)

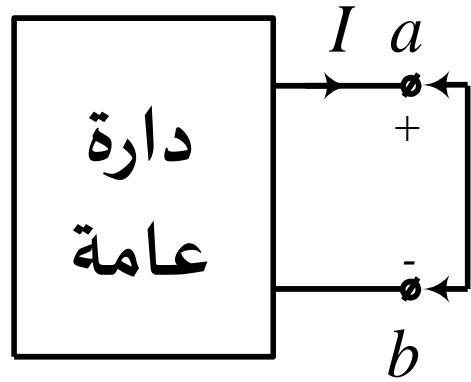


$$R_{total} = 2 \Omega \Rightarrow I = \frac{20V}{2\Omega} = 10A$$

b)

التغيرات التي تطرأ على الدارة عند حدوث قصر.

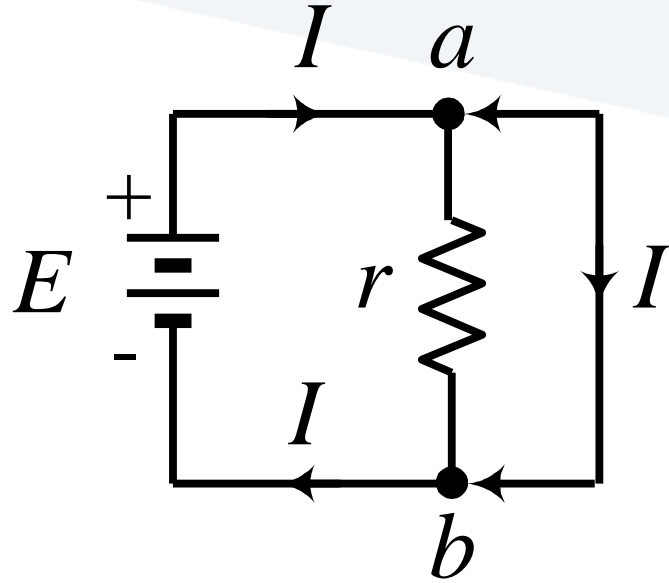
فإذا كانت لدينا دائرة عامة كما في الشكل التالي وقمنا بإحداثا قصرين قطبيها **a** و **b**.



في هذه الحالة يكون كمون النقطة **a** مساوٍ لكمون **b**، وبالتالي:

تمثيل القصر.

$$V_{ab} = I \cdot R \approx 0 \Rightarrow V_a = V_b$$



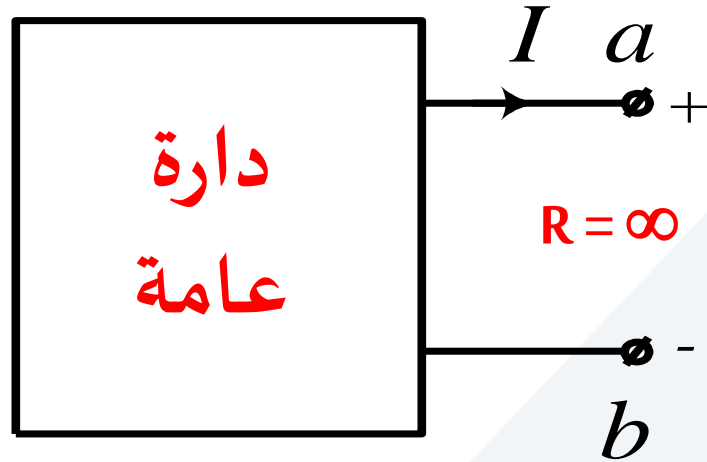
دائرة توضّح القصر.

فإذا كانت لدينا الدارة المبينة بالشكل التالي، فإن التيار لن يمر عبر المقاومة  $r$ ، بل عبر السلك المسبب للقصر بين النقطتين  $a$  و  $b$ ، لأن مقاومته أصغر (تساوي الصفر تقريباً). وبالتالي فإن التيار الصادر من المنبع سيعود إليه بالقيمة نفسها.

## قطع الدارة (الدارة المفتوحة) :Open Circuit

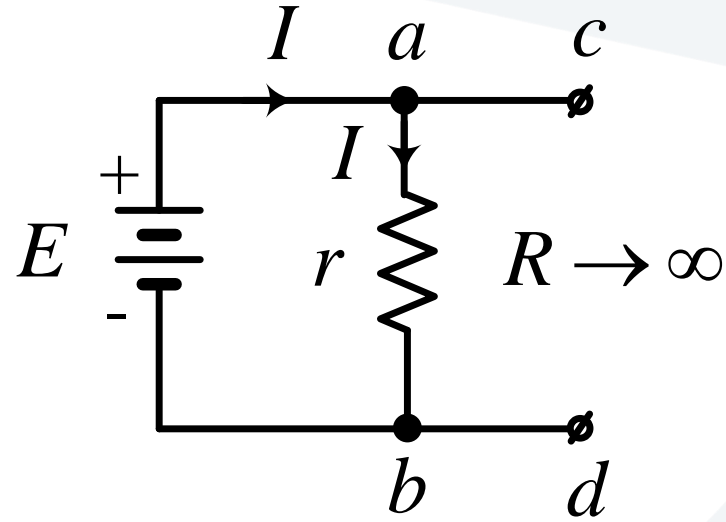
يُقصد بقطع الدارة خروج أحد عناصرها من العمل نتيجة عطل ما، فإذا كانت الدارة تسلسلية فسيؤدي ذلك حتماً إلى وقف سريان التيار فيها. وغالباً ما نلجأ في هذه الحالة إلى قياس فرق الجهد على طرفي كل عنصر من عناصر الدارة لمعرفة العنصر المسبب للعطل. ومن الأفضل أن يتم اختبار العناصر بقياس جهدها من أحد طرفي الدارة.

تُمثّل حالة عطل أحد عناصر الدارة بالقول أنها دارة مفتوحة، كما هو مبين بالشكل التالي لدارة عامة. في هذه الحالة تكون قيمة المقاومة بين النقطتين **a** و **b** كبيرة جداً (لا نهائية) مما يمنع سريان التيار من **a** إلى **b**، أي:



تمثيل قطع الدارة.

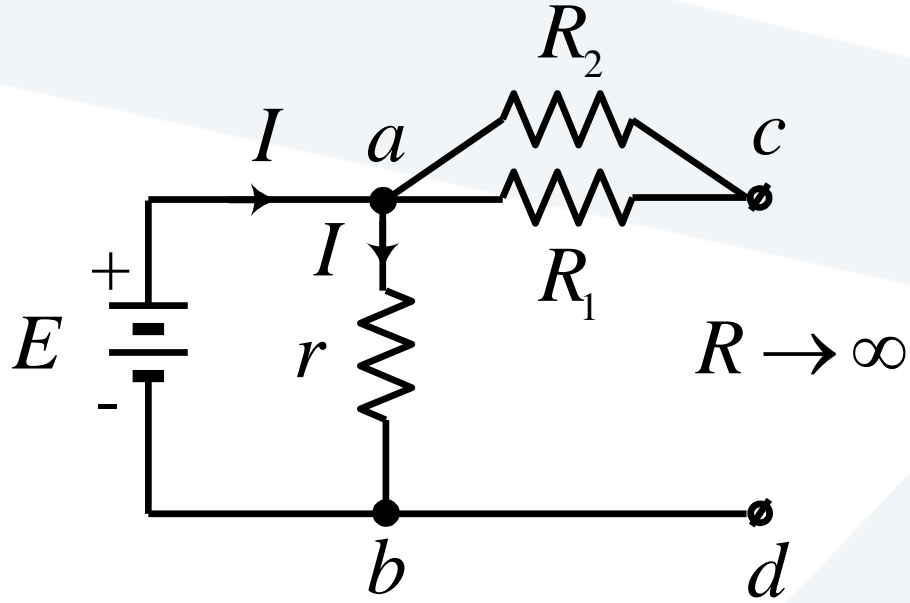
$$V_{ab} = I \cdot (R \rightarrow \infty)$$
$$\Rightarrow I = \frac{V_{ab}}{R \rightarrow \infty} \approx 0$$



دائرة توضّح قطع الدارة (الدائرة المفتوحة).

فإذا كانت لدينا الدارة المبينة بالشكل التالي، فإن التيار لن يمر من النقطة  $c$  إلى  $d$  لكون المقاومة بينهما لا نهائية (الدائرة مفتوحة). ولكن يمكن أن يكون هناك فرق جهد بينهما على أقطاب  $a$  و  $b$  أو  $c$  و  $d$ .

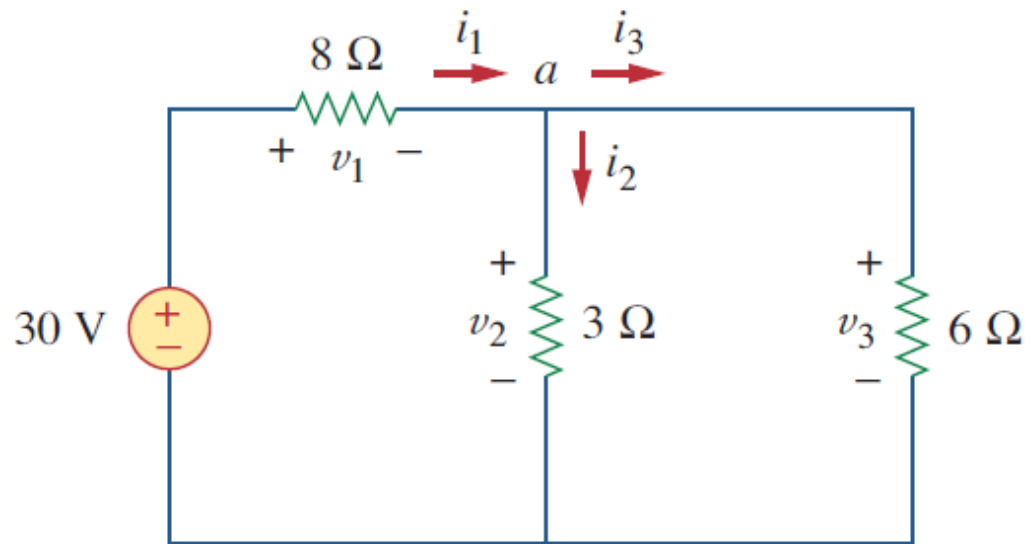




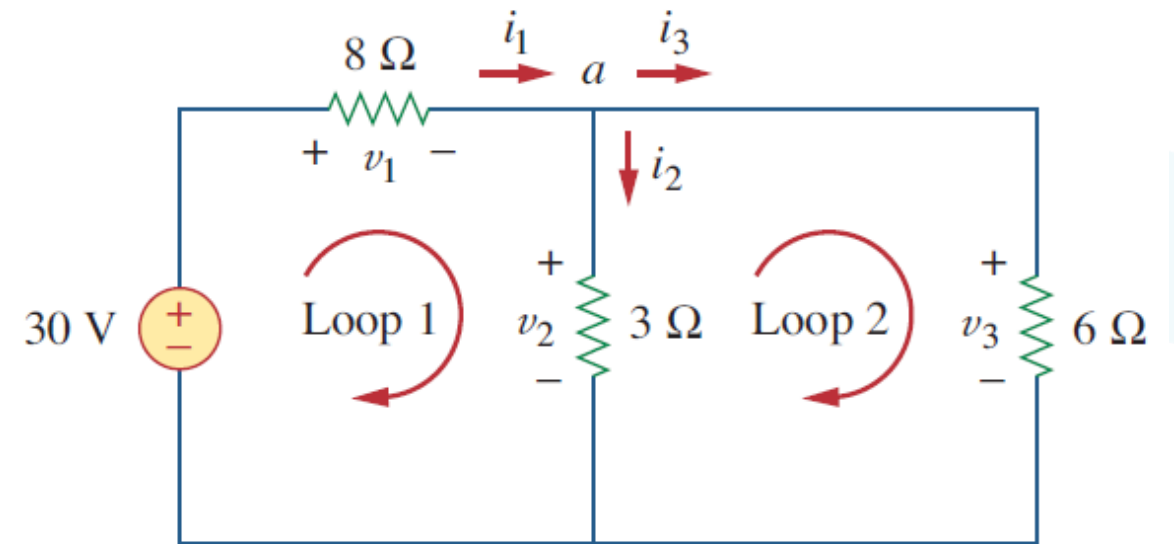
**ملاحظة:** بما أن المقاومة تمثل عنصراً خاملاً (غير فعال)، فإن وجود أية مقاومة بين النقطتين  $a$  و  $c$  (أو عدة مقاومات موصولة تفرعياً)، كما هو مبين بالشكل التالي لا يؤثر في النتيجة السابقة، ولن يسري أي تيار من  $a$  إلى  $c$ .

دائرة توضّح عدم سريان التيار بوجود عناصر بين  $a$  و  $c$ .

أوجد التيارات والجهود في الدارة المبينة بالشكل باستخدام طريقة التيارات الحلقية (ماكسويل).



(a)



(b)

