

الدارات الكهربائية

الدكتور المهندس
علاء الدين أحمد حسام الدين



قانونا كيرشوف Kirchhoff's Laws

Ohm's law by itself is not sufficient to analyze circuits. However, when it is coupled with Kirchhoff's two laws, we have a sufficient, powerful set of tools for analyzing a large variety of electric circuits. Kirchhoff's laws were first introduced in 1847 by the German physicist Gustav Robert Kirchhoff (1824–1887). These laws are formally known as Kirchhoff's current law (KCL) and Kirchhoff's voltage law (KVL). Kirchhoff's first law is based on the law of conservation of charge, which requires that the algebraic sum of charges within a system cannot change.

قانون أوم في حد ذاته لا يكفي لتحليل الدوائر. رغم ذلك، متى يقترن بقانوني كيرشوف، لدينا ما يكفي، قويمجموعة من الأدوات لتحليل مجموعة كبيرة ومتنوعة من الدوائر الكهربائية. كيرشوفتم تقديم القوانين لأول مرة في عام 1847 من قبل الفيزيائي الألماني جوستاف روبرت كيرشوف (1824-1887). تُعرف هذه القوانين رسميًا باسمقانون كيرشوف الحالي (KCL) وقانون كيرشوف للجهد (KVL). يستند قانون كيرشوف الأول إلى قانون حفظ الشحنة، الذي يتطلب أن مجموع الرسوم الجبرية داخل النظام لا يمكن أن يتغير.

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:

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

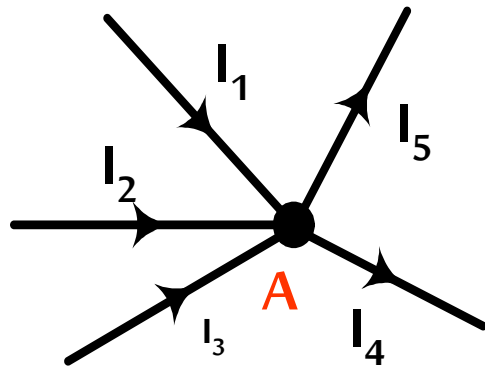
$$I_1 + I_2 + I_3 - I_4 - I_5 = 0$$

أو بشكل عام:

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

أي أن المجموع الجبري لتيارات العقدة يساوي الصفر.

where **n** is the number of branches connected to the node and **I_i** is the **n**th current entering (or leaving) the node. By this law, currents entering a node may be regarded as positive, while currents leaving the node may be taken as negative or vice versa.



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).

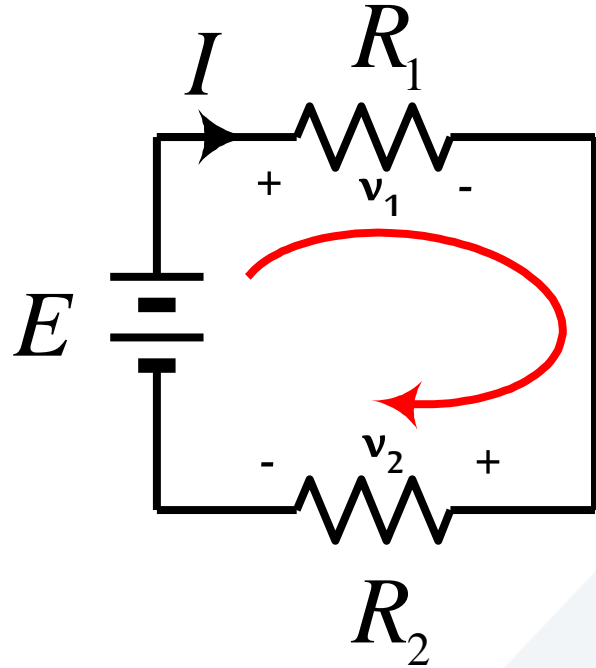
Kirchhoff's voltage law (KVL) states that the algebraic sum of all voltages around a closed path (or loop) is zero.

ويعبر رياضياً عن ذلك بالعلاقة الآتية:

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

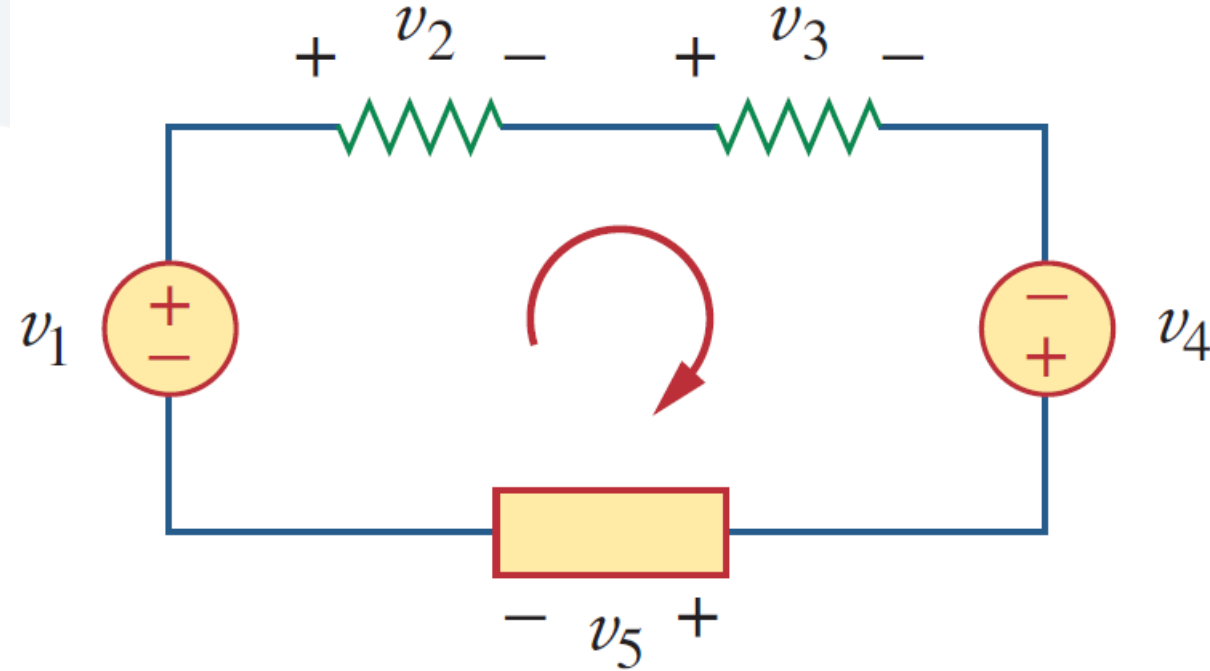
عند كتابة هذه المعادلة، تُعدّ القوة المحركة الكهربائية والتيار موجبان إذا توافق اتجاههما مع الاتجاه الافتراضي المعتبر في الدارة (الحلقة)، وإلا فهما سالبان، ويتم كتابتهما في العلاقة السابقة بإشارة سالبة.

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:

$$-E + v_1 + v_2 = 0$$

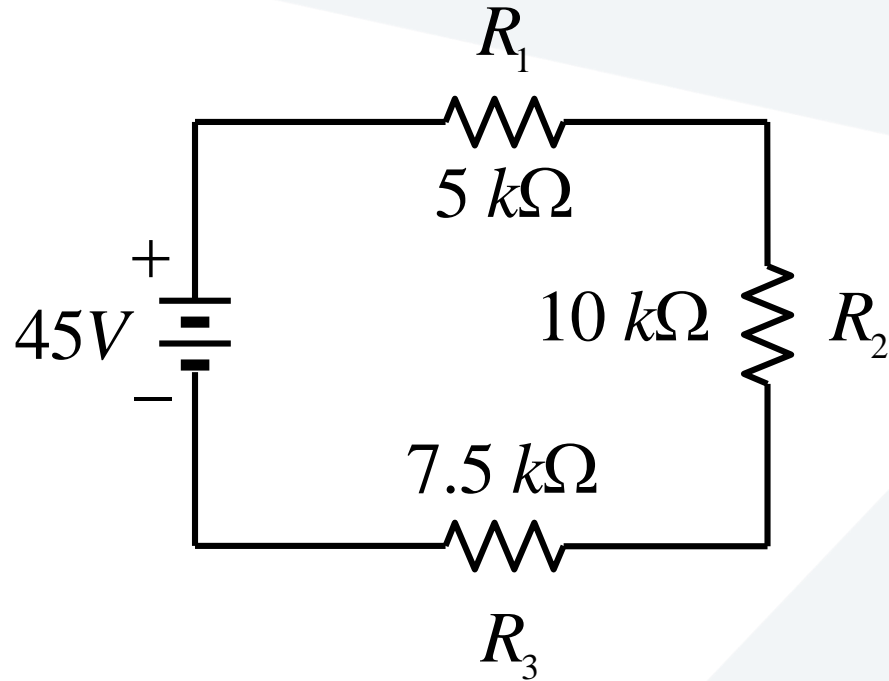


$$-v_1 + v_2 + v_3 - v_4 + v_5 = 0$$

$$v_2 + v_3 + v_5 = v_1 + v_4$$

دارات مقسّم (مجزئ) الجهد

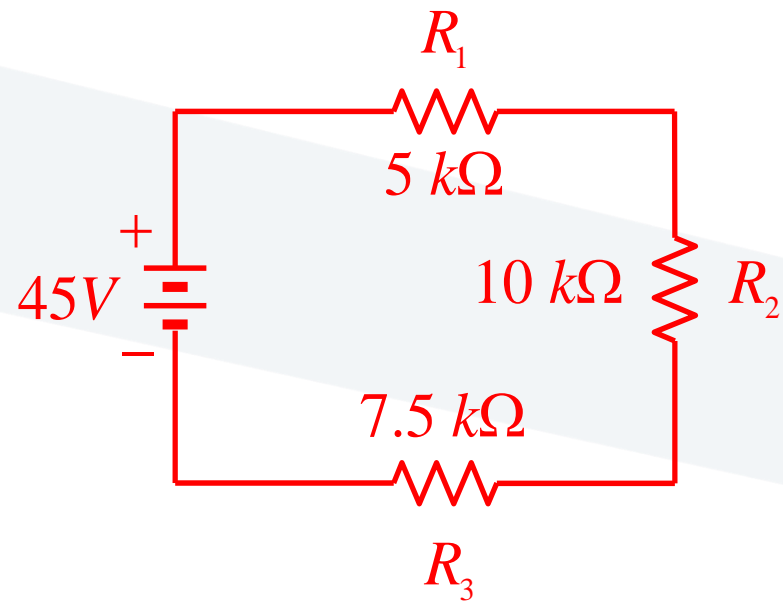
∴ Voltage Divider Circuits



لتكن لدينا الدارة التسلسلية البسيطة المبينة في الشكل والمكونة من منبع جهد قيمته 45 V وثلاث مقاومات قيمها:

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

وسنقوم بتحليل هذه الدارة من خلال حسابات الجهود المطبقة على كلٍ منها.



	R_1	R_2	R_3	Total
$R\text{ [k}\Omega\text{]}$	5	10	7.5	22.5
$I\text{ [mA]}$	2	2	2	2
$V\text{ [Volts]}$	10	20	15	45

إذا استبدلنا منبع الجهد بمنبع آخر جهده **180 volts**، فسنجد أن هذا التناسب في قيمة الجهد المطبق على المقاومات سيبقى ثابتاً، وتصبح النتائج كما يأتي:

	R_1	R_2	R_3	Total
$R [k\Omega]$	5	10	7.5	22.5
$I [mA]$	8	8	8	8
$V [Volts]$	40 10	80 20	60 15	180 45

نلاحظ من النتائج الأخيرة أن الجهد المطبق على المقاومة R_2 يبقى مساوياً تماماً لضعف الجهد المطبق على المقاومة R_1 .

مما سبق يتّضح لدينا أن الجهد المطبّق على كل مقاومة يتعلّق فقط بقيمة منبع الجهد. فالجهد المطبّق على المقاومة R_1 يبلغ 10 V عندما تكون قيمة جهد المنبع 45 V ، وعندما تزداد قيمة جهد المنبع حتى 180 Volts (أكبر بأربع مرات) يصبح الجهد المطبّق على المقاومة المذكورة هو 40 Volts أي سيزداد بمقدار نسبة ازدياد قيمة جهد المنبع نفسها (بأربع مرات) بحيث تبقى النسبة بين الجهد المطبّق على المقاومة R_1 وقيمة جهد المنبع ثابتة. والنتيجة نفسها نجدها بالنسبة لباقي مقاومات الدارة، أي:

$$\frac{V_{R1}}{V_{total}} = \frac{10V}{45V} = \frac{40V}{180V} = 0.22222$$
$$\frac{V_{R2}}{V_{total}} = \frac{20V}{45V} = \frac{80V}{180V} = 0.44444$$
$$\frac{V_{R3}}{V_{total}} = \frac{15V}{45V} = \frac{60V}{180V} = 0.33333$$

لهذا السبب غالباً ما تُسمّى الدارات التسلسلية **بدارات مقسّم (مجزّي) الجهد**، وذلك لإمكانية تقسيم أو تجزئة جهد المنبع وفق نسبة ثابتة. ووفقاً لذلك يمكن التعبير عما سبق كما يأتي:


$$V_n = I_n \cdot R_n$$

الجهد المطبّق على كل مقاومة:

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

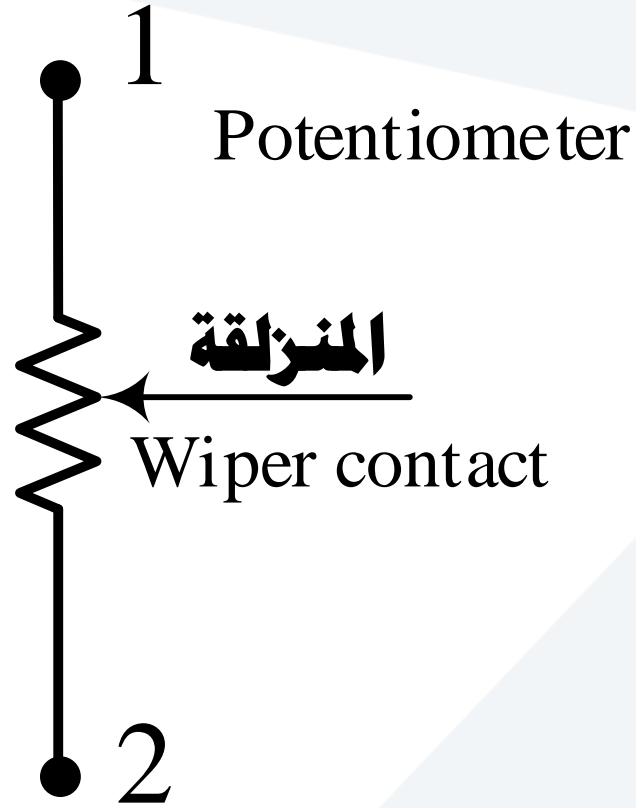
التيار المار في الدارة التسلسلية:

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


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

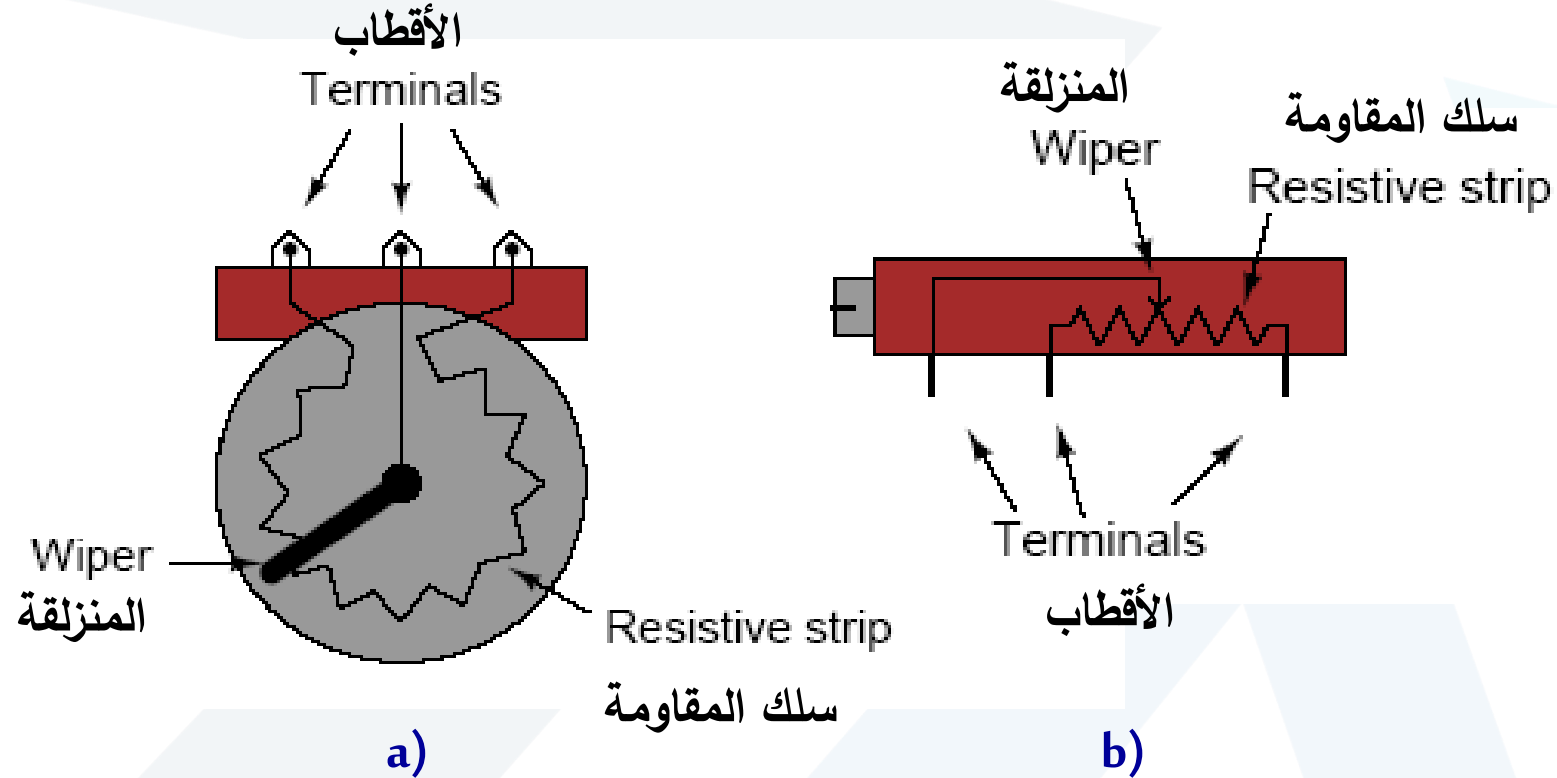
$$V_n = V_{\text{total}} \cdot \frac{R_n}{R_{\text{total}}}$$

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.

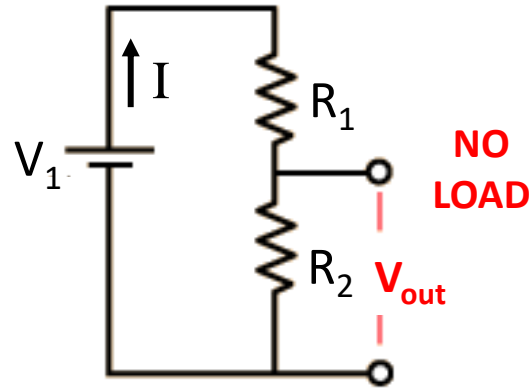
ويبين الشكل نماذج تطبيقية له.



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**):

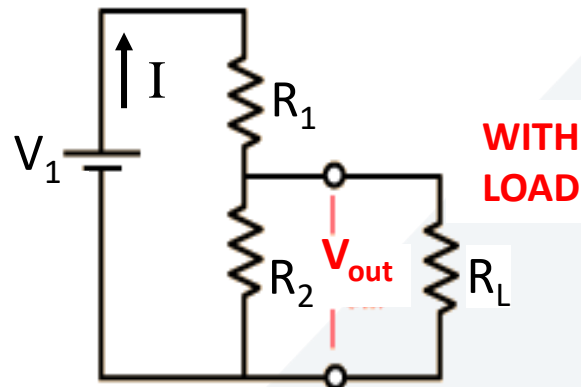
OPEN CIRCUIT BEHAVIOR



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

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

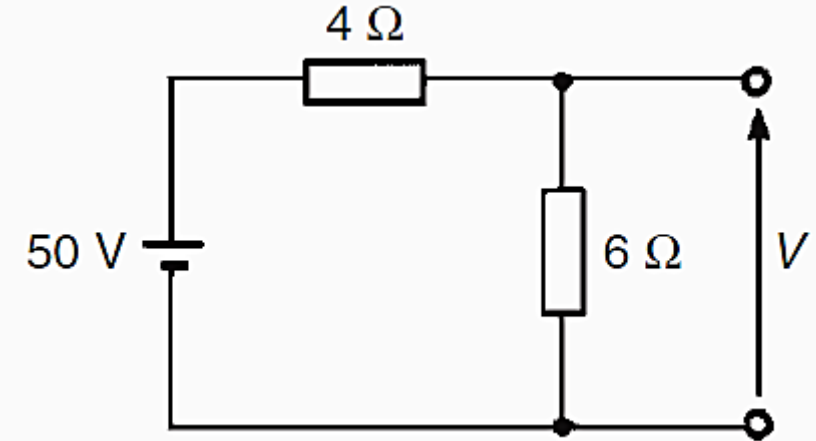
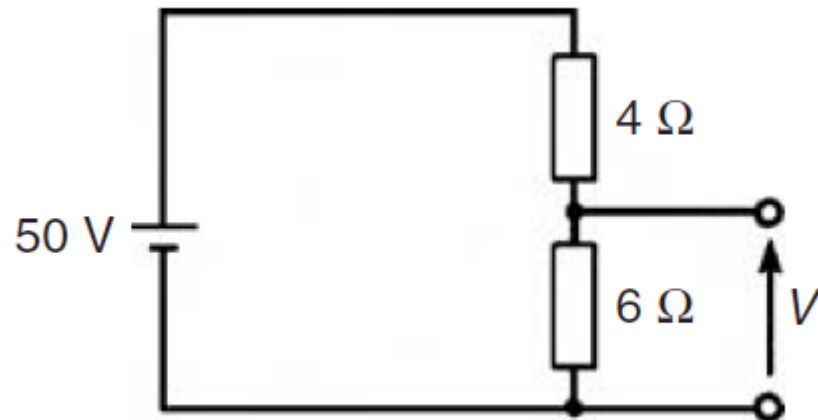
BEHAVIOR UNDER LOAD



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.



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

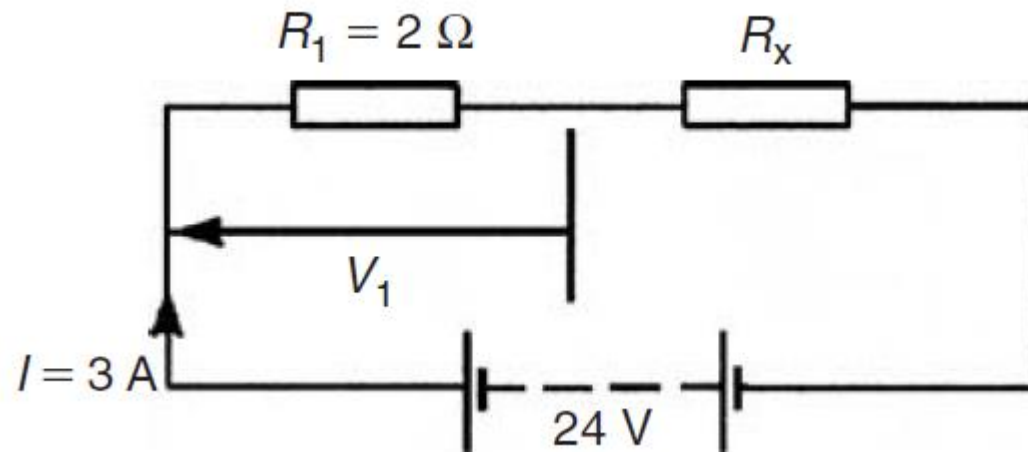
$$\text{Voltage } V = \left(\frac{6}{4+6} \right) \times 50 = 30 \text{ [V]}$$

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 **2Ω** determine:

a) The value of the other resistor and

b) The **potential difference (P.d.)** across the **2Ω** resistor.

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



a) Total circuit resistance

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

Value of unknown resistance

$$R_x = 8 - 2 = 6 \text{ } [\Omega]$$

b) P.d. across 2Ω resistor,

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

Alternatively, from above,

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

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

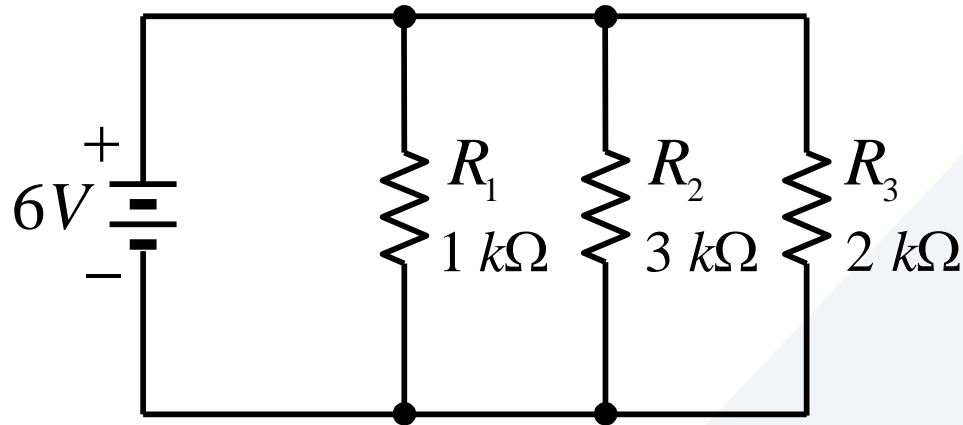
Energy used = power × time

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

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

دارات مقسّم (مجزّي) التيار

∴ Current Divider Circuits



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

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

وسنقوم بتحليل هذه الدارة من خلال حسابات تيارات الفروع المارة في كل مقاومة.

من المعلوم أن الجهد المطبق على كل عنصر من عناصر الدارة التفرعية هو نفسه ويساوي جهد المنبع **6 volts**. وبالتالي يمكننا اعتماداً على قانون أوم حساب تيارات كل فرع من فروع الدارة. وحسب قانون كيرشوف الأول في العقد يكون مجموع تيارات الفروع مساوٍ للتيار الكلي. يتم أخيراً حساب القيمة المكافئة للمقاومة من خلال الجمع التفرعي لها. ننظم النتائج في الجدول الآتي:

	R_1	R_2	R_3	Total
V [Volts]	6	6	6	6
R [k Ω]	1	3	2	0.545
I [mA]	6	2	3	11

يتضح من جدول النتائج أن التيار المار عبر كل مقاومة من المقاومات التفرعية يتعلق بقيمة هذه المقاومة، لأن الجهد المطبق عليها هو نفسه. وبدلاً من أن يكون التناسب طردياً فإن العلاقة هنا تدل على التناسب العكسي بين قيمة المقاومة وقيمة التيار المار عبرها. فمثلاً، نلاحظ أن التيار المار عبر المقاومة R_1 أكبر بمرتين من التيار المار عبر المقاومة R_3 ذات القيمة الأكبر بمرتين من قيمة R_1 .

إذا قمنا بتغيير قيمة منبع الجهد للدارة فإننا سنتفاجأ أن علاقات النسب بين المقاومات وتياراتها لن تتغير. يبين الجدول الآتي النتائج التي نحصل عليها عند استبدال منبع الجهد السابق بمنبع جهده **24 volts**:

	R_1	R_2	R_3	Total
V [Volts]	24	24	24	24
R [k Ω]	1	3	2	0.545
I [mA]	24	8	12	44

نلاحظ من النتائج الأخيرة أن التيار المار عبر المقاومة R_1 يبقى مساوياً تماماً لضعف قيمة التيار المار عبر المقاومة R_3 ، على الرغم من تغيير قيمة منبع الجهد. أي أن قيم تيارات الفروع المختلفة تتعلق بشكل رئيس بقيمة مقاومات تلك الفروع.

بشكل مشابه لمقسّم الجهد نجد أن النسبة بين كل تيار من تيارات الفروع وبين التيار الكلي تبقى ثابتة أيضاً وذلك على الرغم من زيادة قيمة جهد المنبع بأربع مرات، أي:

$$\frac{I_{R1}}{I_{total}} = \frac{6mA}{11mA} = \frac{24mA}{44mA} = 0.54545$$
$$\frac{I_{R2}}{I_{total}} = \frac{2mA}{11mA} = \frac{8mA}{44mA} = 0.18182$$
$$\frac{I_{R3}}{I_{total}} = \frac{3mA}{11mA} = \frac{12mA}{44mA} = 0.27273$$

لهذا السبب غالباً ما تُسمّى الدارات التفرعية بدارات مقسّم (مجزئ) التيار، وذلك لإمكانية تقسيم أو تجزئة التيار الكلي وفق نسبة ثابتة. ووفقاً لذلك يمكن التعبير عما سبق من خلال المعادلات الآتية:

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

التيار المار عبر كل مقاومة:

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

جهد الدارة التفرعية:

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



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

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.

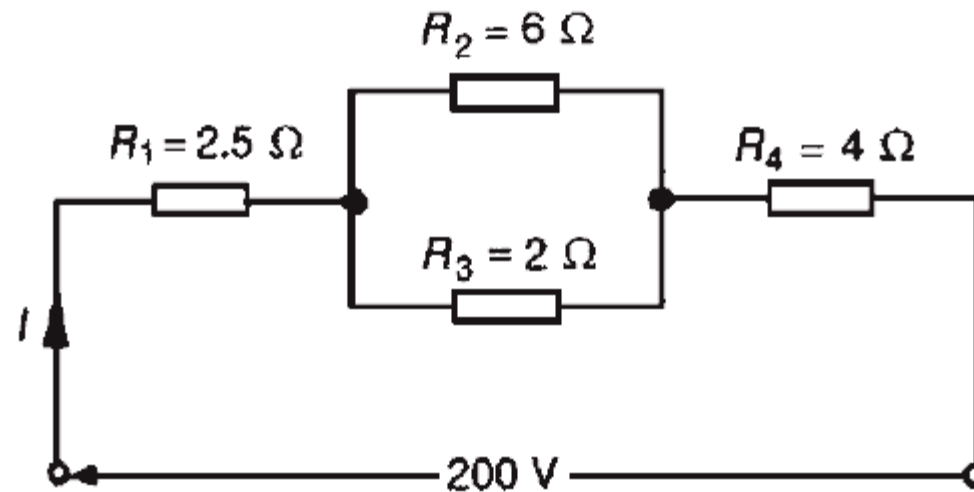
Current divider formula $I_n = I_{total} \cdot \frac{R_{total}}{R_n}, \frac{R_{total}}{R_n} < 1$

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)

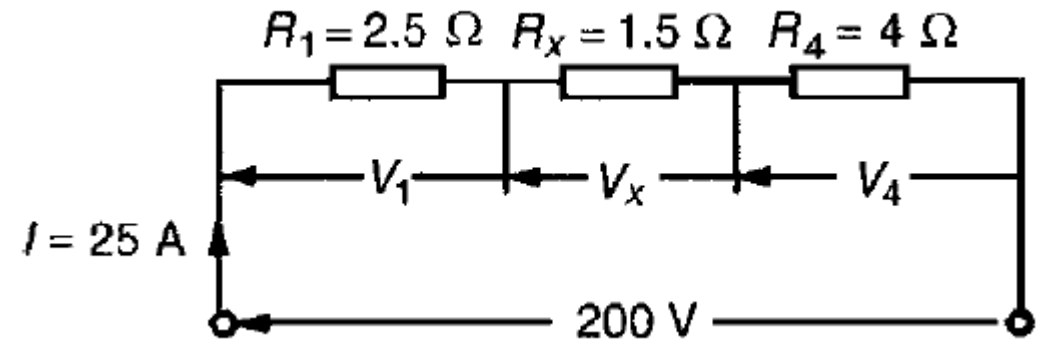
c) The equivalent circuit is shown in Fig.

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.

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



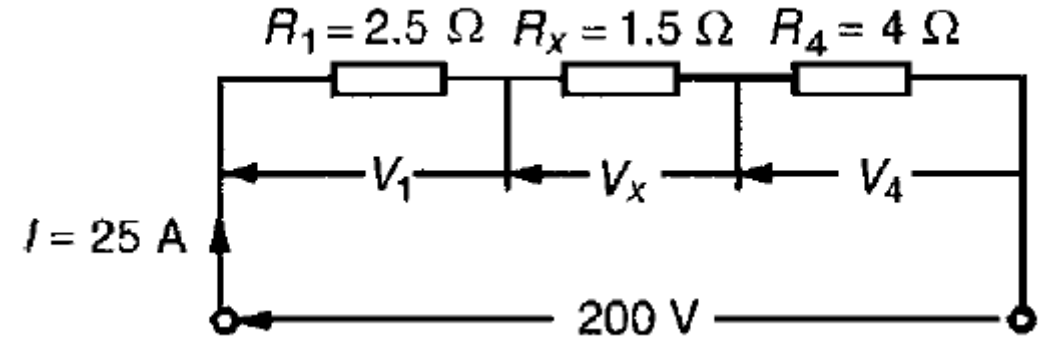
c) The equivalent circuit is shown in Fig.

Hence the p.d. across R_2

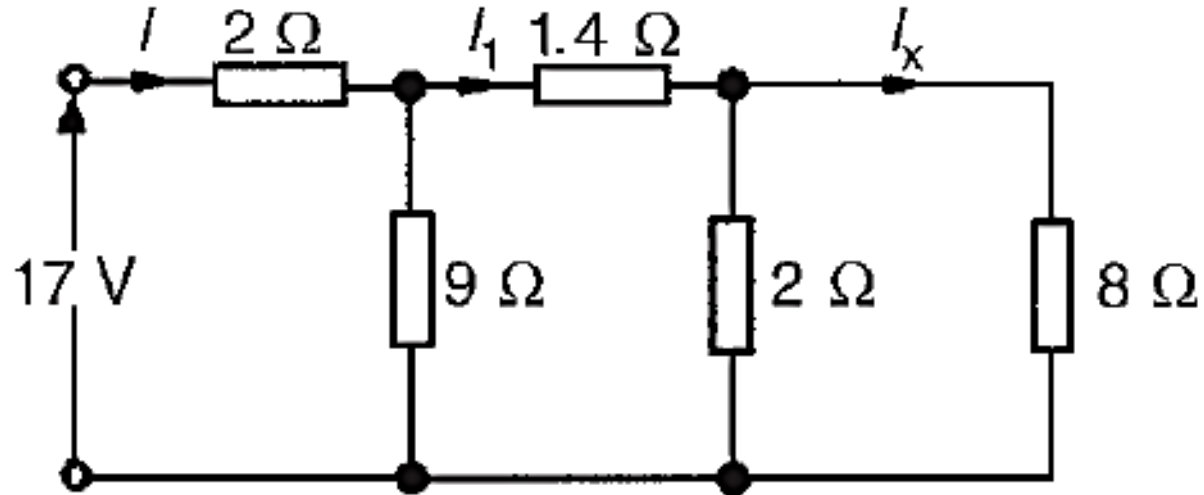
$$V_4 = I \cdot R_4 = 25 \times 4 = 100 \text{ [V]}$$

Hence the P.d. across R_2

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

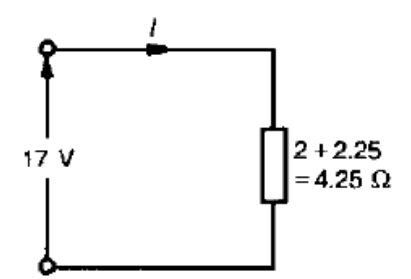
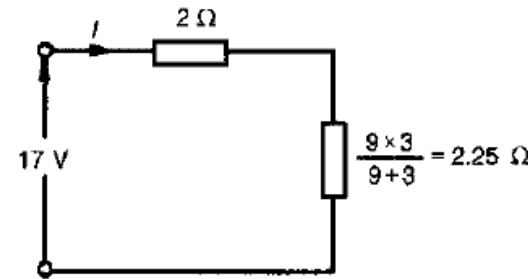
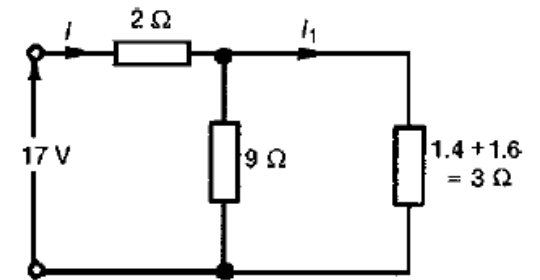
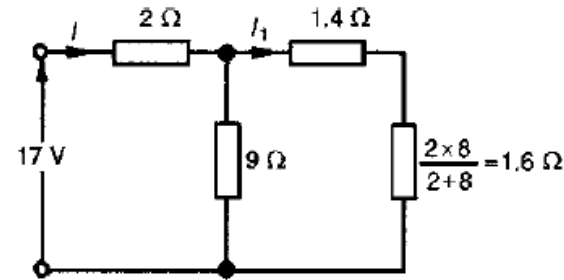


For the arrangement shown in Fig. find the current I_x



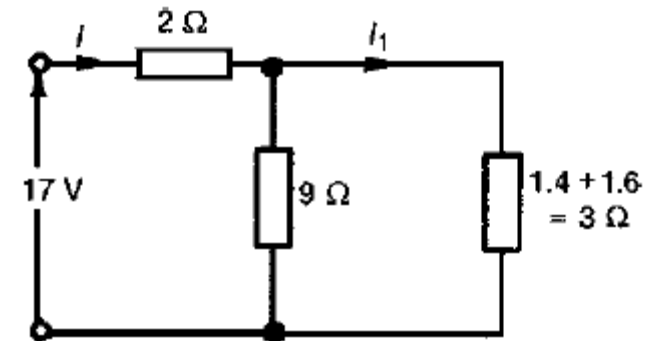
$$R_{eq} = \{[(2//8) + 1.4]//9\} + 2 = 4.25[\Omega]$$

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



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

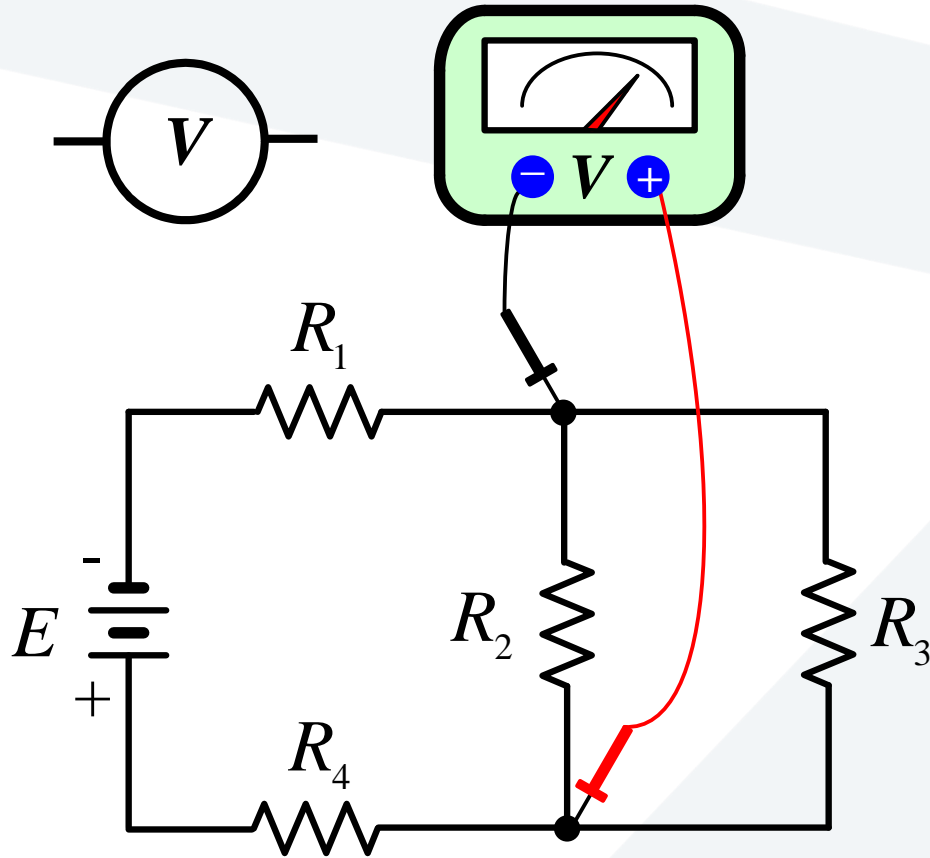
$$I_X = \left(\frac{2}{2 + 8} \right) \cdot I_1 = \left(\frac{2}{10} \right) \times 3 = 0.6 \text{ [A]}$$



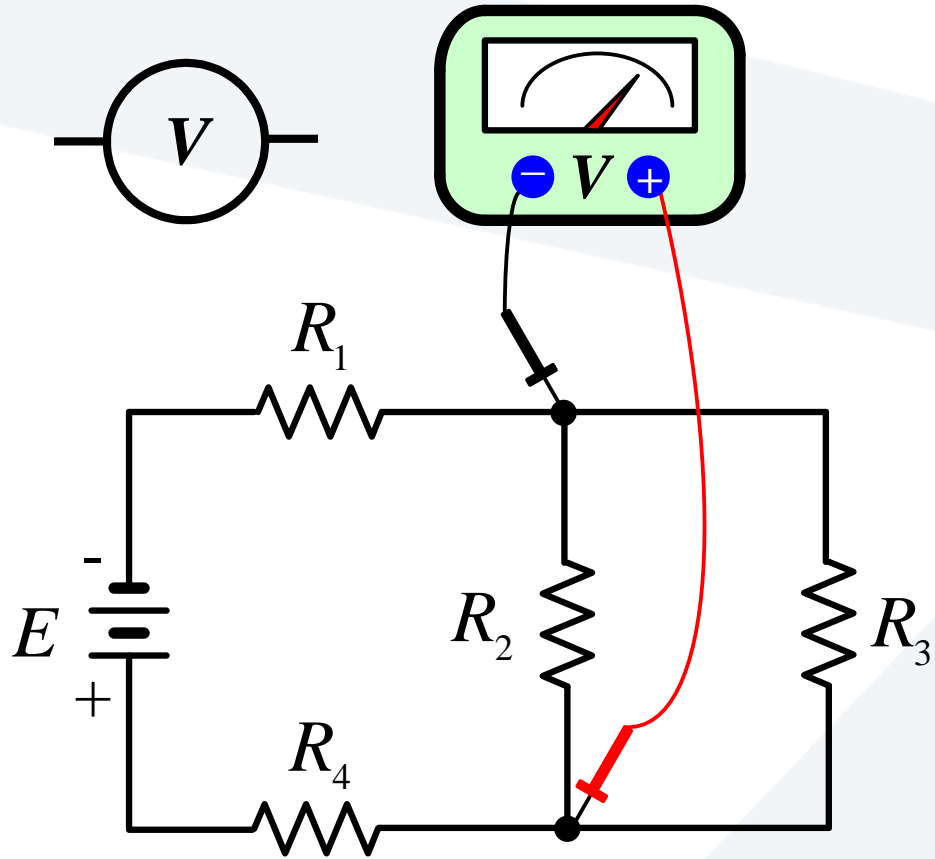
أجهزة القياس وطرق وصلها في الدارة الكهربائية:

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.

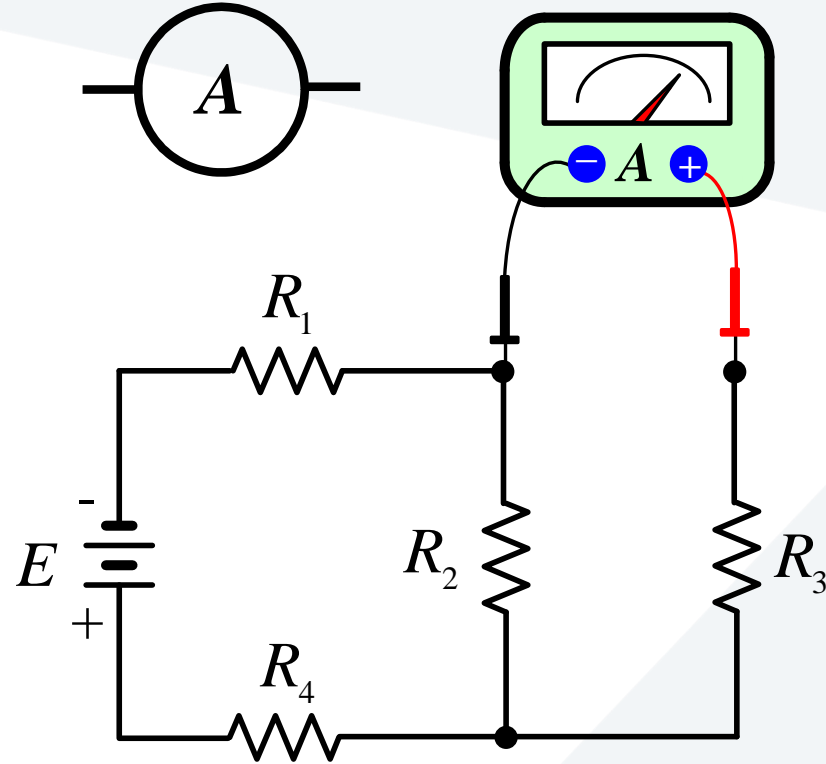


طريقة قياس الجهد
المطبق على طرفي مقاومة.

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 -**أيًا 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.

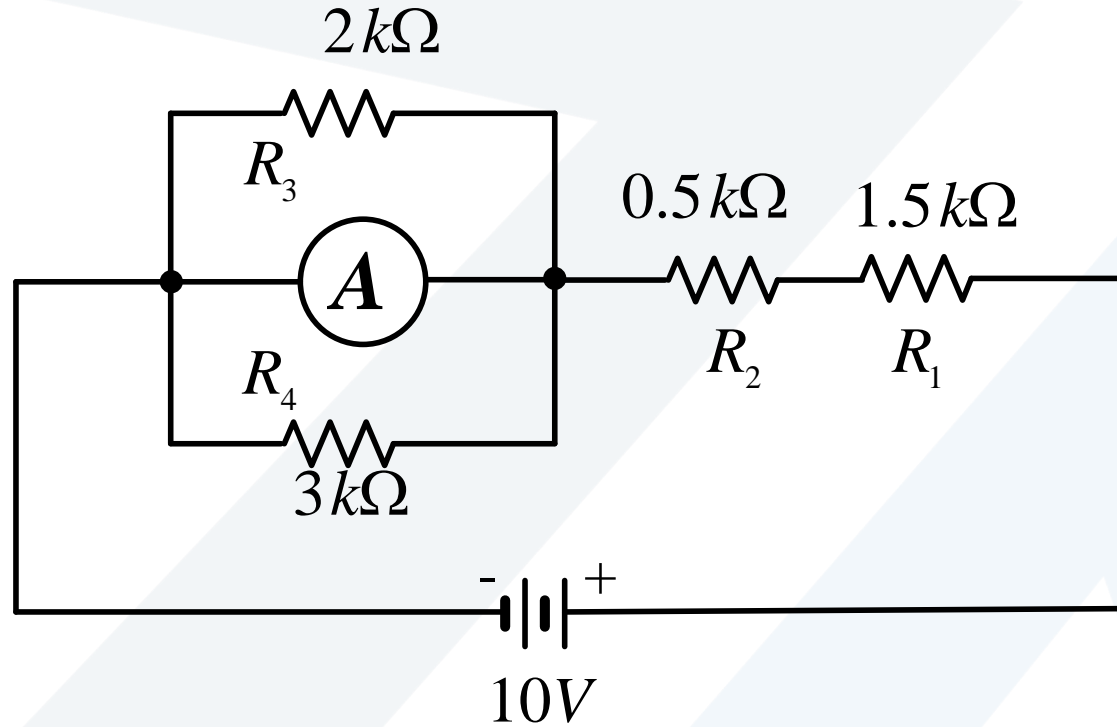
مقياس التيار (Amperemeter):

يُستخدم هذا المقياس لقياس التيار المار في أحد عناصر الدارة، حيث يوصل على التسلسل مع العنصر المراد قياس التيار الساري فيه، ويُمثّل 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.

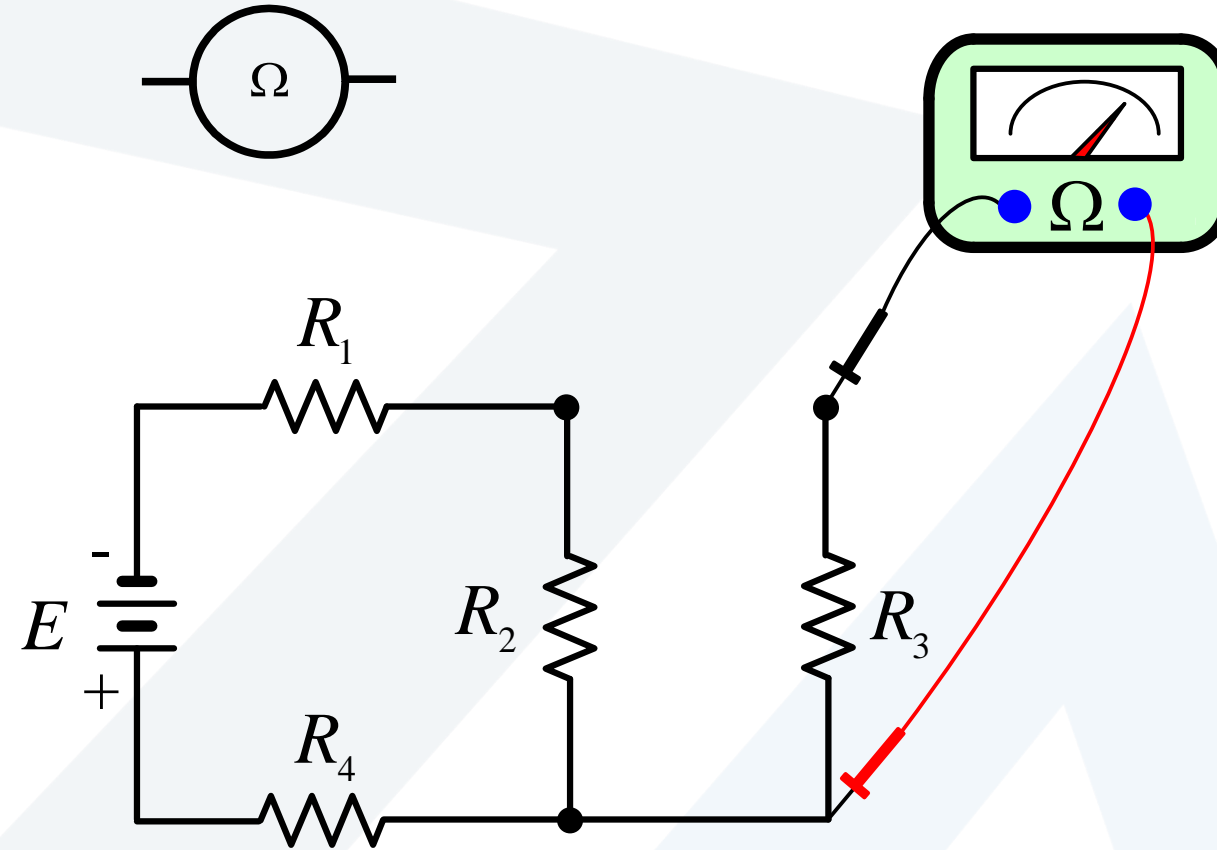
هل يجوز وصل مقياس التيار كما في الدارة؟ هل ستظهر قراءة للتيار؟



ما هي قراءة مقياس التيار؟ وما هي قيمة الجهد على طرفي المقاومة R₁.

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 (Ω)، كما هو موضح في الشكل، الذي يبين كيفية قياس قيمة المقاومة R_3 .

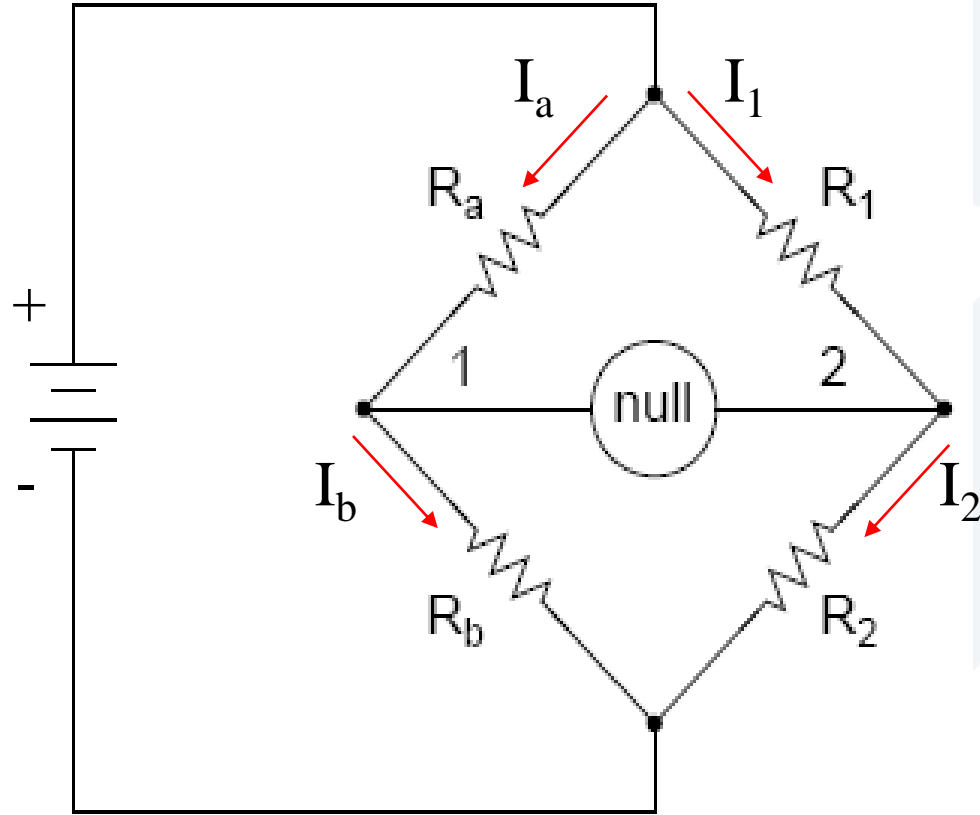


طريقة قياس قيمة المقاومة.

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.



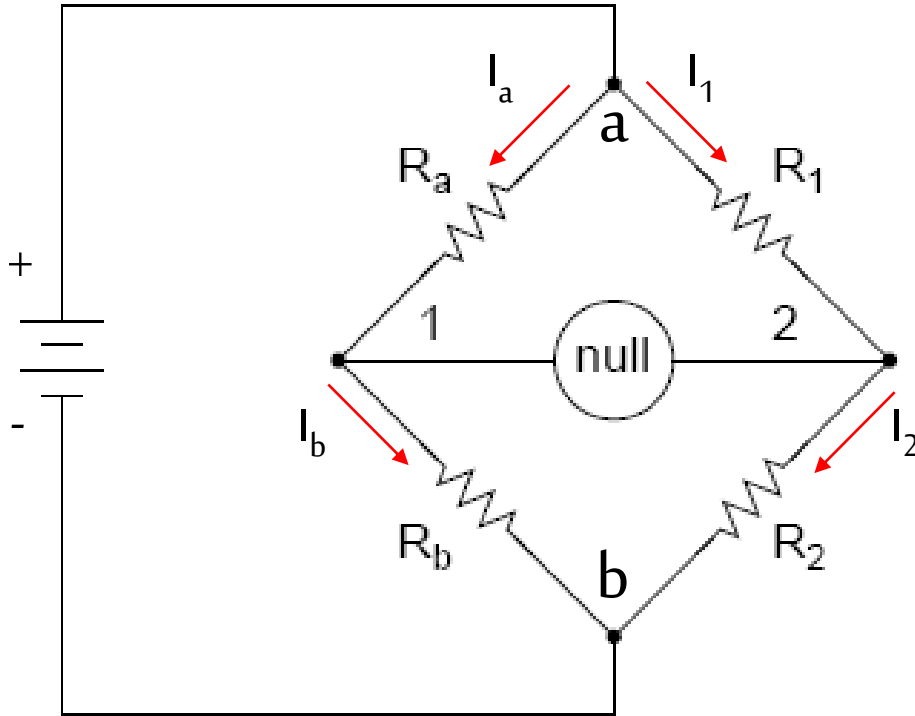
ويتألف جسر واطستون يتألف من أربع مقاومات موصولة إلى منبع جهد مستمر كما هو موضح بالشكل، ويتم وصل الكاشف الصفري (غلفانومتر **galvanometer**) بين العقدين **1** و **2** لكشف حالة توازن الجسر.

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:

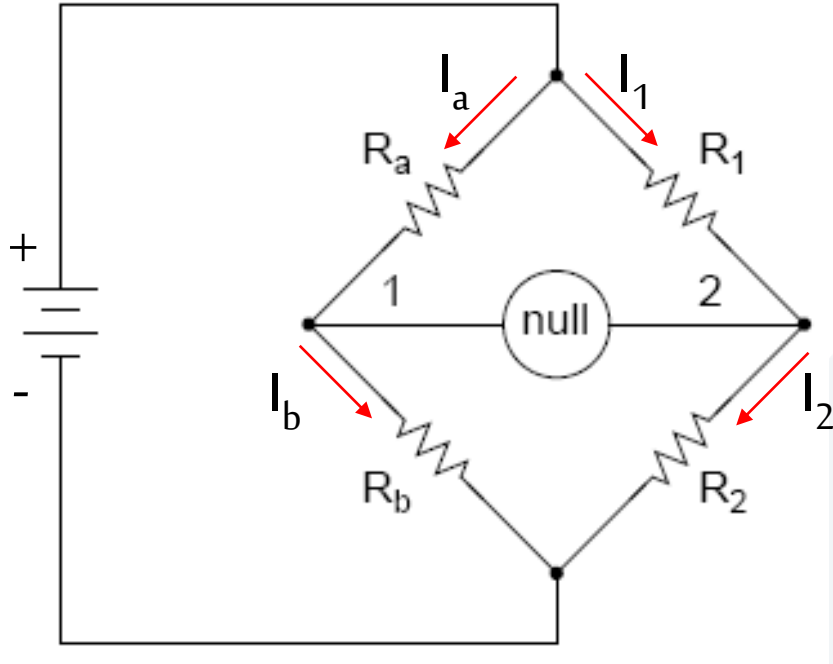
$$\frac{V_a}{V_b} = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow \frac{I_a \cdot R_a}{I_b \cdot R_b} = \frac{I_1 \cdot R_1}{I_2 \cdot R_2}$$



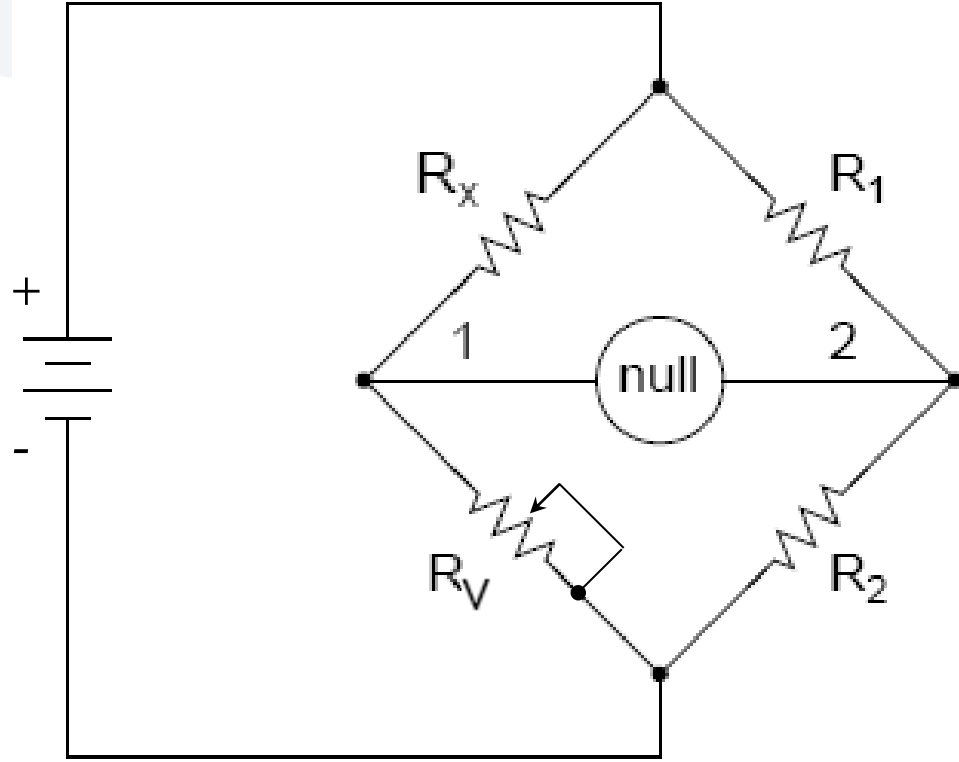
في حالة التوازن تكون التيارات (I_a, I_b) و (I_1, I_2) متساوية، أي $I_a = I_b$ و $I_1 = I_2$ ، وبالتالي تصبح النسبة بالشكل الآتي:

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

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.

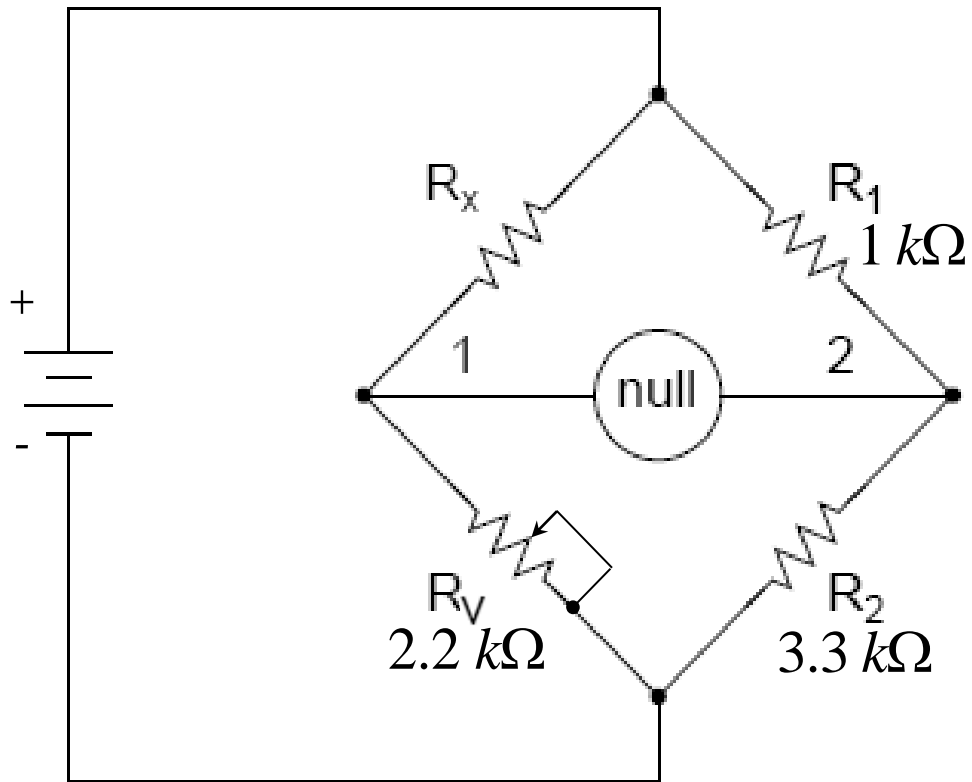
عند توازن الجسر في دائرة الشكل
يمكننا كتابة النسبة الآتية:

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

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

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

عند توازن الجسر يكون:



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

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

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

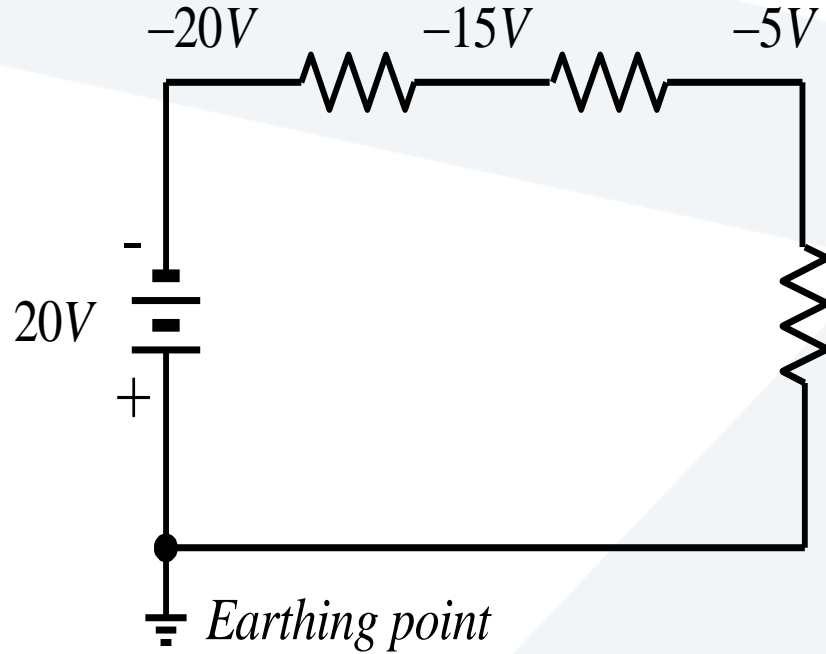
$$R_x = 0.67 [\text{k}\Omega]$$

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.

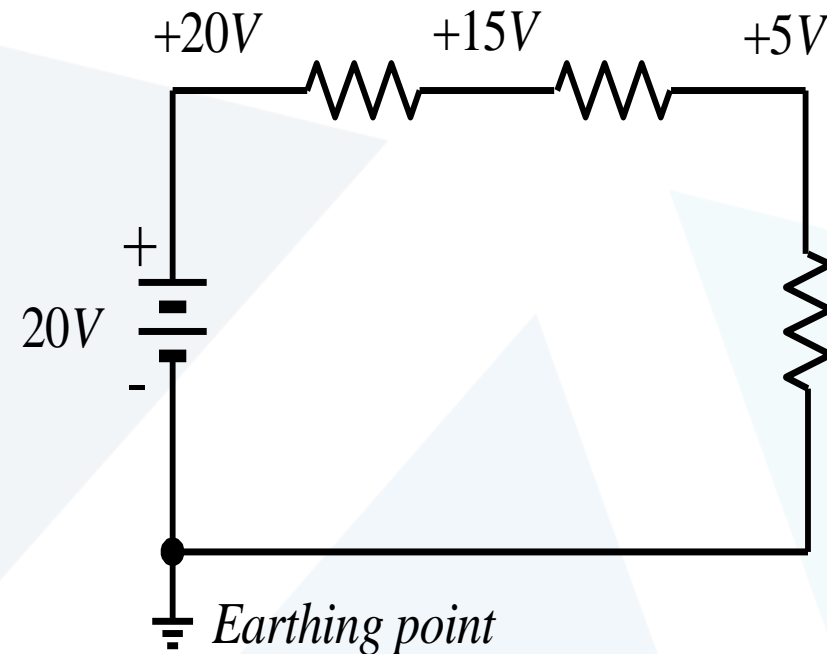
عندما تُعطى قيمة الجهد لنقطة من الدارة، وليكن $5V$ ، فإن هذا يعني أن جهد النقطة هو أكبر من جهد النقطة المرجعية للدارة بمقدار $5V$.

تُعد النقطة المرجعية في الدارة، النقطة من الدارة الموصولة مع الأرض (المؤرضة) حيث يكون جهد هذه النقطة مساوٍ للصفر.



أما إذا وصل
القطب الموجب
لمنبع التغذية إلى
الأرض، (الشكل
b)، فستكون
الجهود في الدارة
سالبة القيمة.

b)

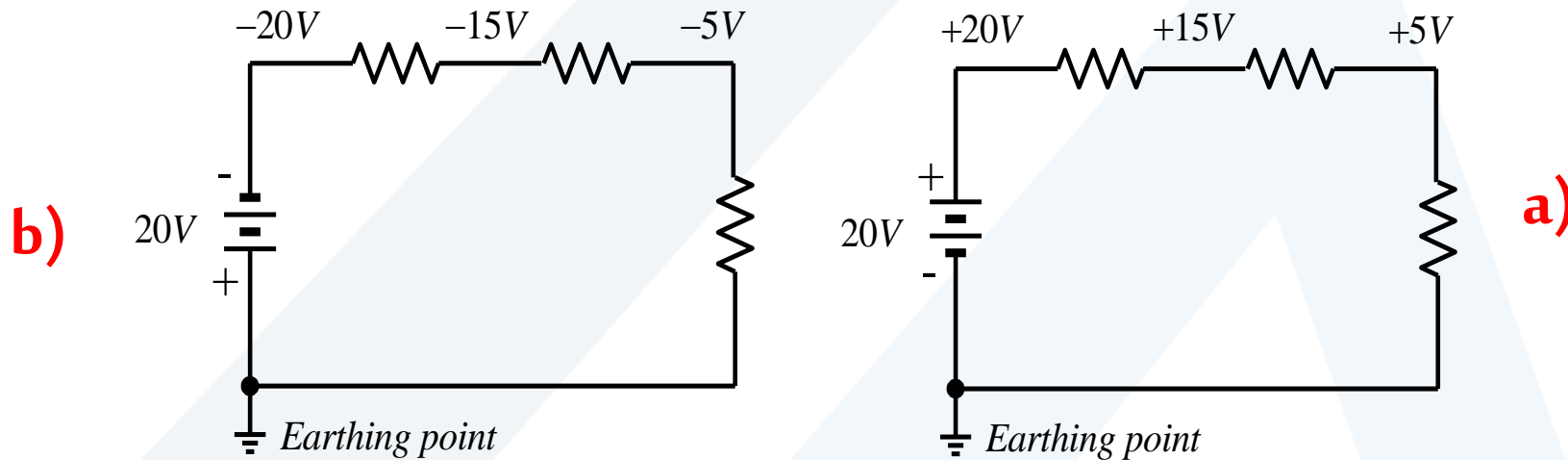


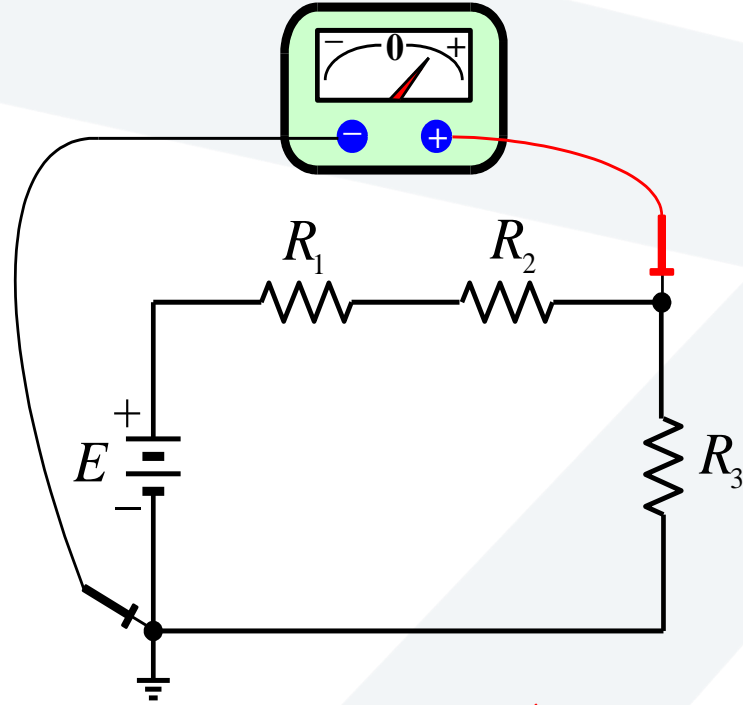
نلاحظ من الشكل
(a) دارة كهربائية
وصل فيها القطب
السالبة لمنبع
التغذية إلى نقطة
التأريض، عندها
تكون الجهود في
الدارة موجبة
بالنسبة للأرض.

a)

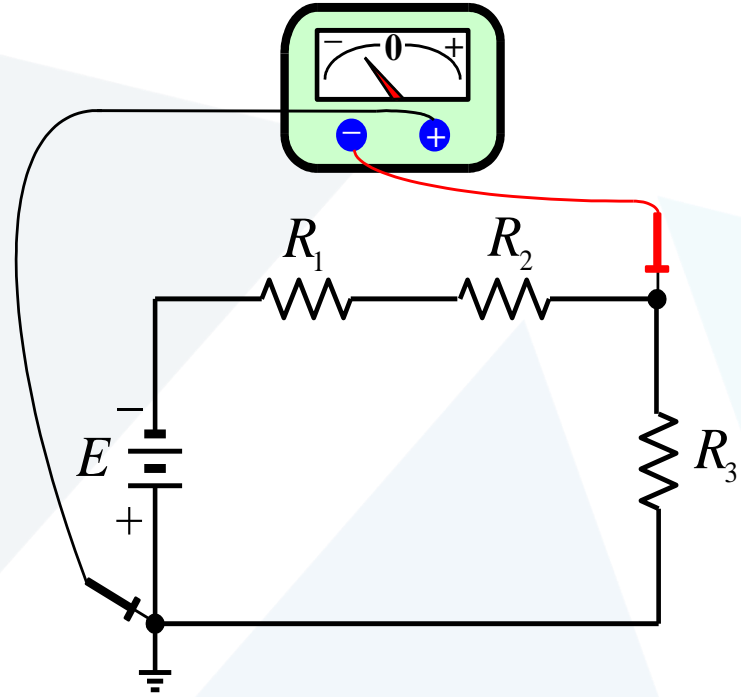
دور النقطة المرجعية في تحديد قطبية الجهد.

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)

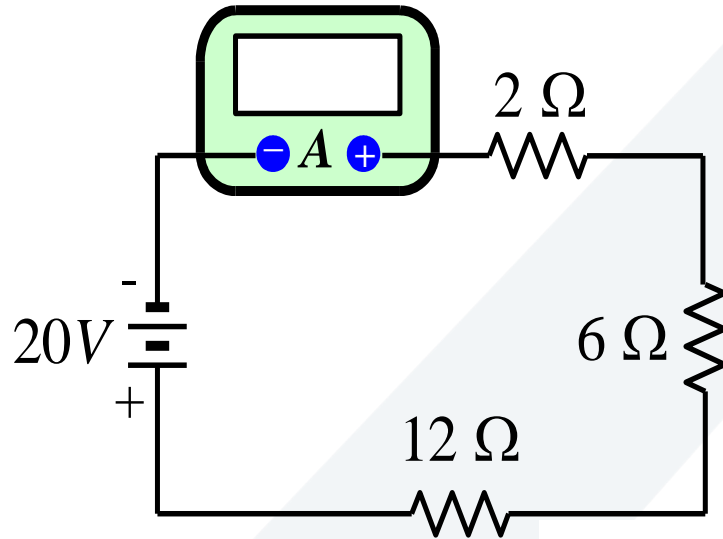


b)

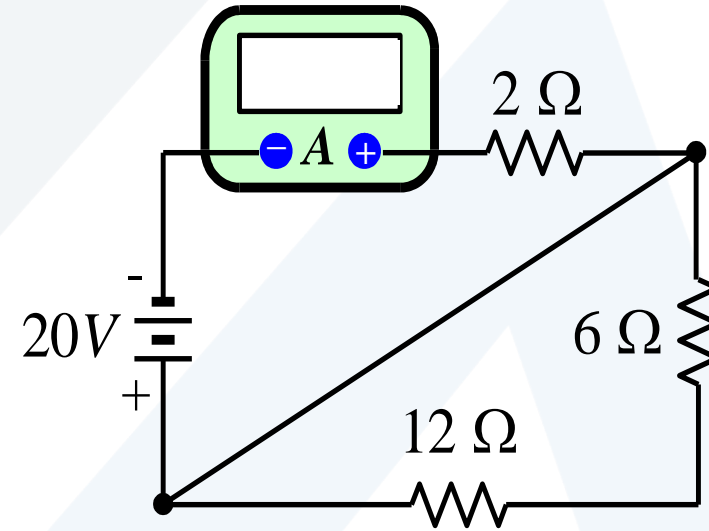
تأثير طريقة وصل مقياس الجهد في قراءة قطبية هذا الجهد.

دائرة القصر Short Circuit

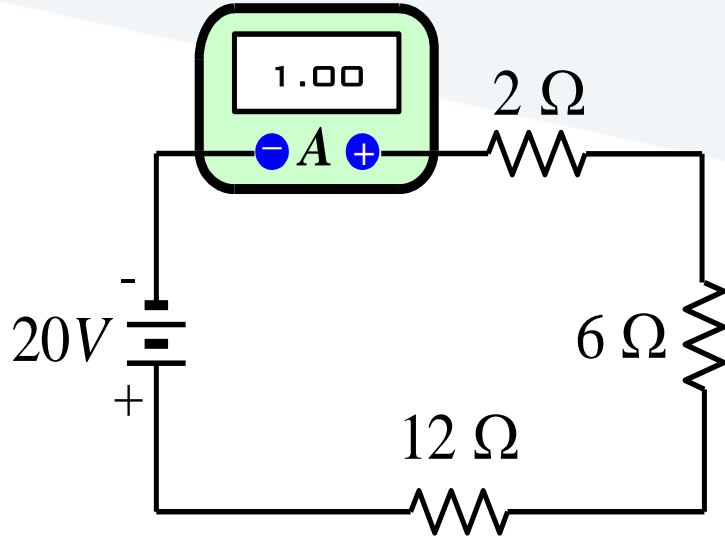
تعرف دائرة القصر في الدارة الكهربائية بأنها الحالة التي تحدث عند وصل نقطتين من هذه الدارة لهما جهدين مختلفين بواسطة سلك ناقل مهمل المقاومة (مقاومة صغيرة جداً). ويؤدي القصر في الدارة إلى زيادة التيار نتيجة انخفاض قيمة المقاومة. ويبين الشكل التالي دائرة كهربائية في حالة العمل الطبيعي (a)، وفي حالة القصر (b).



a)

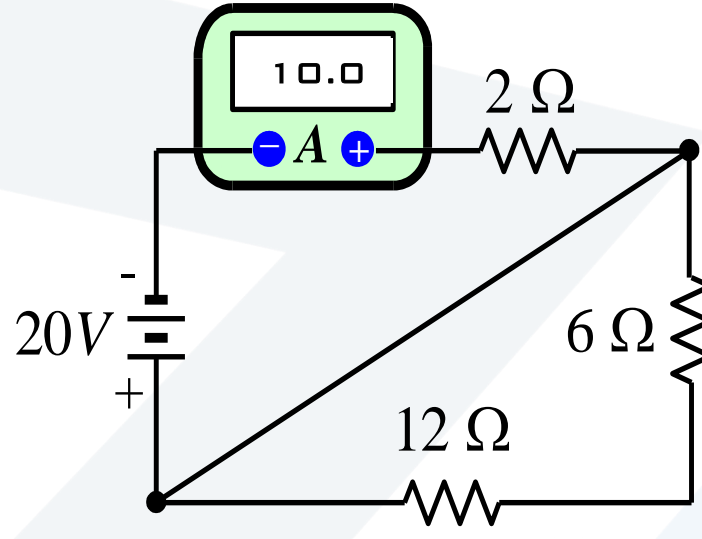


b)



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

a)



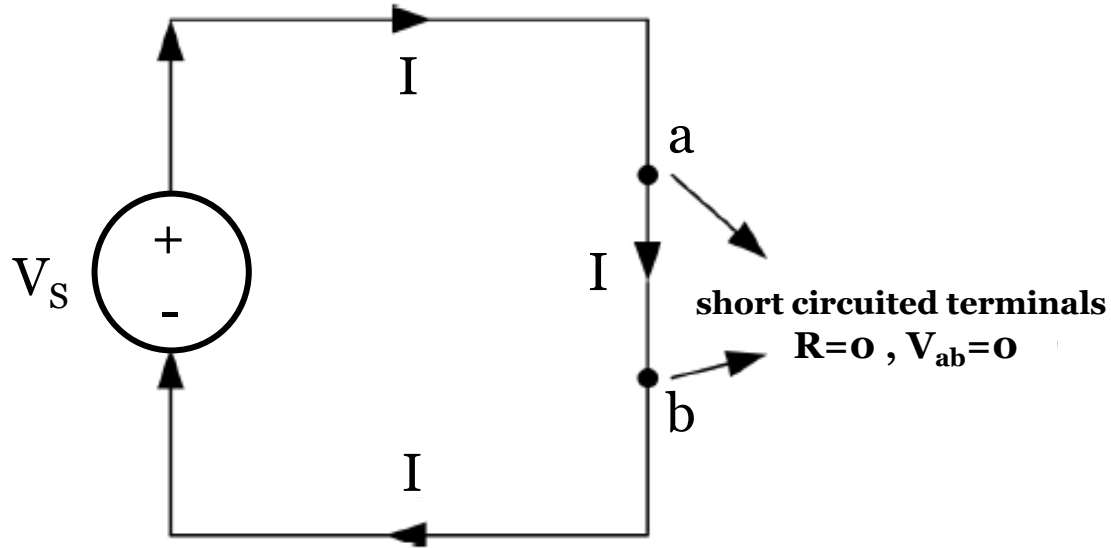
$$R_{\text{total}} = 2\Omega \Rightarrow I = \frac{20V}{2\Omega} = 10A$$

b)

التغيرات التي تطرأ على الدارة عند حدوث قصر.

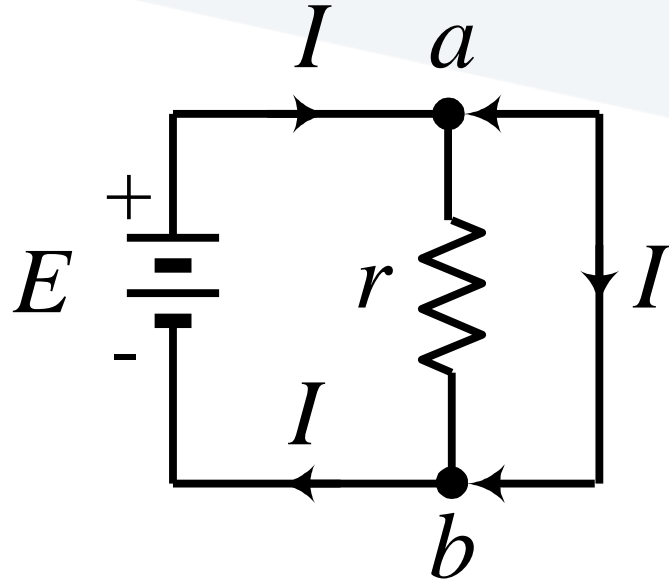
يتضح من الشكل زيادة التيار في حالة القصر عنه في حالة العمل الطبيعي بمقدار عشرة أضعاف نتيجة انخفاض مقاومة الدارة بمقدار 18Ω نتيجة دارة القصر.

تمثل دائرة القصر بين نقطتين a و b مقاومة صفرية ($R=0$) كما في الشكل:



عندما $R=0$ (دائرة قصر) يكون $V_a=V_b$ ، وبالتالي يكون الجهد بين a و b معدوماً:

$$V_{ab}=I \times R = I \times 0 = 0$$



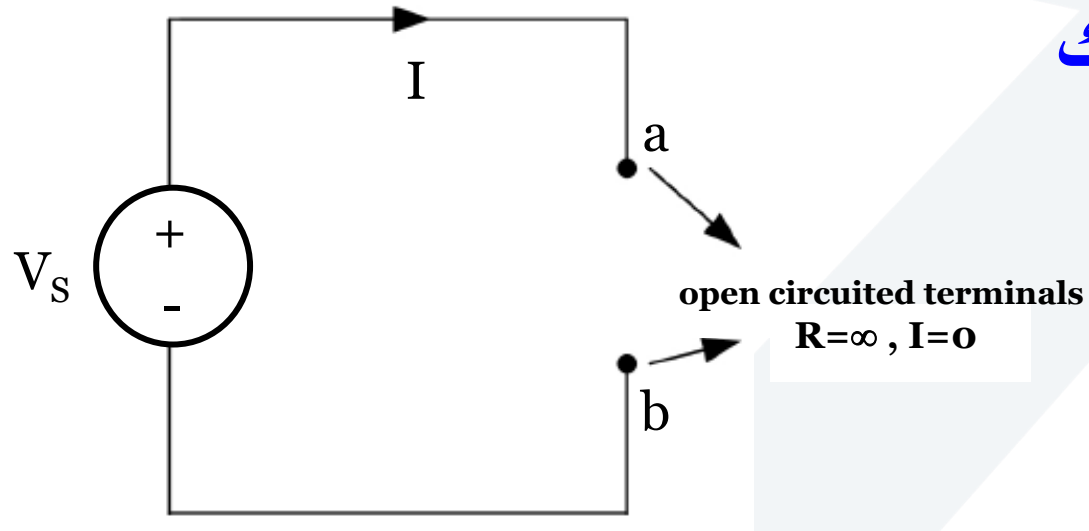
دائرة توضّح القصر.

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.

فتح الدارة (الدارة المفتوحة) :Open Circuit

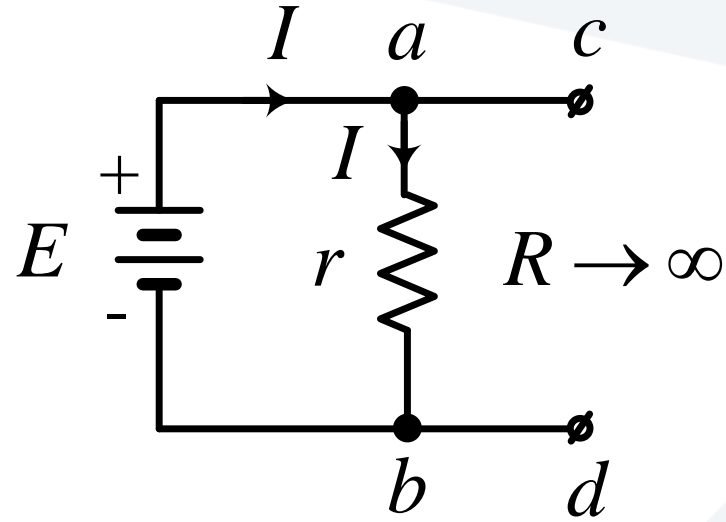
يُقصد بفتح الدارة خروج أحد عناصرها من العمل نتيجة عطل ما، فإذا كانت الدارة تسلسلية فسيؤدي ذلك حتماً إلى وقف سريان التيار فيها. وغالباً ما نلجأ في هذه الحالة إلى قياس فرق الجهد على طرفي كل عنصر من عناصر الدارة لمعرفة العنصر المسبب للعطل. ومن الأفضل أن يتم اختبار العناصر بقياس جهدها من أحد طرفي الدارة.

تمثل الدارة المفتوحة مقاومة لانتهائية ($R=\infty$) كما في الشكل:



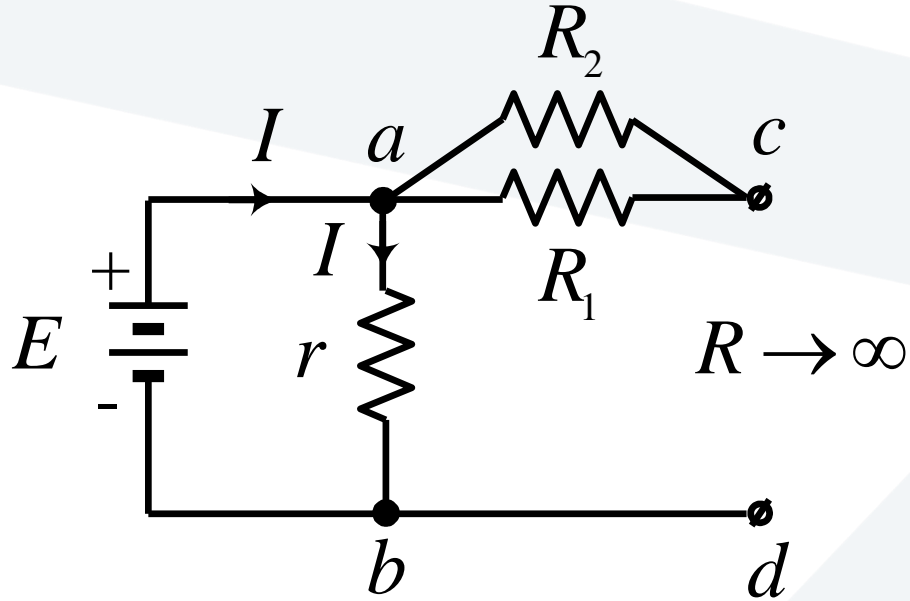
عندما $R=\infty$ (دائرة مفتوحة) فإن ذلك يمنع سريان التيار من **a** إلى **b**، أي:

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



دائرة توضّح فتح 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 .



جامعة
المنارة
MANARA UNIVERSITY

