الدارات الالكترونية

المحاضرة الأولى

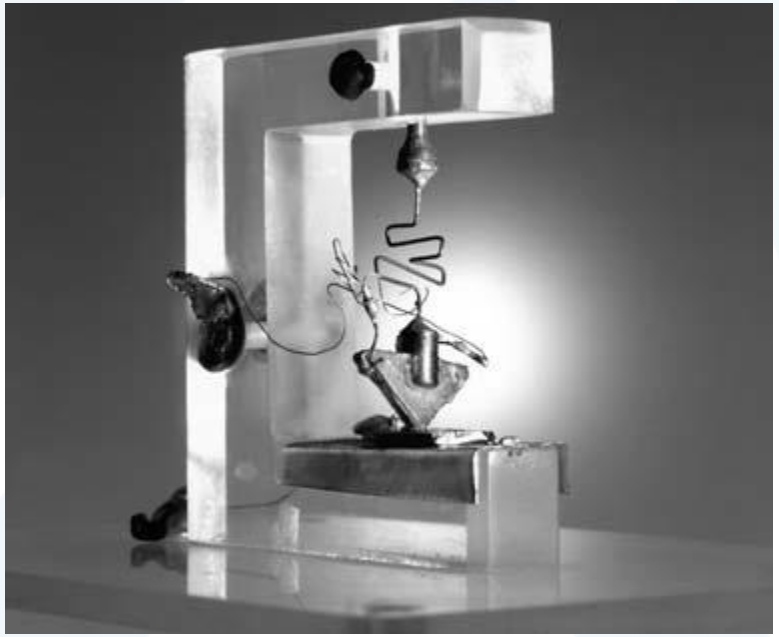
أ.د. فادي غصنه

اكتشاف الترانزستور

في عام ١٩٤٧ تمّ اكتشاف الترانزستور

John Bardeen, William Shockley, and
Walter Brattain in Brattain's laboratory in 1948.

The first germanium bipolar transistor.

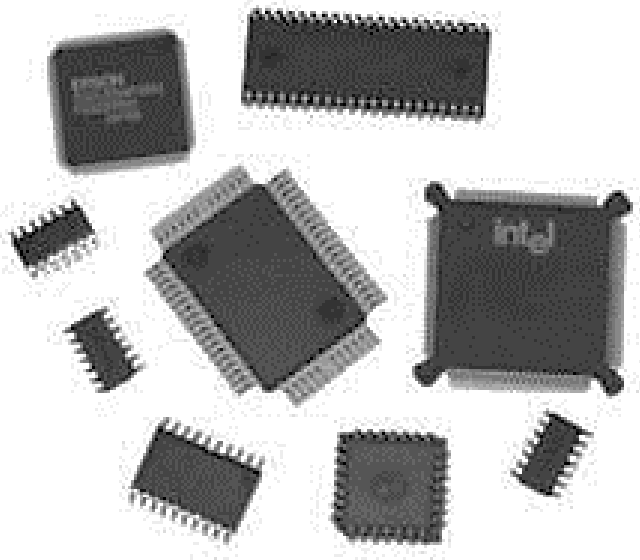


سوق الالكترونيات في العالم

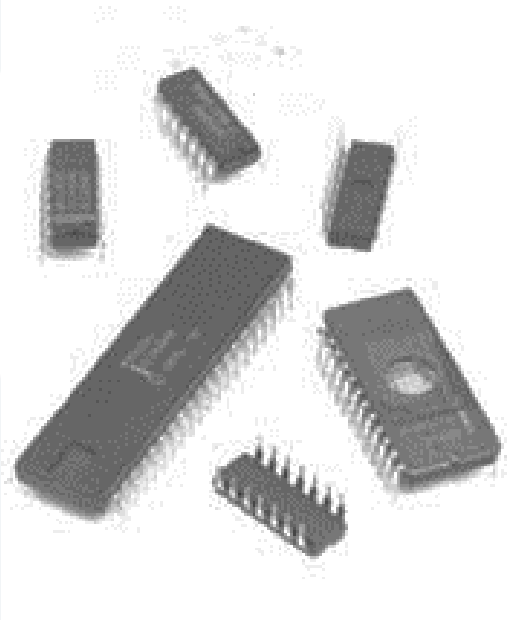
تريليون دولار، حصيلة سوق الالكترونيات في العالم5 تقريباً في عام ٢٠٠٤

CATEGORY	SHARE (%)
Data processing hardware	23
Data processing software and services	18
Professional electronics	10
Telecommunications	9
Consumer electronics	9
Active components	9
Passive components	7
Computer integrated manufacturing	5
Instrumentation	5
Office electronics	3
Medical electronics	2

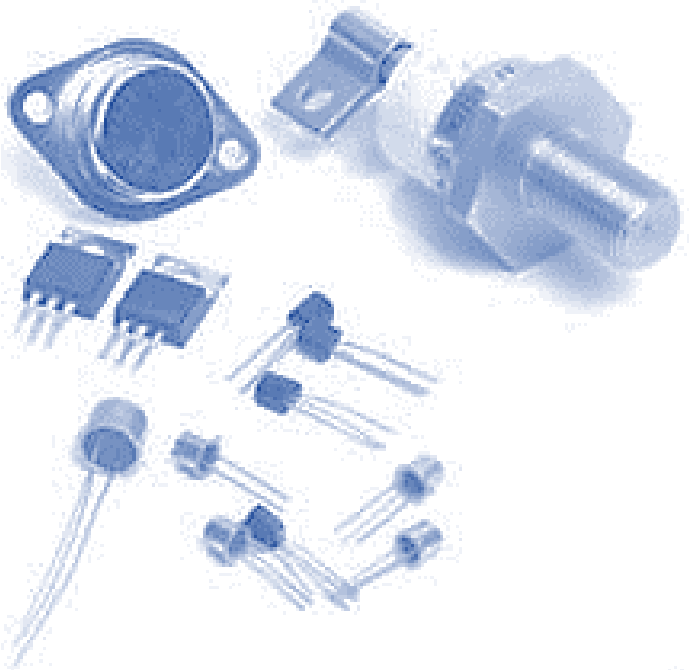
الدارات المتكاملة Integrated Circuits IC



دارة متكاملة المنافذ على كامل وجوه الشريحة



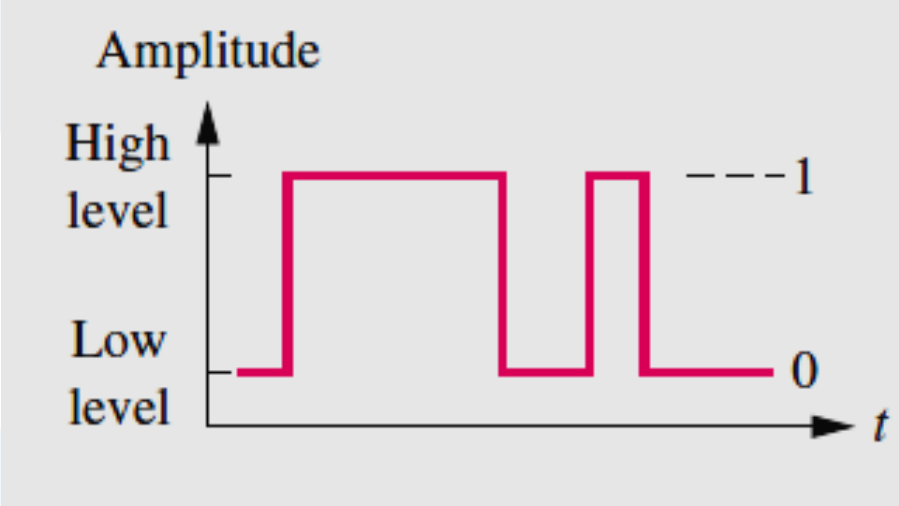
دارة متكاملة المنافذ على وجهين



دارة تر انزستور مفرد

الإشارة الرقمية Digital signal

- تمثل الإشارة الرقمية بمستويين لإشارة الجهد الكهربائية، المستوى المرتفع VH (1 منطقي)، والمستوى المنخفض VL (0 منطقي).
- قيمة الجهد المرتفع تساوي 5V وقيمة الجهد المنخفض 0 V.
- تسعى شركات الالكترونيات لتخفيض مستوى الجهد المرتفع إلى قيم أصغر من أجل تقليل استهلاك الاستطاعة في الدارة الالكترونية، حتى وصلنا إلى قيم 1.5 V, 2.5 V, 3.3 V، وتبقى قيمة مستوى الجهد المنخفض تساوي الصفر فولط.
- يمكن تمثيل الإشارة الرقمية بقيم جهد سالبة أيضاً، على سبيل المثال VH = -0.8V و VL = -2.0V، في العائلات المنطقية عالية الداء.



قانون أوم Ohm’s Law

يحدد قانون أوم العلاقة بين الجهد والتيار والمقاومة ضمن الدارة الكهربائية ، ويُعطى على النحو الآتي:

$$I = \frac{E}{R} \quad [\text{amps, A}]$$

E is the applied voltage in volts,
R is the resistance in ohms,
I is the current in amperes.

ينص قانون أن التياريتناسب طرداً مع الجهد وعكساً مع المقاومة.

FIG. 1
George Simon Ohm.
Courtesy of the Smithsonian Institution. Photo No. 51,145.

German (Erlangen, Cologne)
(1789–1854)
Physicist and Mathematician
Professor of Physics, University of Cologne

In 1827, developed one of the most important laws of electric circuits: *Ohm's law.* When the law was first introduced, the supporting documentation was considered lacking and foolish, causing him to lose his teaching position and search for a living doing odd jobs and some tutoring. It took some 22 years for his work to be recognized as a major contribution to the field. He was then awarded a chair at the University of Munich and received the Copley Medal of the Royal Society in 1841. His research also extended into the areas of molecular physics, acoustics, and telegraphic communication.

Examples

أحسب قيمة التيار المار عبر مقاومة قيمتها 2.2Ω، إذا كان الجهد المطبق على طرفيها 9 V.

$$I = \frac{V_R}{R} = \frac{E}{R} = \frac{9\ \text{V}}{2.2\ \Omega} = \mathbf{4.09\ A}$$

أحسب قيمة المقاومة إذا كان التيار المار عبرها 500mA، إذا كان الجهد المطبق على طرفيها 120 V.

$$R = \frac{V_R}{I} = \frac{E}{I} = \frac{120\ \text{V}}{500 \times 10^{-3}\ \text{A}} = \mathbf{240\ \Omega}$$

أحسب قيمة التيار المار عبر مقاومة قيمتها 2kΩ، إذا كان الجهد المطبق على طرفيها 16 V.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{16\ \text{V}}{2 \times 10^3\ \Omega} = \mathbf{8\ mA}$$

أحسب قيمة الجهد المطبق على طرفي مقاومة قيمتها 80، Ωإذا كان التيار المارعبرها 1.5A.

$$E = V_R = IR = (1.5\ \text{A})(80\ \Omega) = \mathbf{120\ V}$$

قانون كيرشوف للجهد

تعاريف مصطلحات:

الدارة الكهربائية: عبارعن وصل بيني بين عناصركهربائية.

العقدة: عبارة عن نقطة وصل بين عنصرين كهربائيين أو أكثر.

الحلقة المغلقة: نقول عن حلقة مغلق closed loop أو مسار مغلق closed path، ضمن دارة كهربائية، إذا شكلنا تتابع بين العقد، بحيث ننطلق من عقدة ونعود إليها، من دون أن نمرعلى العقدة إلاّ مرة واحدة.

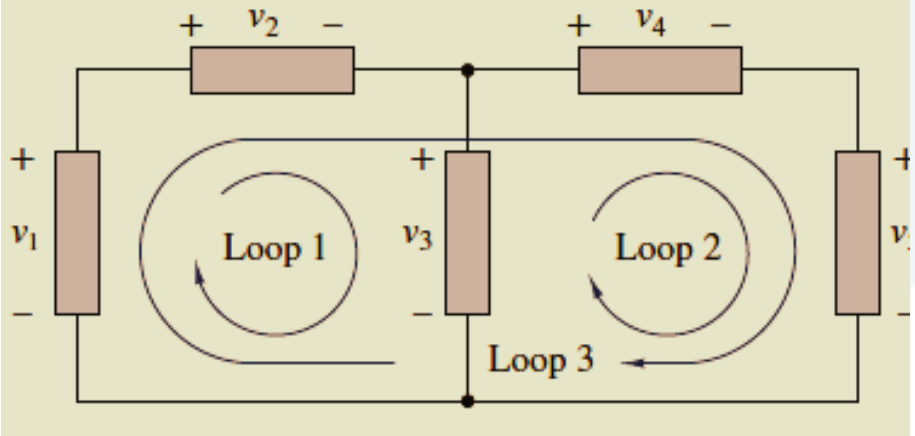


FIG. 25
Gustav Robert Kirchhoff.
Courtesy of the Smithsonian Institution, Photo No. 58,283.

German (Königsberg, Berlin) (1824–87),
Physicist
Professor of Physics, University of Heidelberg

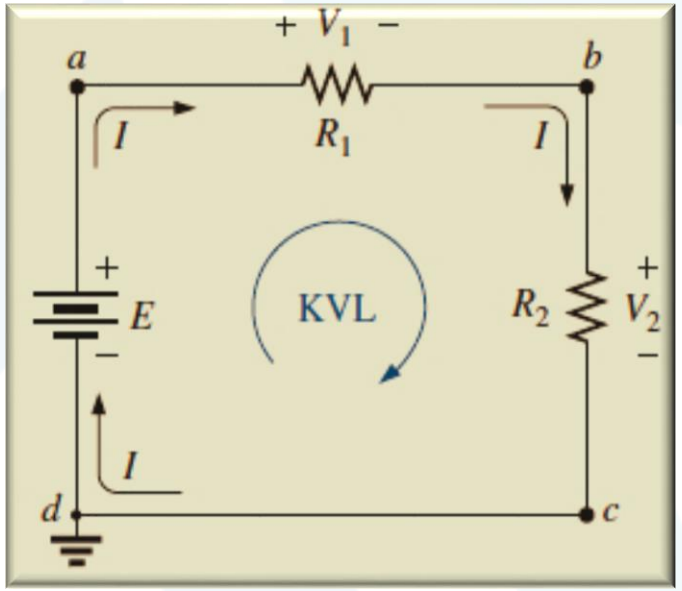
Although a contributor to a number of areas in the physics domain, he is best known for his work in the electrical area with his definition of the relationships between the currents and voltages of a network in 1847. Did extensive research with German chemist Robert Bunsen (developed the *Bunsen burner*), resulting in the discovery of the important elements of *cesium and rubidium.*

قانون كيرشوف للجهد Kirchhoff's voltage law (KVL)

ينص قانون كيرشوف للجهد KVL على أن:

المجموع الجبري للجهود الكهربائية (جهود منابع تغذية – هبوط الجهود على أطراف العناصر الكهربائية) ضمن حلقة مغلقة أو مسار مغلق يساوي الصفر.

$$\boxed{\Sigma_{\circlearrowright} V = 0}$$ (Kirchhoff's voltage law in symbolic form)



$$+E - V_1 - V_2 = 0$$
$$E = V_1 + V_2$$

مجموع جهود منابع تغذية = مجموع هبوط الجهود على أطراف العناصر الكهربائية ضمن حلقة مغلقة أو مسار مغلق يساوي الصفر.

$$\boxed{\Sigma_{\circlearrowright} V_{\text{rises}} = \Sigma_{\circlearrowright} V_{\text{drops}}}$$

$$-E + V_2 + V_1 = 0$$
$$E = V_1 + V_2$$

مثال (١)

باستخدام قانون كيرشوف للجهد KVL، احسب جهود المجهولة في الدارة المبينة بالشكل.

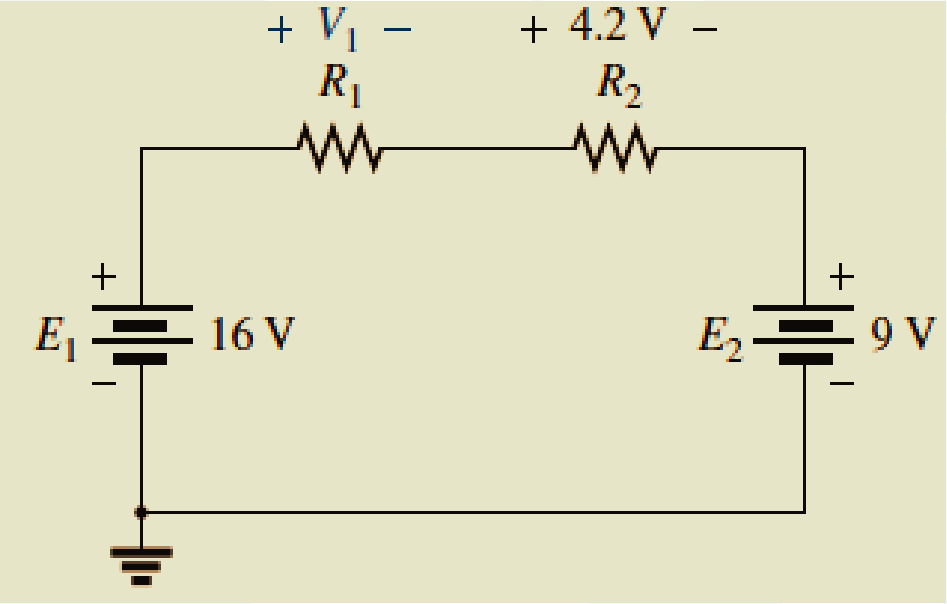
عند تطبيق قانون كيرشوف للجهد، يجب الانتباه إلى قطبية جهود منابع التغذية الكهربائية، و الجهود على أطراف المقاومات

$$+E_1 - V_1 - V_2 - E_2 = 0$$

$$V_1 = E_1 - V_2 - E_2$$

$$= 16\text{ V} - 4.2\text{ V} - 9\text{ V}$$

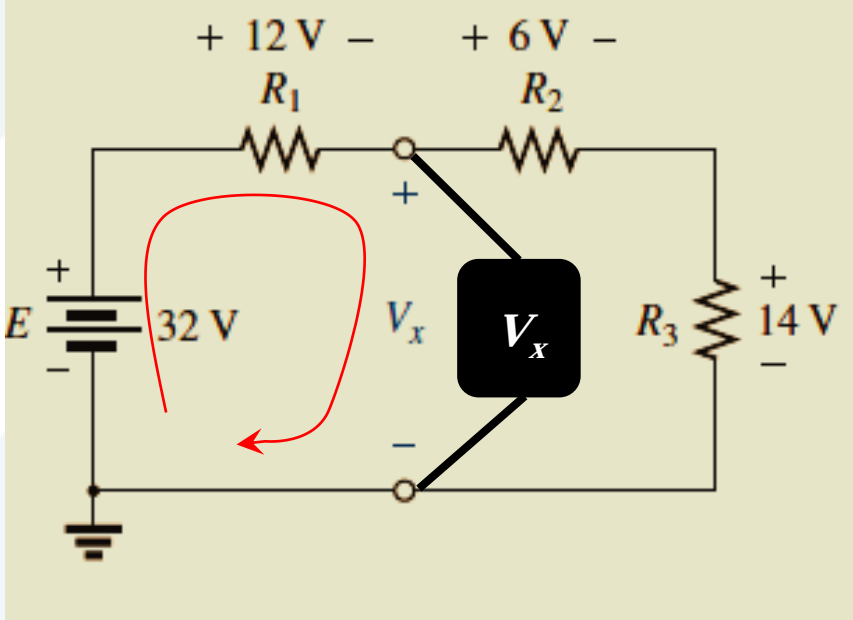
$$V_1 = \mathbf{2.8\text{ V}}$$



مثال (٢)

باستخدام قانون كيرشوف للجهد KVL، احسب جهود المجهولة في الدارة المبينة بالشكل.

عند تطبيق قانون كيرشوف للجهد، يجب الانتباه إلى قطبية جهود منابع التغذية الكهربائية، و الجهود على أطراف المقاومات ، أو فرق الجهد بين أي نقطتين في الدارة الكهربائية.



$$+E - V_1 - V_x = 0$$

$$V_x = E - V_1 = 32\text{ V} - 12\text{ V} = \mathbf{20\text{ V}}$$

$$+V_x - V_2 - V_3 = 0$$

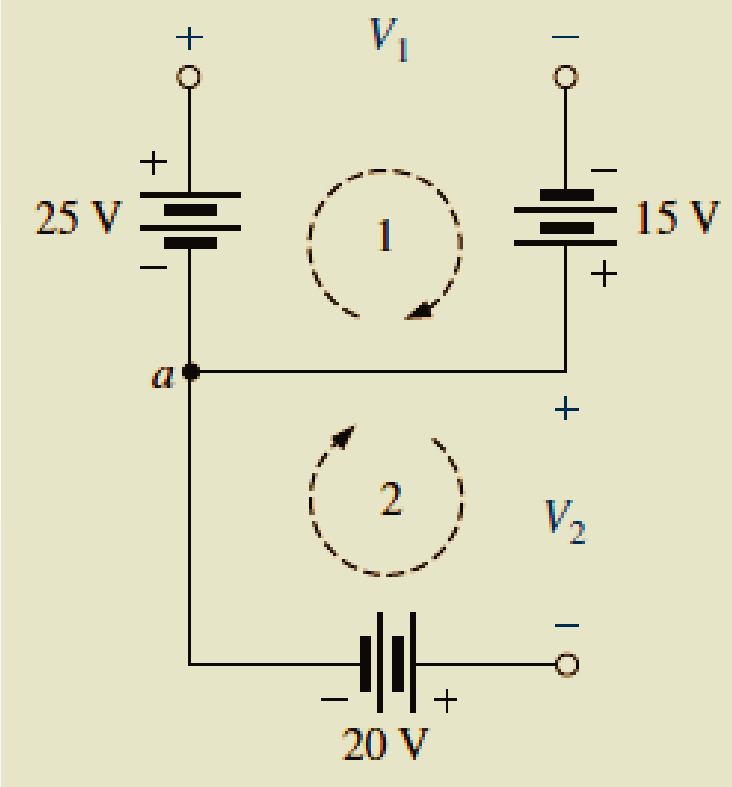
$$V_x = V_2 + V_3$$

$$= 6\text{ V} + 14\text{ V}$$

$$V_x = \mathbf{20\text{ V}}$$

مثال (٣)

باستخدام قانون كيرشوف للجهد KVL، احسب جهود V1, V2.



من أجل الحلقة الأولى:

$$+25\text{ V} - V_1 + 15\text{ V} = 0$$
$$V_1 = 40\text{ V}$$

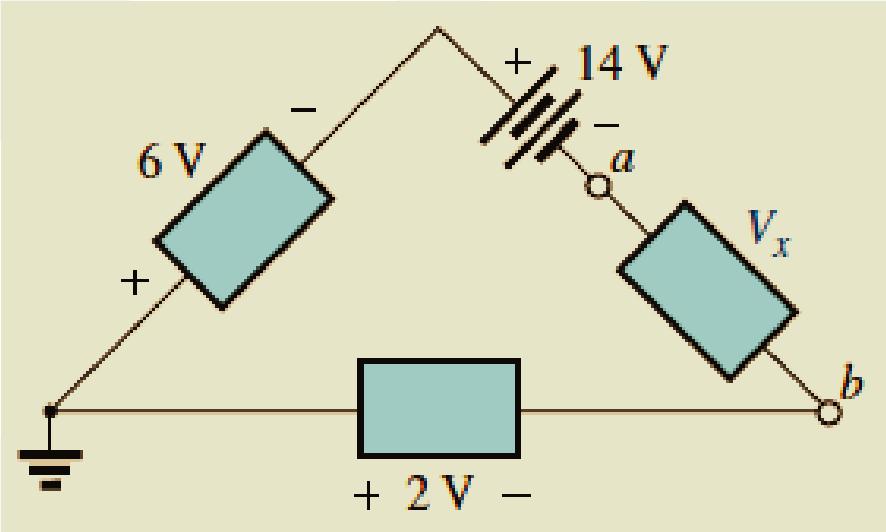
من أجل الحلقة الثانية:

$$-V_2 - 20\text{ V} = 0$$
$$V_2 = -20\text{ V}$$

قطبية الجهد

باستخدام قانون كيرشوف للجهد KVL، احسب الجهد Vx.

في حال كانت القطبية لعنصر كهربائي غير معلومة، يمكننا فرض القطبية بشكل كيفي، وحل الدارة باستخدام كيرشوف، وفي حال كانت النتيجة سالبة، فعلينا عكس القطبية المفروضة في بداية الحل.



$$-6\text{ V} - 14\text{ V} - V_x + 2\text{ V} = 0$$

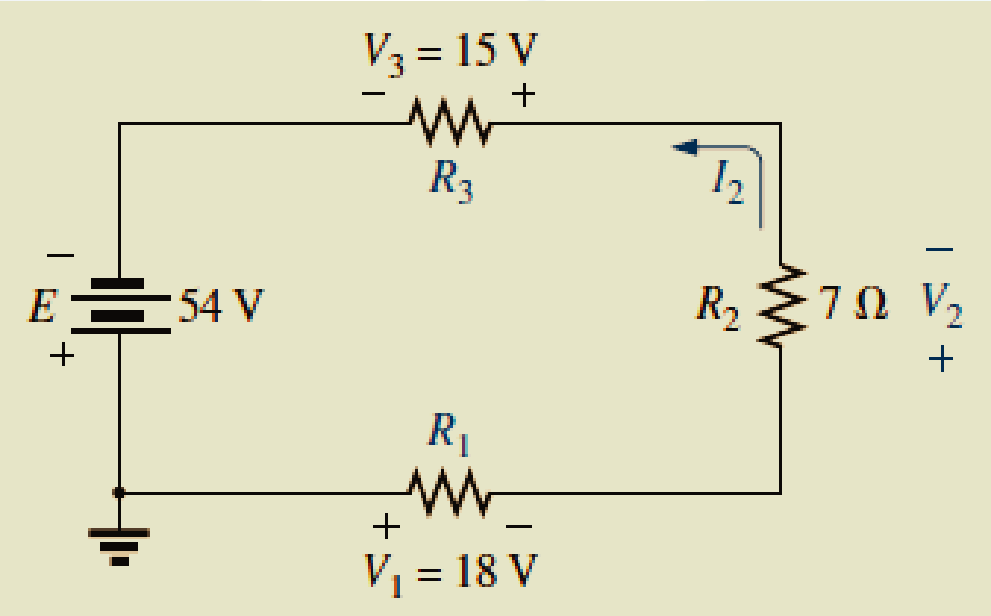
$$V_x = -20\text{ V} + 2\text{ V}$$

$$V_x = -18\text{ V}$$

كما هو ملاحظ فإن الناتج سالب، لذلك يجب عكس القطبية المفروضة، أي أن جهد النقطة a هو الكمون السالب، والنقطة b لها الكمون الموجب.

مثال (٤)

باستخدام قانون كيرشوف للجهد KVL، احسب الجهد V2، والتيار I2.
احسب قيمة R1 و R3.



$$-E + V_3 + V_2 + V_1 = 0$$

$$E = V_1 + V_2 + V_3 \text{ (as expected)}$$

$$V_2 = E - V_1 - V_3 = 54\text{ V} - 18\text{ V} - 15\text{ V}$$

$$V_2 = \mathbf{21\ V}$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{21\text{ V}}{7\ \Omega}$$

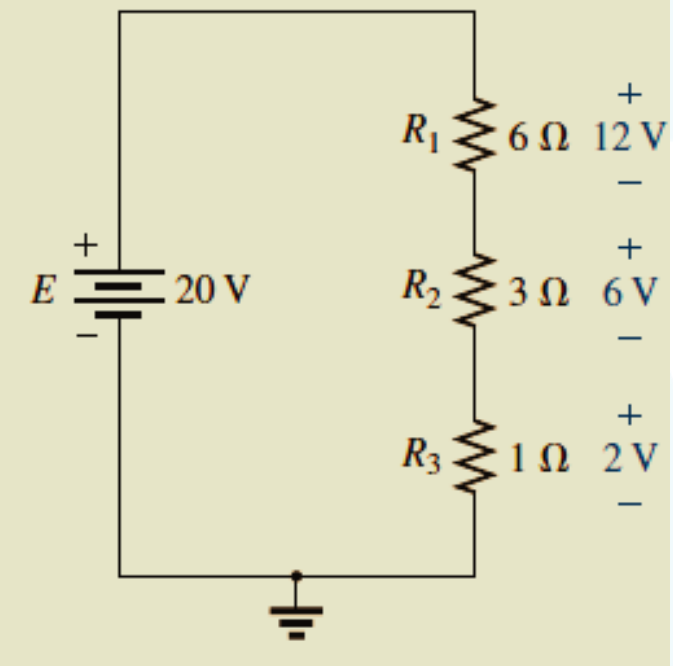
$$I_2 = \mathbf{3A}$$

$$R_1 = \frac{V_1}{I_1} = \frac{18\text{ V}}{3\text{ A}} = \mathbf{6\ \Omega}$$

$$\text{with } R_3 = \frac{V_3}{I_3} = \frac{15\text{ V}}{3\text{ A}} = \mathbf{5\ \Omega}$$

تقسيم الجهد Voltage Division

- كما ذكرنا سابقاً أن جهد منبع التغذية يساوي مجموع هبوط الجهد على أطراف المقاومات.
- بالتالي يمكننا تقسيم جهد منبع التغذية إلى عدة جهود حسب قيم المقاومات المختارة وعددها.



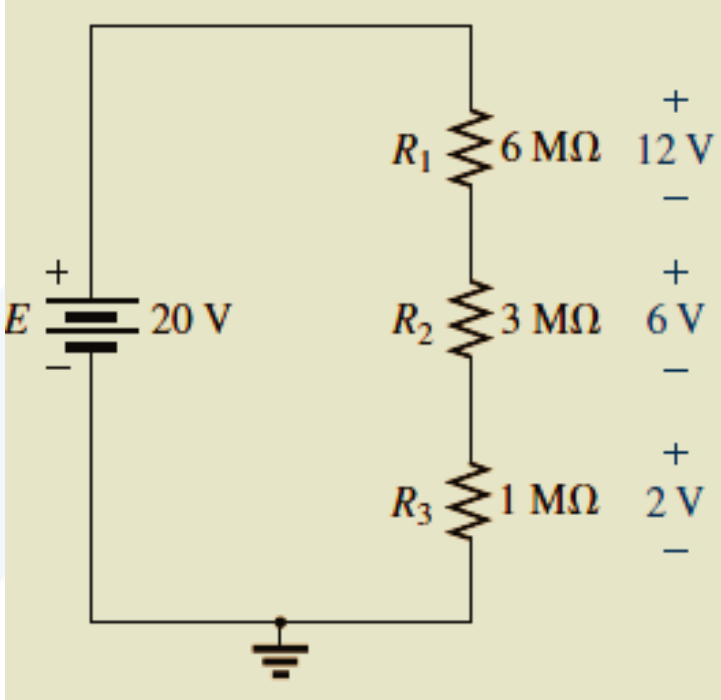
يبين الشكل دارة كهربائية لتقسيم جهد التغذية 20 V إلى عدة جهود وفقاً لقيم المقاومات المربوطة على التسلسل، توزعت الجهود إلى 12 V و 6 V و 2 V.

كما هو الملاحظ أن النسب بين الجهود المقسمة تتطابق مع نسب قيم المقاومات.، على سبيل المثال فإن قيمة المقاومة R1 تساوي ضعف المقاومة R2، لذلك فإن الجهد الهابط على طرفي المقاومة R1 يساوي ضعف الجهد الهابط على طرفي المقاومة R2.

بالنتيجة كلما كانت قيمة المقاومة أكبر، كلما كان الجهد على طرفيها أكبر (كانت حصتها أكبر من قيمة جهد التغذية)

مثال (٥)

يطلب تقسيم جهد التغذية E = 20 V، إلى ثلاث جهود حسب قيم المقاومات المربوطة على التسلسل.
احسب قيم الجهود على أطراف المقاومات.



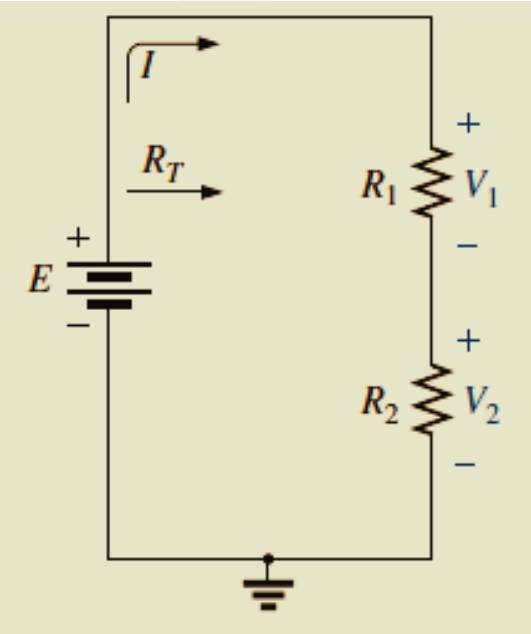
$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$
$$= 1\ \text{M}\Omega + 1\ \text{k}\Omega + 100\ \Omega$$
$$R_T = \mathbf{1{,}001{,}100\ \Omega}$$

$$I_s = \frac{E}{R_T} = \frac{100\ \text{V}}{1{,}001{,}100\ \Omega} \cong 99.89\ \mu\text{A} \qquad \text{(about } 100\ \mu\text{A)}$$

$$V_1 = I_1R_1 = I_sR_1 = (99.89\ \mu\text{A})(1\ \text{M}\Omega) = \mathbf{99.89\ V} \quad \text{(almost the full 100 V)}$$
$$V_2 = I_2R_2 = I_sR_2 = (99.89\ \mu\text{A})(1\ \text{k}\Omega) = \mathbf{99.89\ mV} \quad \text{(about 100 mV)}$$
$$V_3 = I_3R_3 = I_sR_3 = (99.89\ \mu\text{A})(100\ \Omega) = \mathbf{9.989\ mV} \quad \text{(about 10 mV)}$$

قاعدة مقسم الجهد Voltage Divider Rule (VDR)

تسمح قاعدة تقسيم الجهد بحساب الجهد على أطراف المقاومات من دون الحاجة لحساب قيمة التيار. لاستنتاج هذه القاعدة نأخذ الدارة الآتية:



بحساب المقاومة الكلية والتيار

$$R_T = R_1 + R_2$$

$$I_s = I_1 = I_2 = \frac{E}{R_T}$$

نطبق قانون أوم على كل مقاومة:

$$V_1 = I_1R_1 = \left(\frac{E}{R_T}\right)R_1 = R_1\frac{E}{R_T}$$

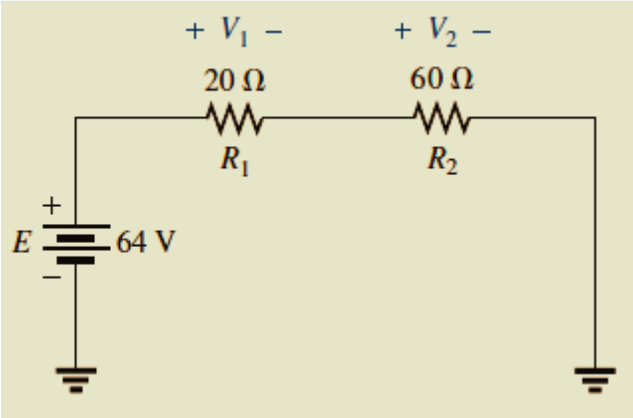
$$V_2 = I_2R_2 = \left(\frac{E}{R_T}\right)R_2 = R_2\frac{E}{R_T}$$

بالتعميم نجد:

$$\boxed{V_x = R_x\frac{E}{R_T}} \quad \text{(voltage divider rule)}$$

تنص القاعدة: الجهد الهابط على طرفي مقاومة يساوي إلى جداء قيمة جهد التغذية مع المقاومة على المقاومات الكلية

مثال (٦)



a. Since resistor R_2 is three times R_1, it is expected that $V_2 = 3V_1$.

b. $V_1 = R_1\frac{E}{R_T} = 20\ \Omega\left(\frac{64\ \text{V}}{20\ \Omega + 60\ \Omega}\right) = 20\ \Omega\left(\frac{64\ \text{V}}{80\ \Omega}\right) = \mathbf{16\ V}$

c. $V_2 = 3V_1 = 3(16\ \text{V}) = \mathbf{48\ V}$

d. $V_2 = R_2\frac{E}{R_T} = (60\ \Omega)\left(\frac{64\ \text{V}}{80\ \Omega}\right) = \mathbf{48\ V}$

The results are an exact match.

e. $E = V_1 + V_2$

$64\ \text{V} = 16\ \text{V} + 48\ \text{V} = \mathbf{64\ V}$ (checks)

A. من إجراء أي حسابات، ما هي نسبة بين جهد المقاومة R1 وجهد المقاومة R2.

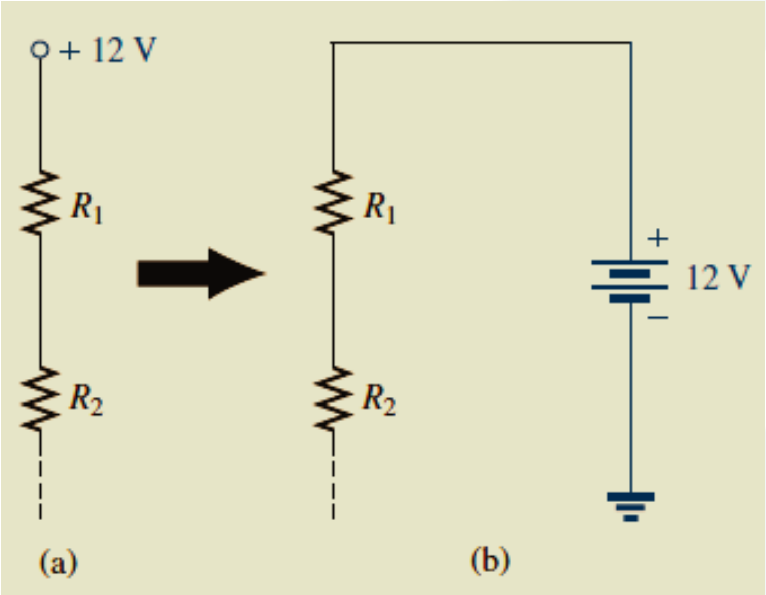
B. احسب قيمة الجهد V1 على طرفي المقاومة R1، وفقاً لقاعدة تقسيم الجهد.

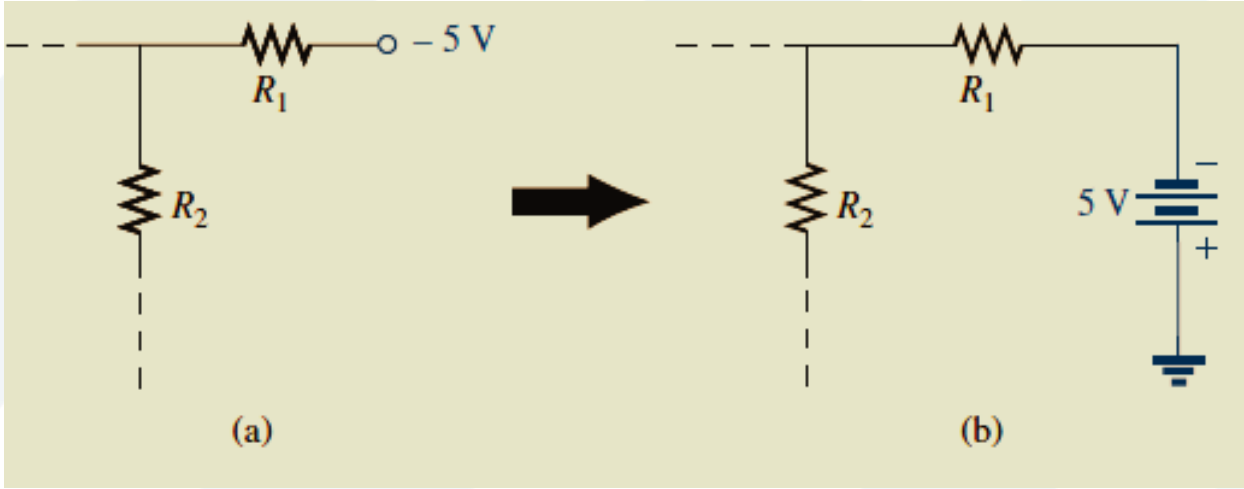
C. ما قيمة الجهد V2 على طرفي المقاومة R2.

D. احسب قيمة الجهد V2 على طرفي المقاومة R2، وفقاً لقاعدة تقسيم الجهد. قارن بين النتيجتين للجهد V2.

طرق رسم الدارة الكهربائية

يمكن رسم منبع جهد التغذية الكهربائية برمزه الكهربائي أو من خلال نقطة يوضع عليها قيمة جهد المنبع مع إشارة موجب أو سالب حسب قطبية المنبع.

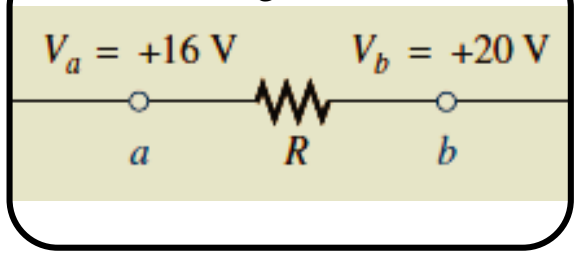


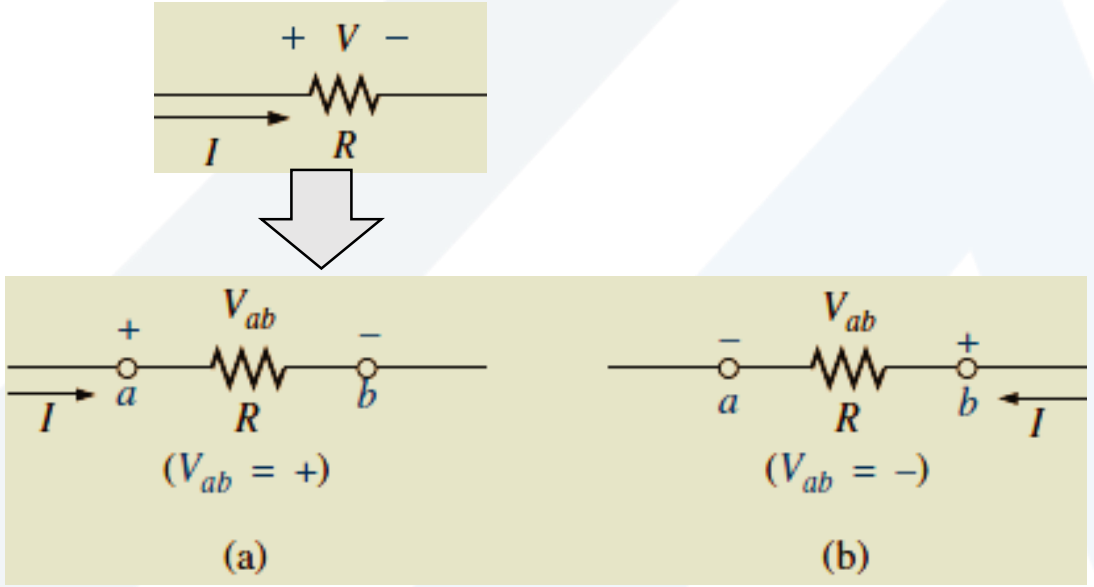


التعبير عن الجهد بفرق الكمون بين نقطتين

يمكن استبدال رمز الجهد الهابط على المقاومة V بفرق الجهد بن النقطتين اللتين تُربط المقاومة بينهما، فيصبح رمز الجهد Vab = Va –Vb ، باعتبار المحرف a هو المحرف الأول، لذلك يجب أن يكون قيمة جهد النقطة a أكبر من قيمة جهد النقطة b. أما إذا كان العكس، أي جهد النقطة b أكبر من جهد النقطة a، بالتالي ستكون قيمة الجهد Vab سالبة. بالنتيجة الجهد Vab هو جهد النقطة a بالنسبة للنقطة المرجعية b.

مثال





$$V_{ab} = V_a - V_b$$

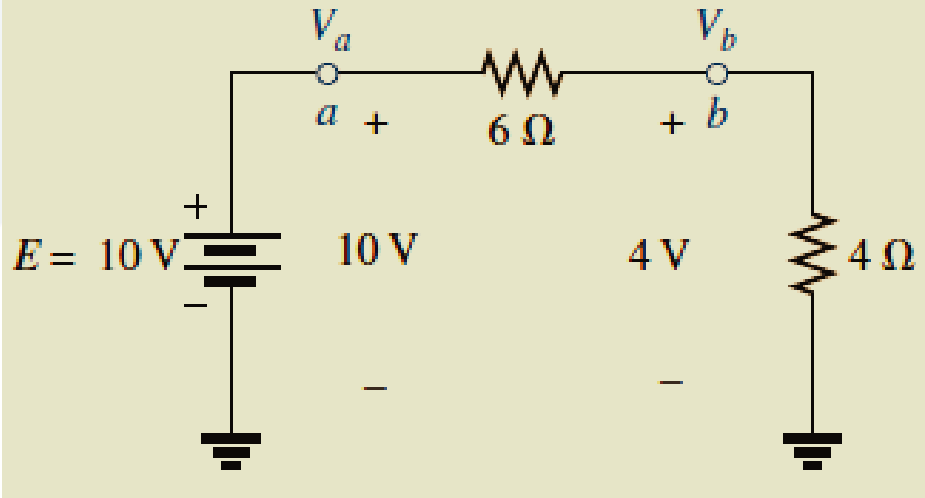
التعبير عن الجهد بفرق الكمون بين نقطتين

إذا كان جهد النقطة b هو جهد نقطة الأرضي (جهدها يساوي الصفر) فيمكن التعبير عن الجهد بجهد النقطة الأولى دون الحاجة لذكر النقطة الأخرى، ونفهم من ذلك أن جهد النقطة الأولى يؤخذ بالنسبة للنقطة المرجعية الأرضي بشكل افتراض.

Vab = Va – Vb جهد النقطة a بالنسبة للنقطة b.

Va جهد النقطة a بالنسبة للنقطة للأرضي.

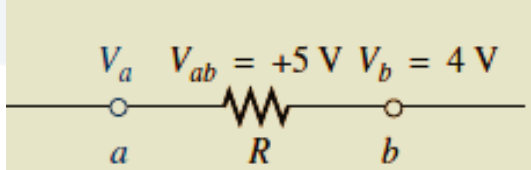
Vb جهد النقطة b بالنسبة للنقطة للأرضي.



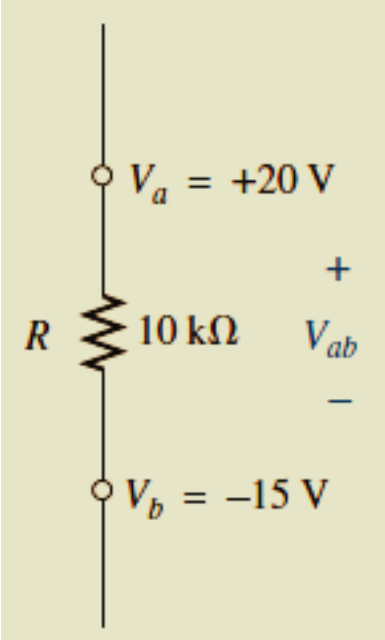
مثال (٧)

$$V_{ab} = V_a - V_b$$

$$V_a = V_{ab} + V_b = 5\text{ V} + 4\text{ V} = \mathbf{9\text{ V}}$$

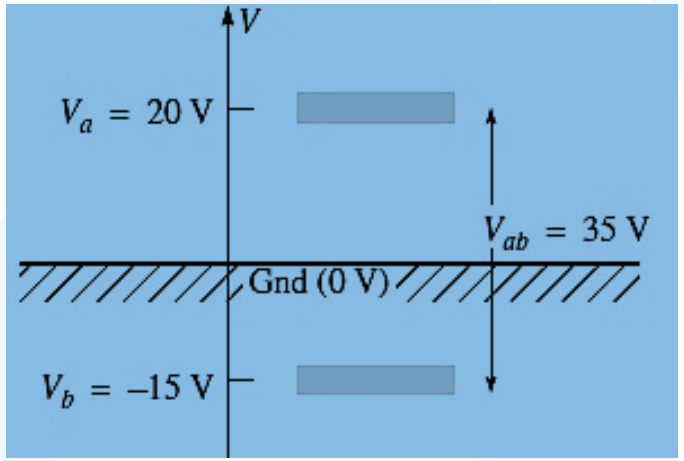


Va ?



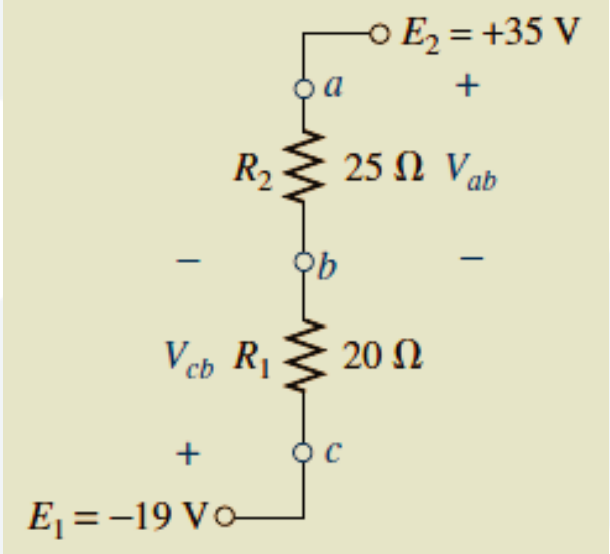
$$V_{ab} = V_a - V_b = 20\text{ V} - (-15\text{ V}) = 20\text{ V} + 15\text{ V} = \mathbf{35\text{ V}}$$

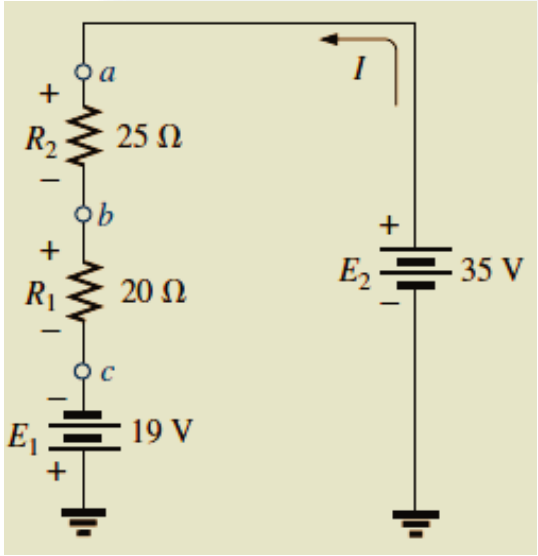
Vab ?



مثال (٨)

احسب الجهود Vab, Vcb, Vc





$$I = \frac{E_1 + E_2}{R_T} = \frac{19\text{ V} + 35\text{ V}}{45\ \Omega} = \frac{54\text{ V}}{45\ \Omega} = 1.2\text{ A}$$

$$V_{ab} = \mathbf{30\ V} \qquad V_{cb} = \mathbf{-24\ V} \qquad V_c = \mathbf{-19\ V}$$

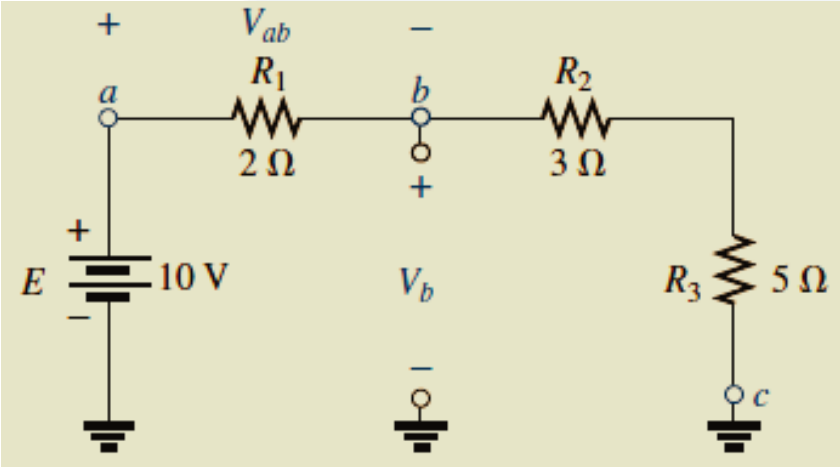
$$I = \frac{54\text{ V}}{45\ \Omega} = 1.2\text{ A}$$

$$V_{ab} = IR_2 = (1.2\text{ A})(25\ \Omega) = \mathbf{30\ V}$$

$$V_{cb} = -IR_1 = -(1.2\text{ A})(20\ \Omega) = \mathbf{-24\ V}$$

$$V_c = E_1 = \mathbf{-19\ V}$$

مثال (٩)



احسب Vab, Vb, Vc؟

a. Voltage divider rule:

$$V_{ab} = \frac{R_1 E}{R_T} = \frac{(2\ \Omega)(10\ \text{V})}{2\ \Omega + 3\ \Omega + 5\ \Omega} = \mathbf{+2\ V}$$

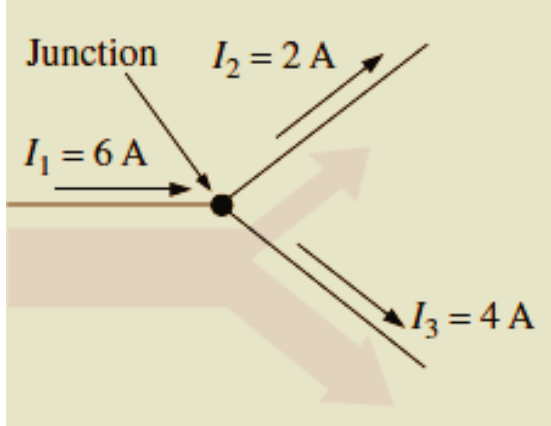
b. Voltage divider rule:

$$V_b = V_{R_2} + V_{R_3} = \frac{(R_2 + R_3)E}{R_T} = \frac{(3\ \Omega + 5\ \Omega)(10\ \text{V})}{10\ \Omega} = \mathbf{8\ V}$$

or $\quad V_b = V_a - V_{ab} = E - V_{ab} = 10\ \text{V} - 2\ \text{V} = \mathbf{8\ V}$

c. V_c = ground potential = **0 V**

Kirchhoff's Current Law

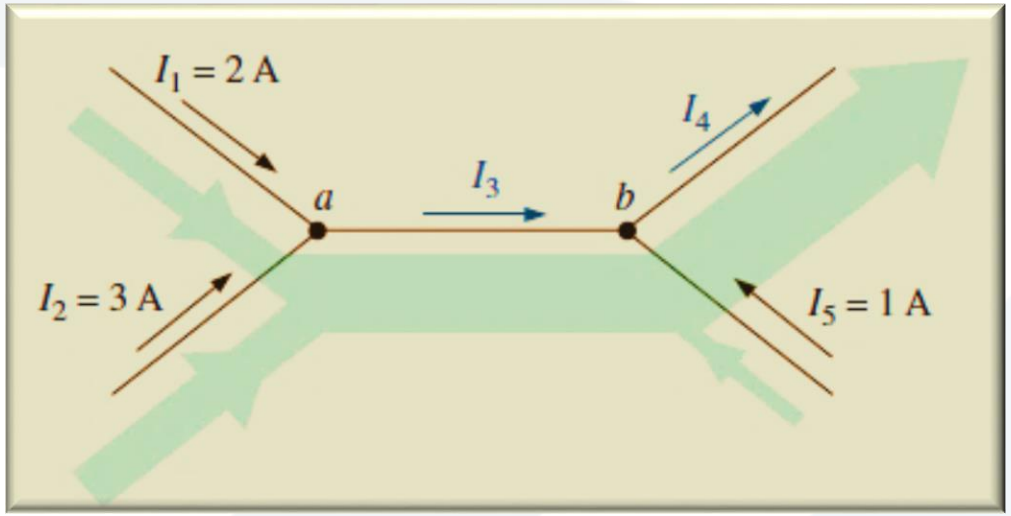


ينص قانون كيرشوف أن مجموع التيارات الداخلة إلى عقدة في دارة كهربائية يساوي مجموع التيارات الخارجة.

أو: مجموع التيارات في عقدة يساوي الصفر مع مراعاة التيارات الداخلة بإشارة والتيارات الخارجة بإشارة معاكسة لها.

$$\Sigma I_i = \Sigma I_o$$

مثال (١٠)



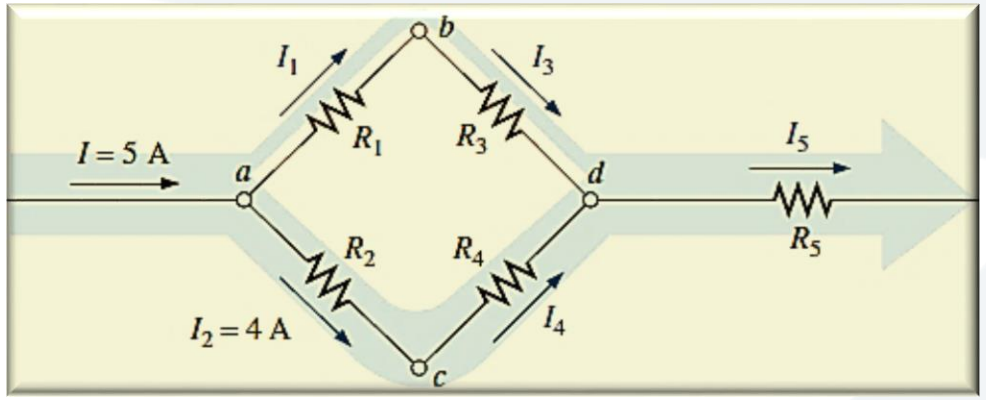
بتطبيق قانون كيرشوف للتيار على العقدة a

$$\Sigma I_i = \Sigma I_o$$
$$I_1 + I_2 = I_3$$
$$2\text{ A} + 3\text{ A} = I_3 = 5\text{ A}$$

بتطبيق قانون كيرشوف للتيار على العقدة b

$$\Sigma I_i = \Sigma I_o$$
$$I_3 + I_5 = I_4$$
$$5\text{ A} + 1\text{ A} = I_4 = 6\text{ A}$$

مثال (١١)



حساب التيارات المجهولة بتطبيق كيرشوف للتيار KCL

بتطبيق قانون كيرشوف للتيارعلى العقدة a

$$\Sigma I_i = \Sigma I_o$$
$$I = I_1 + I_2$$
$$5\text{ A} = I_1 + 4\text{ A}$$
$$I_1 = 5\text{ A} - 4\text{ A} = \mathbf{1\text{ A}}$$

بتطبيق قانون كيرشوف للتيارعلى العقدة b

$$\Sigma I_i = \Sigma I_o$$
$$I_1 = I_3$$
$$I_3 = I_1 = \mathbf{1\text{ A}}$$

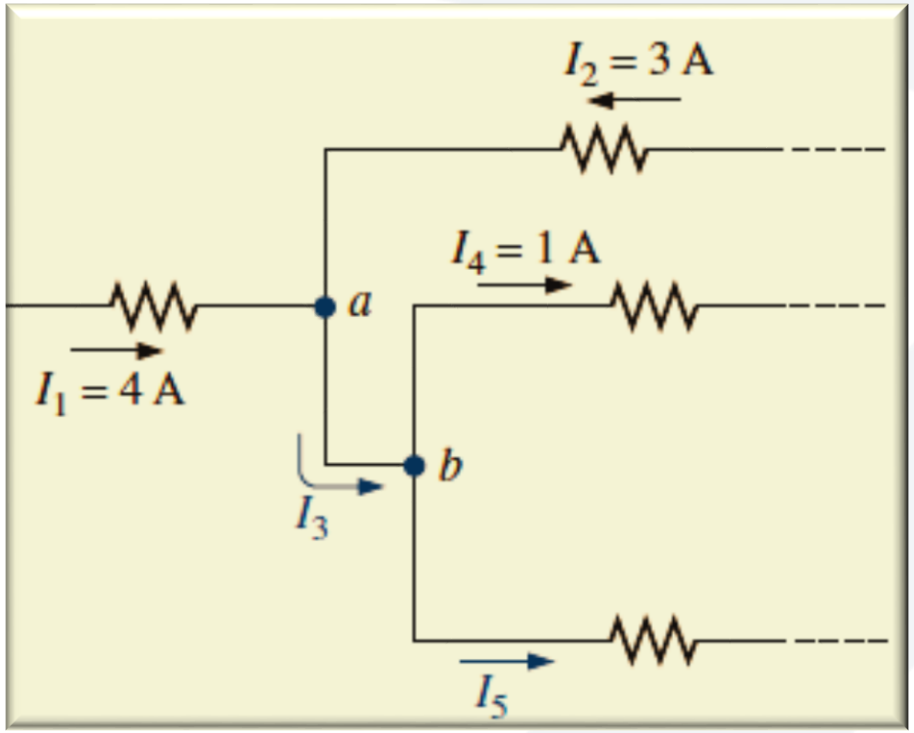
بتطبيق قانون كيرشوف للتيارعلى العقدة c

$$\Sigma I_i = \Sigma I_o$$
$$I_2 = I_4$$
$$I_4 = I_2 = \mathbf{4\text{ A}}$$

بتطبيق قانون كيرشوف للتيارعلى العقدة d

$$\Sigma I_i = \Sigma I_o$$
$$I_3 + I_4 = I_5$$
$$1\text{ A} + 4\text{ A} = I_5 = \mathbf{5\text{ A}}$$

مثال (١٢)



حساب التيارات المجهولة بتطبيق كيرشوف للتيار KCL

بتطبيق قانون كيرشوف للتيارعلى العقدة a

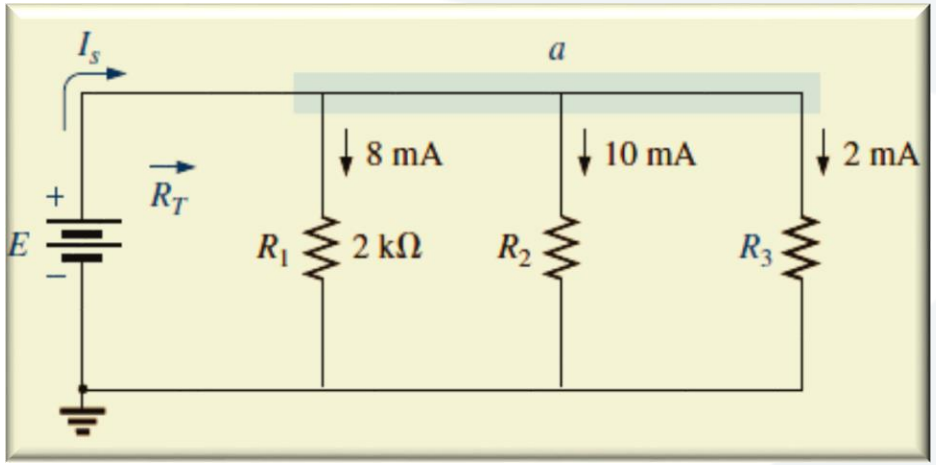
$$\Sigma I_i = \Sigma I_o$$
$$I_1 + I_2 = I_3$$
$$4\text{ A} + 3\text{ A} = I_3 = 7\text{ A}$$

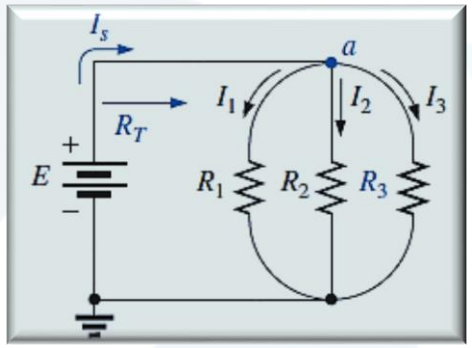
بتطبيق قانون كيرشوف للتيارعلى العقدة b

$$\Sigma I_i = \Sigma I_o$$
$$I_3 = I_4 + I_5$$
$$7\text{ A} = 1\text{ A} + I_5$$
$$I_5 = 7\text{ A} - 1\text{ A} = 6\text{ A}$$

مثال (١٣)

حساب التيار Is، وقيمة منبع التغذية E، و المقاومة R3، والمقاومة المكافئة RT





بتطبيق قانون كيرشوف للتيار على العقدة a

$$\Sigma I_i = \Sigma I_o$$
$$I_s = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I_s = 8\text{ mA} + 10\text{ mA} + 2\text{ mA} = \mathbf{20\text{ mA}}$$

Applying Ohm's law gives

$$E = V_1 = I_1R_1 = (8\text{ mA})(2\text{ k}\Omega) = \mathbf{16\text{ V}}$$

Applying Ohm's law in a different form gives

$$R_3 = \frac{V_3}{I_3} = \frac{E}{I_3} = \frac{16\text{ V}}{2\text{ mA}} = \mathbf{8\text{ k}\Omega}$$

Applying Ohm's law again gives

$$R_T = \frac{E}{I_s} = \frac{16\text{ V}}{20\text{ mA}} = \mathbf{0.8\text{ k}\Omega}$$