Al sham University
Faculty of Informatic

جامعة الشام الخاصة
كلية الهندسة المعلوماتية

أسس الهندسة الكهربائية
لطلاب السنة الثانية
2020-2021

Dr. Ghada Aldahim
ghadadhem@gmail.com

Chapter 4 Basic Laws

الفصل الرابع

قوانين أساسية

References

1. Charles K. Alexander, Matthew N. O. Sadiku, “Fundamentals of Electric Circuits”, 2nd Ed, McGraw Hill, 2009.
   ISBN 978–0–07–352955–4

4. Basic Laws

4.1 Ohm's Law قانون أوم

4.2 Nodes, Branches, and Loops العقد والفروع والحلقات

4.3 Kirchhoff's Laws قوانين كيرشوف

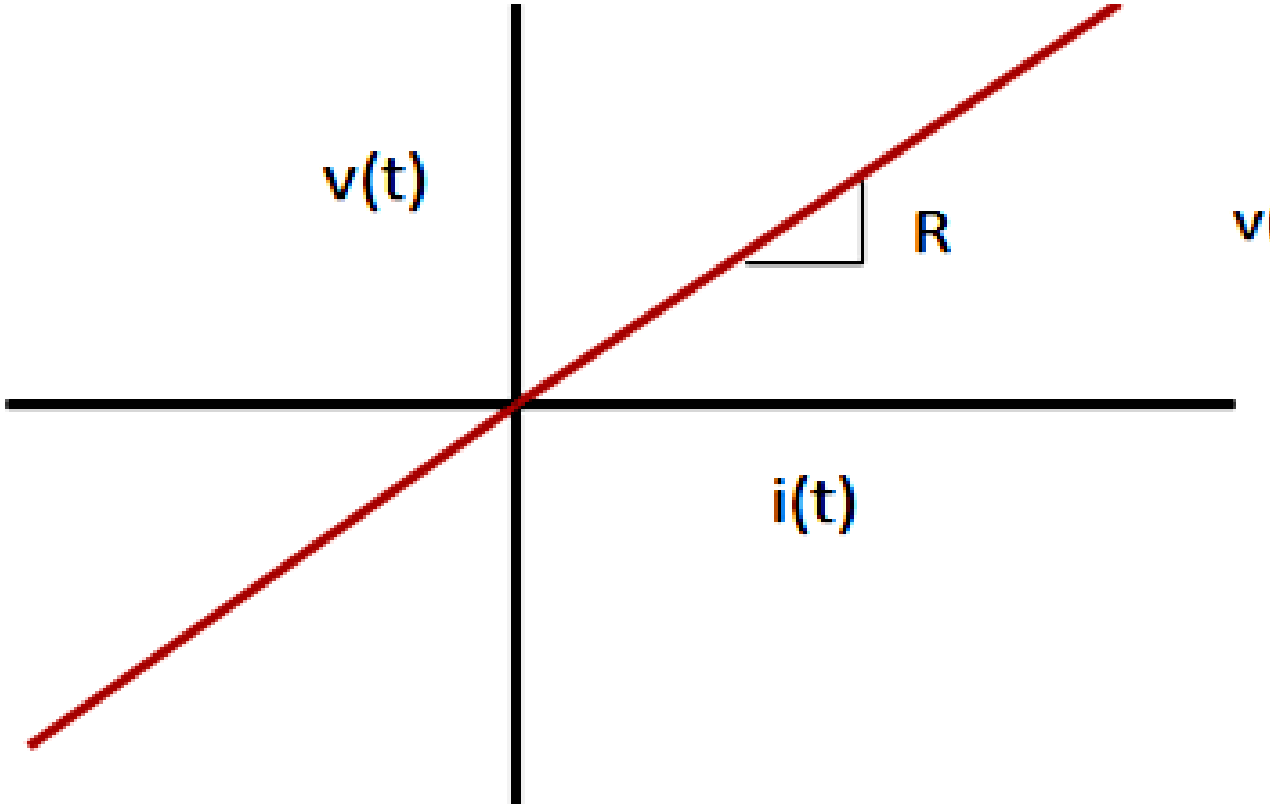
4.4 Series Resistors and Voltage Division
المقاومات التسلسلية ومجزئ التوتر

4.5 Parallel Resistors and Current Division
المقاومات التفرعية ومجزئ التيار

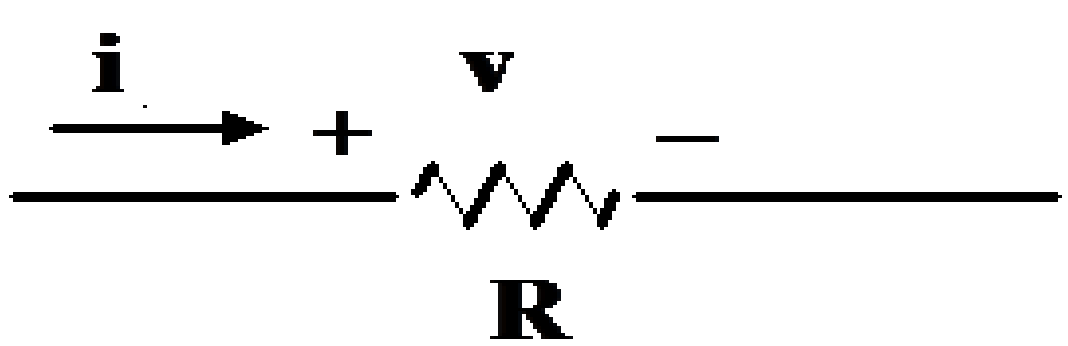
4.6 Wye-Delta Transformations تحويلات نجمة - دلتا

4.1 Ohm's Law

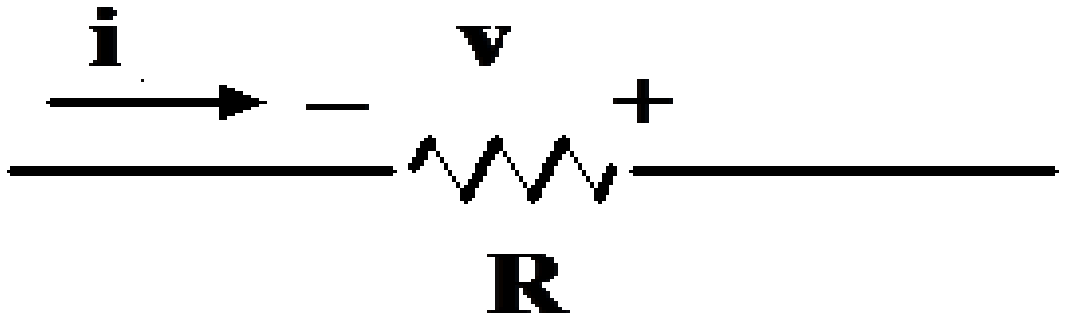
يتناسب التوتر الهابط على مقاومة طردا مع التيار المار فيها. التناسب الطردي يعني علاقة خط مستقيم.



$$v(t) = Ri(t)$$



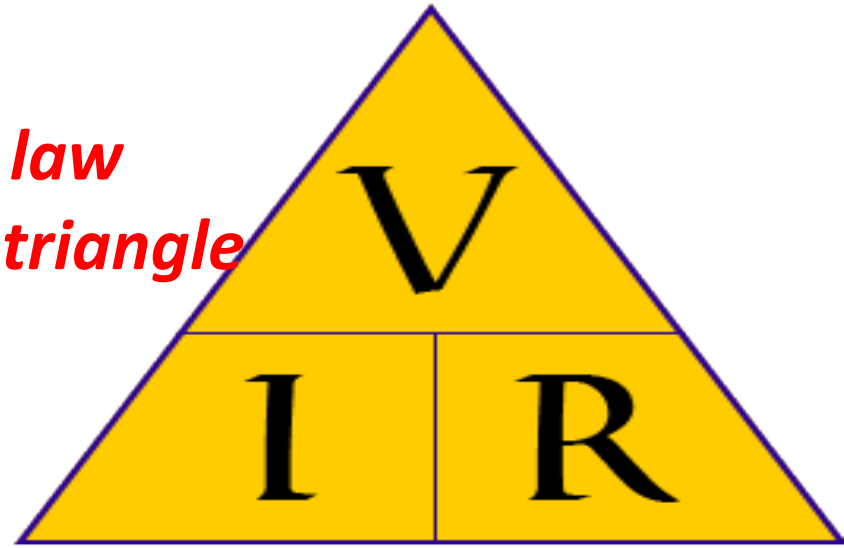
$$v = R\,i$$



$$v = -R\,i$$

If you know V and I, and wish to determine R, just eliminate R from the picture and see what's left: R = V/I

Ohm's law magic triangle



Resistors المقاومات:

- واحدة المقاومة هي الأوم (Ω) ohms.
- العلاقة الرياضية التي تعبر عن المقاومة هي:

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

$$l : Conductor\ Length\ (meters)$$

$$A : Cross-sectional\ area\ (meters^2)$$

$$\rho : Resistivity\ (\Omega \cdot m)$$

Resistivities of common materials.

Material	Resistivity ($\Omega \cdot m$)	Usage
Silver	1.64×10^{-8}	Conductor
Copper	1.72×10^{-8}	Conductor
Aluminum	2.8×10^{-8}	Conductor
Gold	2.45×10^{-8}	Conductor
Carbon	4×10^{-5}	Semiconductor
Germanium	47×10^{-2}	Semiconductor
Silicon	6.4×10^{2}	Semiconductor
Paper	10^{10}	Insulator
Mica	5×10^{11}	Insulator
Glass	10^{12}	Insulator
Teflon	3×10^{12}	Insulator

الناقلية: Conductance

الناقلية هي مقلوب المقاومة . وبما أن واحدة المقاومة هي الأوم **Ohms**، لذلك كانت واحدة الناقلية هي الـ **mhos** (أي تلفظ بعكس لفظ الأوم).
وفي السنوات الأخيرة تم اعتماد واحدة للناقلية هي السيمنس (S) **siemens**

$$G = \frac{1}{R} \qquad [S]$$

الاستطاعة:

تعطى الاستطاعة المصروفة في المقاومة بدلالة R بالعلاقة التالية:

$$p = vi = Ri^2 = \frac{v^2}{R} \quad W$$

١- الاستطاعة المصروفة في المقاومة تمثل علاقة غير خطية مع كل من التيار والتوتر.

٢- بما أن المقاومة والناقلية هي كميات موجبة، **فالاستطاعة المصروفة في المقاومة دائما موجبة**. ولذلك دائما المقاومة تمتص استطاعة من الدارة. وهذا يؤكد فكرة كون المقاومة عنصر خامل غير قادر على توليد القدرة.

Example 4.1

تستجر مكواة 2 A عند تطبيق توتر مقداره 120 V . احسب مقاومتها.

الحل:

من قانون أوم :

$$R = \frac{v}{i} = \frac{120}{2} = 60\ \Omega$$

Practice Problem 4.1

The essential component of a toaster is an electrical element (a resistor) that converts electrical energy to heat energy. How much current is drawn by a toaster with resistance10Ω at 110 V?

Answer: 11 A.

Example 4.2

في الدارة المبينة في الشكل 4.8 احسب التيار i والناقلية G والاستطاعة P .

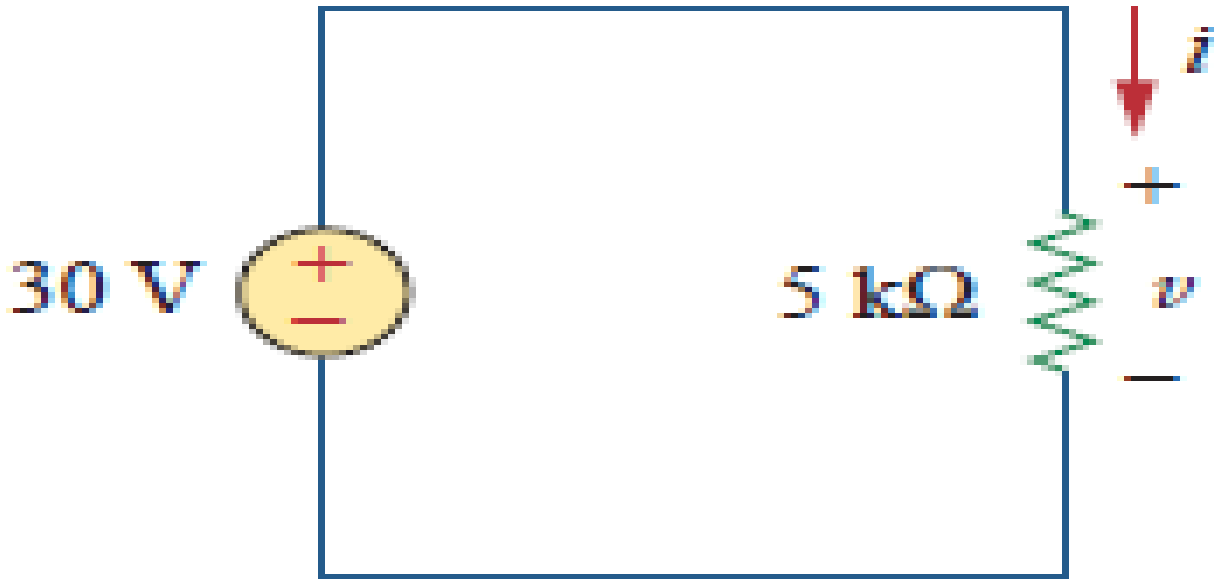


Figure 4.8

الحل :

التوتر على طرفي المقاومة يساوي توتر المنبع لأنهما موصلان لنفس النهايتين وبالتالي فإن التيار :

$$i = \frac{v}{R} = \frac{30}{5 \times 10^3} = 6\ \text{mA}$$

The conductance is

$$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{5 \times 10^3} = 0.2\ \text{mS}$$

We can calculate the power in various ways using either Eqs.

$$p = vi = 30(6 \times 10^{-3}) = 180 \text{ mW}$$

or

$$p = i^2R = (6 \times 10^{-3})^2 5 \times 10^3 = 180 \text{ mW}$$

or

$$p = v^2G = (30)^2 0.2 \times 10^{-3} = 180 \text{ mW}$$

Practice Problem 4.2

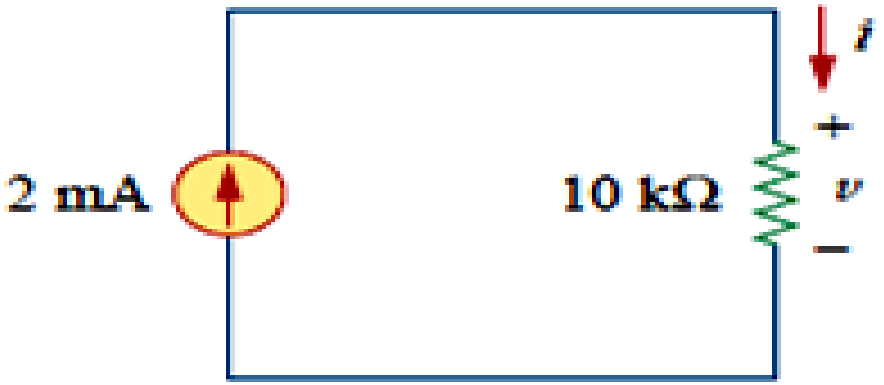


Figure 2.9

For the circuit shown in Fig. 2.9, calculate the voltage v, the conductance G, and the power p.

Answer: 20 V, 100 μS, 40 mW.

Example 4.3

نصل منبع توتر $20 \sin \pi t - V$ إلى مقاومة مقدارها $5\text{-k}\Omega$ ، احسب التيار المار خلال المقاومة والاستطاعة المتبددة.

الحل :

$$i = \frac{v}{R} = \frac{20 \sin \pi t}{5 \times 10^3} = 4 \sin \pi t \text{ mA}$$

Hence,

$$p = vi = 80 \sin^2 \pi t \text{ mW}$$

Practice Problem 4.3

A resistor absorbs an instantaneous power of 20 $\cos^2 t$ mW when connected to a voltage source $v = 10 \cos t$ V. Find i *and* R.

Answer: 2 cos *t mA, 5 kΩ.*

4.2 Nodes, Branches, and Loops العقد والفروع والحلقات

الفرع : branch يمثل عنصر وحيد مثل منبع توتر أو مقاومة، أو بكلمات أخرى الفرع يُمثّل بطرفي عنصر ما.

العقدة : node هي نقطة اتصال فرعين أو أكثر.

الحلقة: loop هي أي مسار مغلق في دارة. ويقال عن حلقة أنها مستقلة إذا كانت تحتوي على الأقل فرعاً واحداً ليس جزءاً من أي حلقة مستقلة. وبإمكاننا أن نستنتج من الحلقات أو المسارات المستقلة مجموعة من المعادلات.

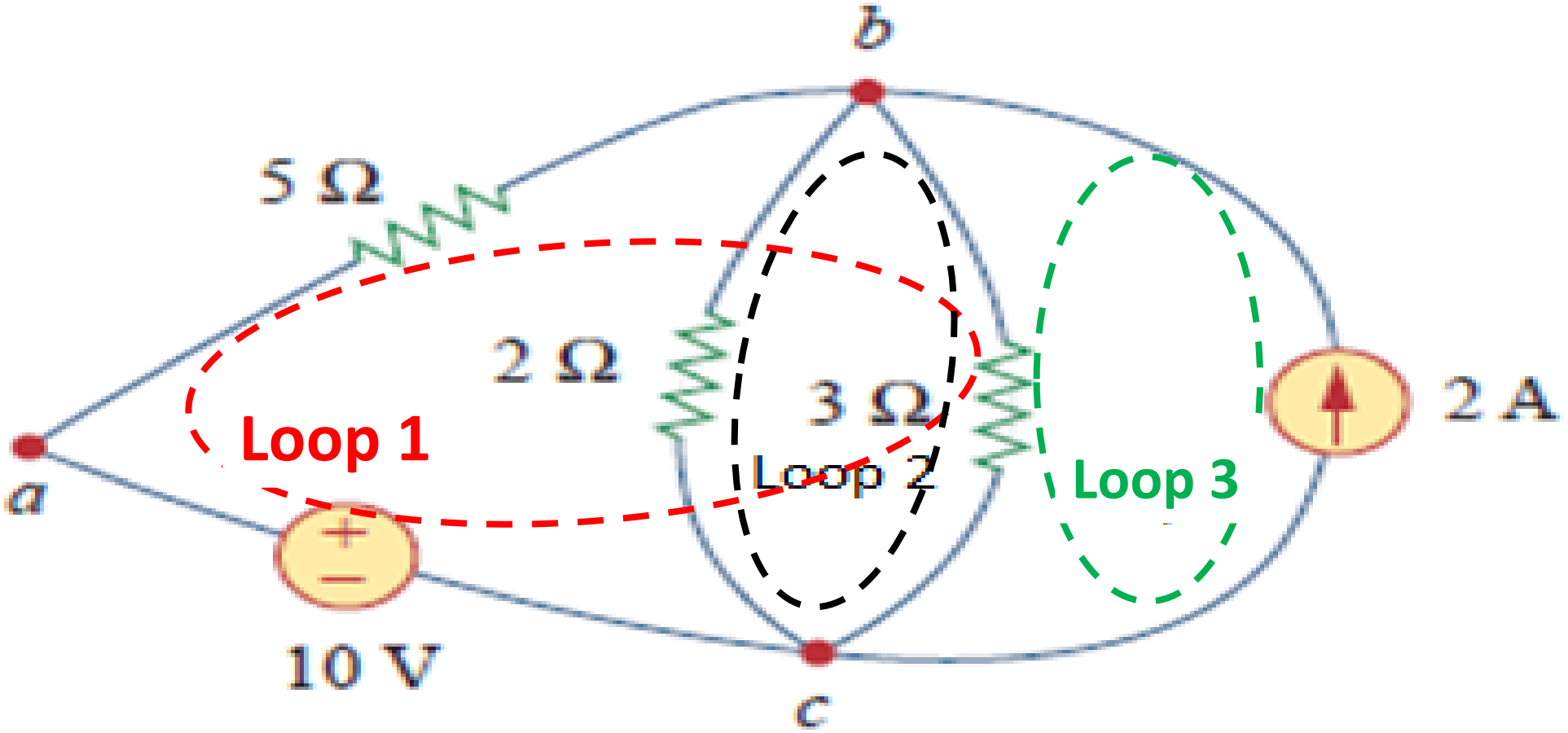
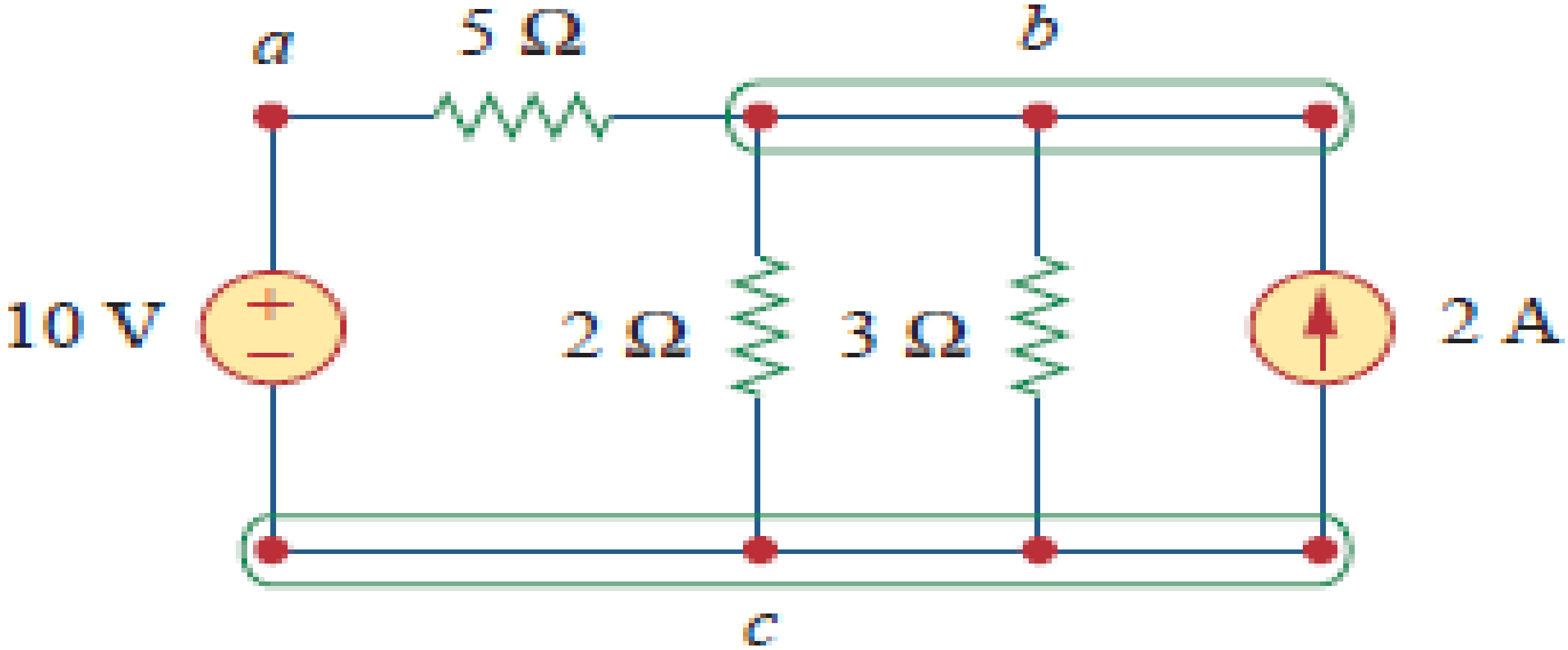


Figure 2.11
The three-node circuit of Fig. 2.10 is redrawn. 3 independent loops



five branches, namely, the 10-V voltage source, the 2-A current source, and the three resistors.

إذا كان لدينا شبكة تحوي b فرع و nعقدة و L حلقة مستقلة، فيمكننا كتابة العلاقة الأساسية لهيكلية الشبكة:

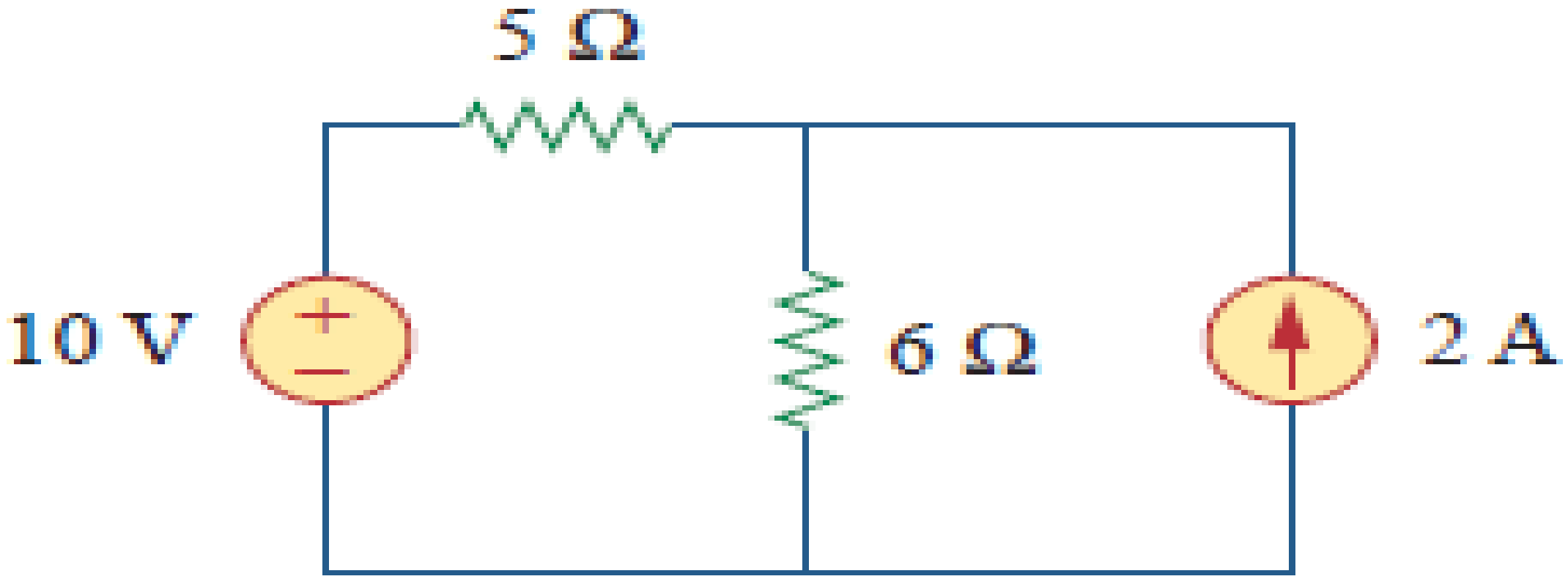
$$b = l + n - 1$$

يقال عن عنصرين أو أكثر أنهما على **التسلسل** إذا تشاركت هذه العناصر بعقدة وحيدة وبالتالي يمر بها نفس التيار.

يقال عن عنصرين أو أكثر أنهما على **التفرع** إذا وصلت هذه العناصر إلى نفس العقدتين وبالتالي يكون لهذه العناصر نفس التوتر.

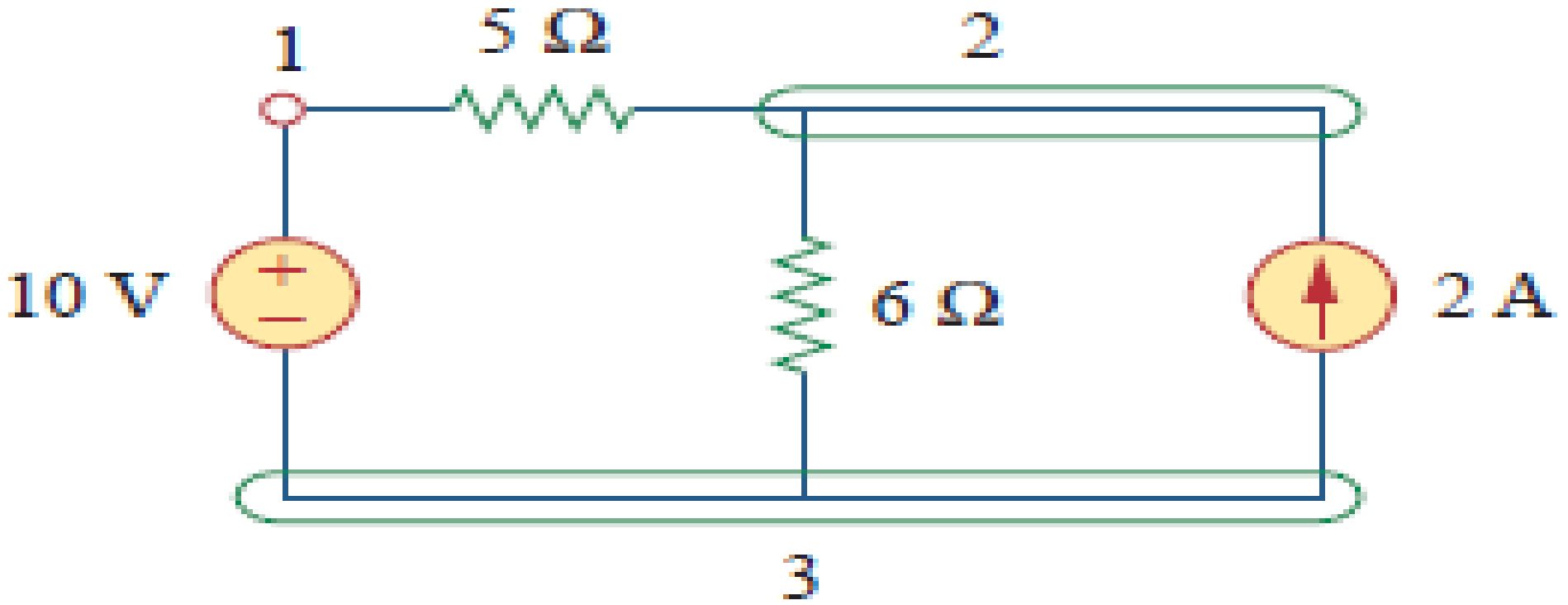
Example 4.4

حدد عدد الفروع والعقد في الدارة المبينة في الشكل، وحدد أي من العناصر موصولة على التسلسل وأيها على التفرع.



الحل:

طالما أنه يوجد في الدارة أربع عناصر إذاً لها **أربع فروع** هي: 10 V, 5Ω, 6Ω, 2 A . وللدارة **ثلاثة عقد** كما هو واضح في الشكل. المقاومة ٥ أوم هي على التسلسل مع منبع التوتر ١٠ فولت لأن التيار المار خلالهما هو نفسه. المقاومة ٦ أوم هي على التفرع مع منبع التيار ٢ أمبير لأن كلاهما مربوط إلى العقدتين ٢ و ٣ .



Practice Problem 4.4

How many branches and nodes does the circuit in Fig. 2.14 have? Identify the elements that are in series and in parallel.

Answer: Five branches and three nodes are identified in Fig. 2.15. The 1-Ω and 2-Ω resistors are in parallel. The 4-Ω resistor and 10-V source are also in parallel.

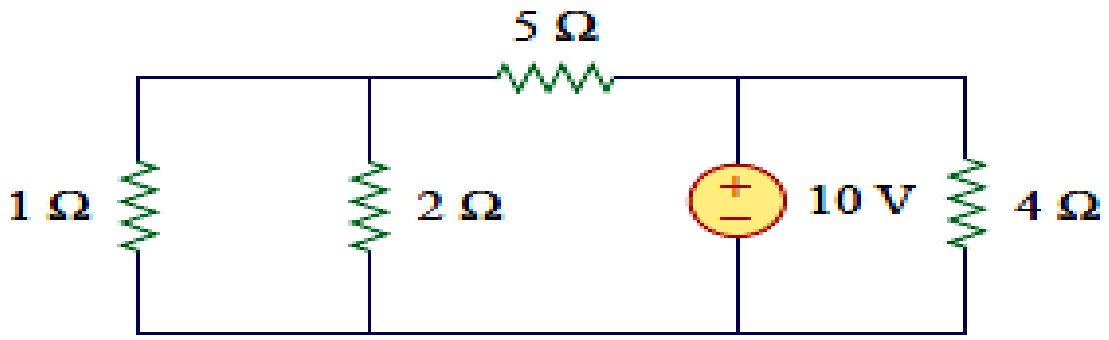


Figure 2.14
For Practice Prob. 2.4.

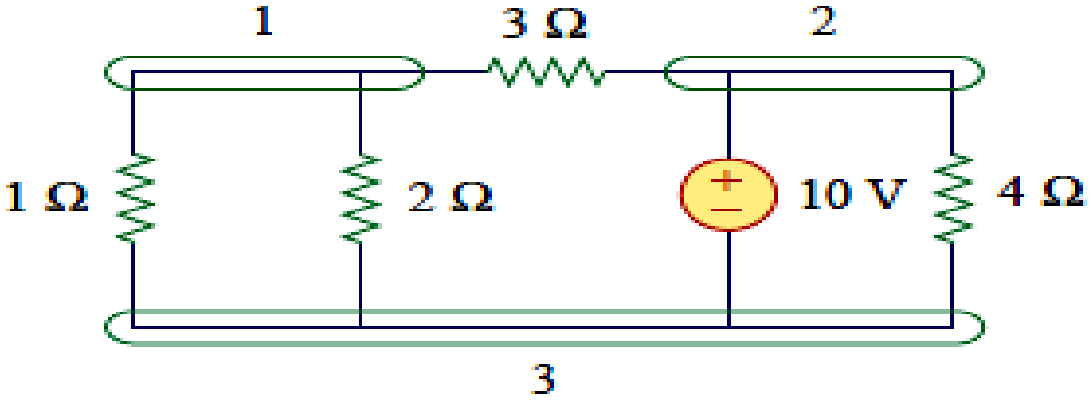


Figure 2.15
Answer for Practice Prob. 2.4.

4.3 Kirchhoff's Laws قانونا كيرشوف

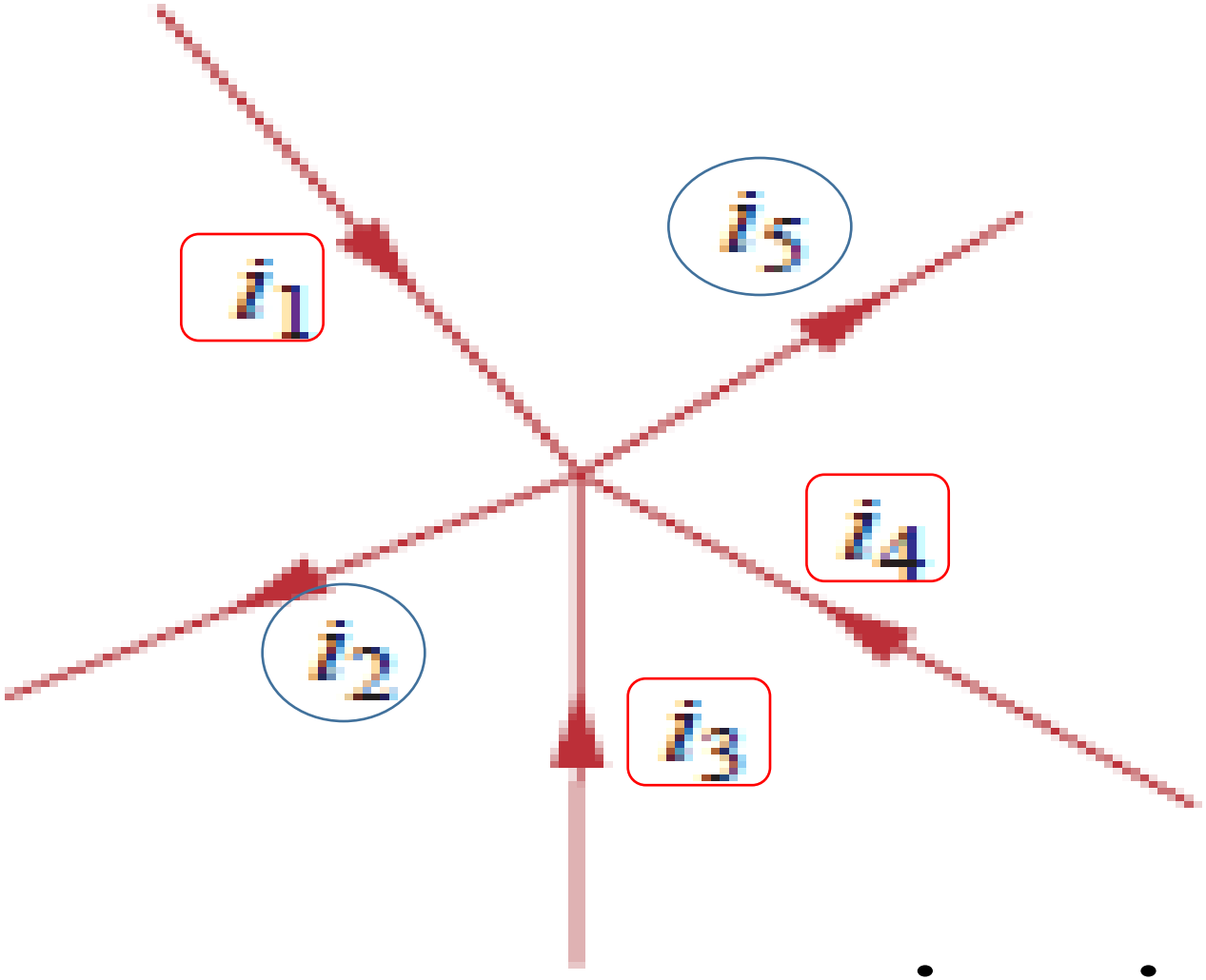
1 - Kirchhoff's current law (KCL) قانون كيرشوف بالتيار

المجموع الجبري للتيارات الداخلة إلى عقدة والخارجة منها يساوي الصفر. أو مجموع التيارات الداخلة إلى عقدة يساوي مجموع التيارات الخارجة منها.

Mathematically, KCL implies that

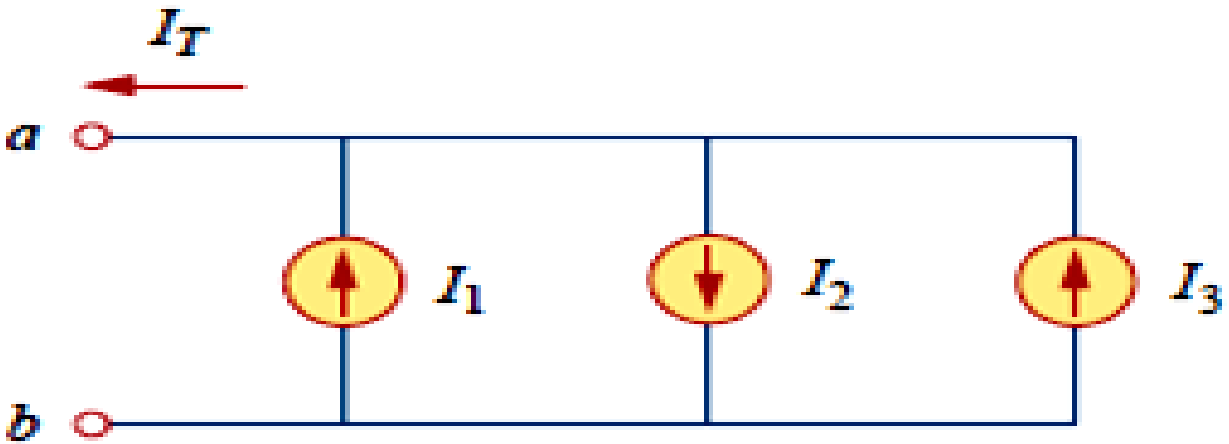
$$\sum_{n=1}^{N} i_n = 0$$

حيث N عدد الفروع الموصولة إلى العقدة و i_n هي التيارات ذات العدد N الداخلة و الخارجة من العقدة. يمكن في هذا القانون اعتبار التيارات الداخلة للعقدة ذات إشارة موجبة والخارجة سالبة والعكس بالعكس.

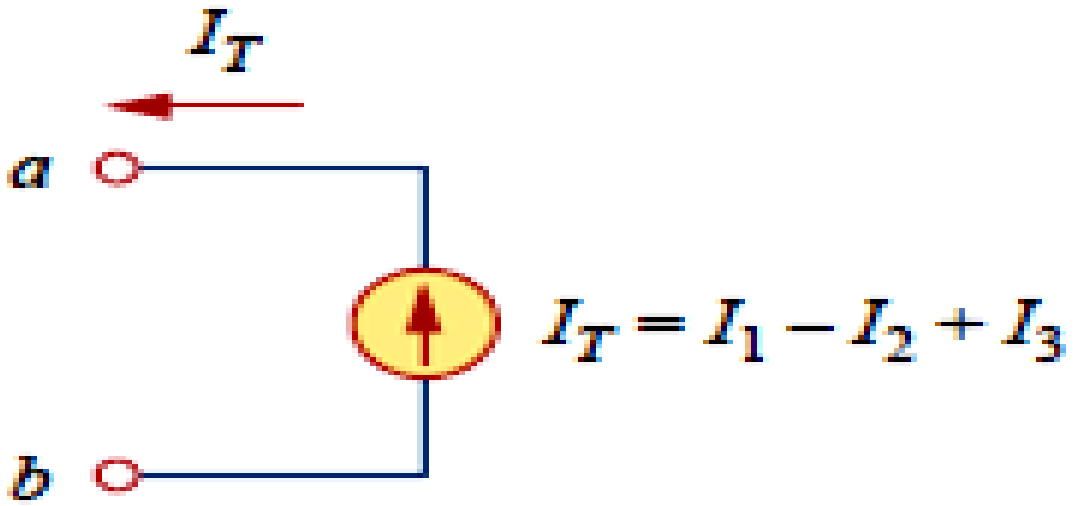


$$i_1 + i_3 + i_4 - i_2 - i_5 = 0 \text{ or}$$

$$i_1 + i_3 + i_4 = i_2 + i_5$$



(a)



(b)

$$I_T + I_2 = I_1 + I_3$$

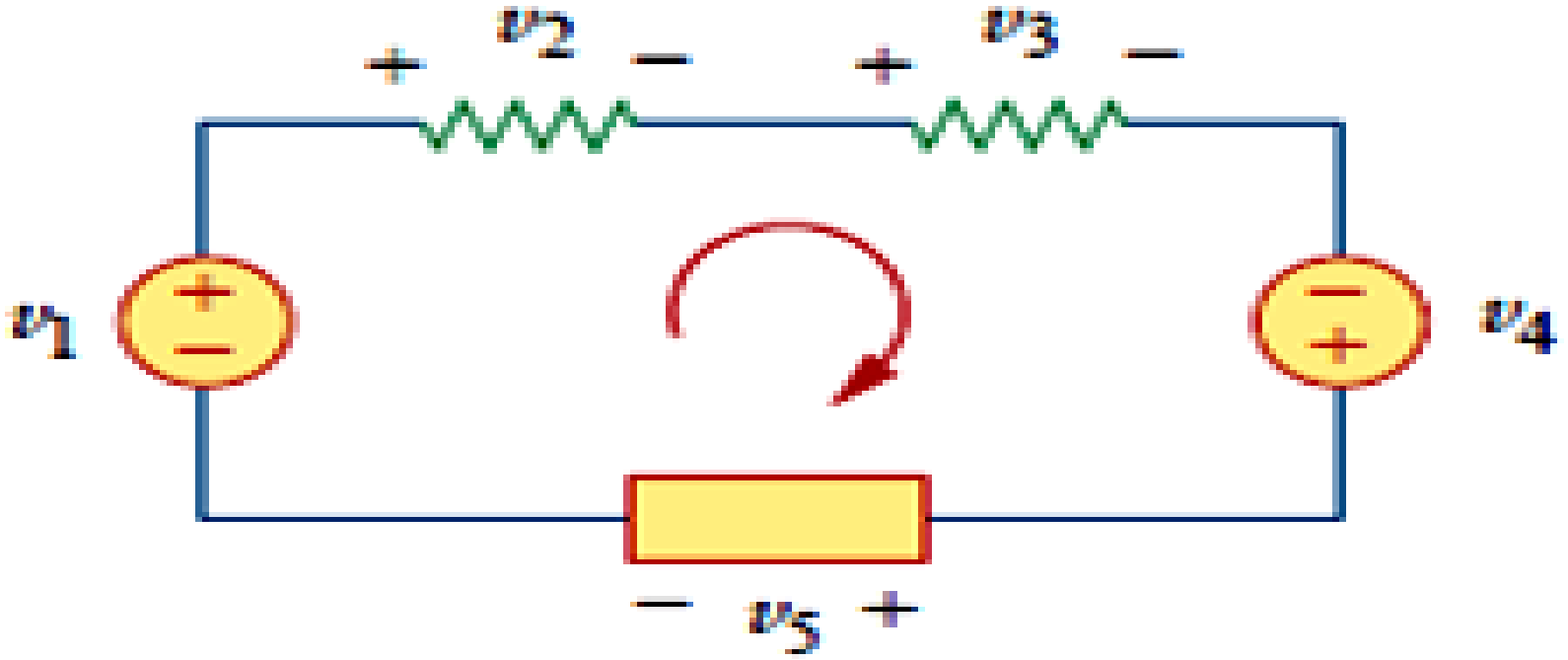
$$I_T = I_1 - I_2 + I_3$$

Current sources in parallel: (a) original circuit, (b) equivalent circuit.

2- Kirchhoff's voltage law (KVL)

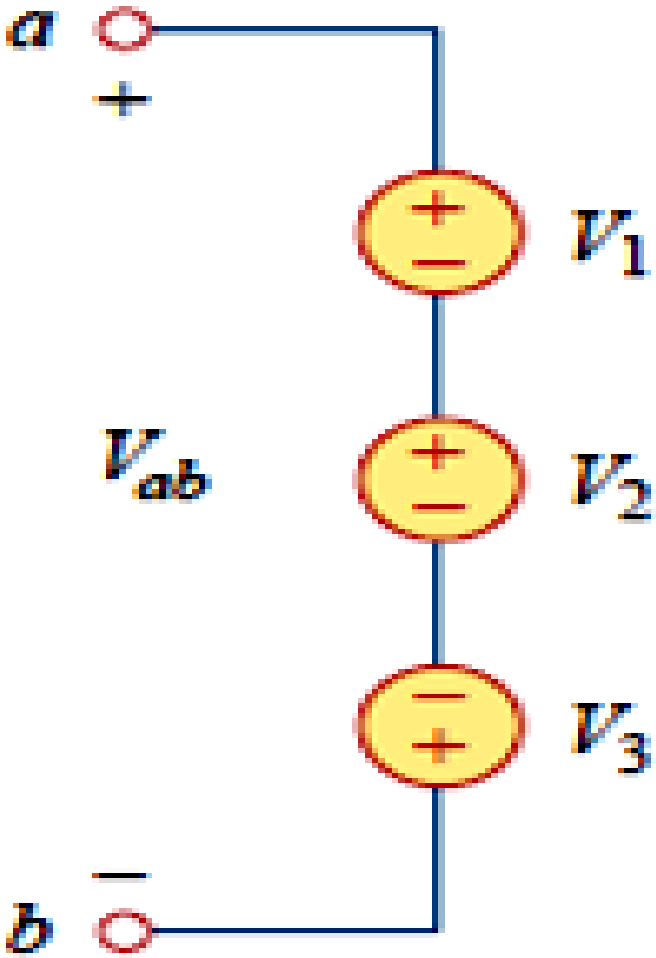
قانون كيرشوف بالتوتر

وينص على أن المجموع الجبري للتوترات حول مسار مغلق أو (حلقة) يساوي الصفر.

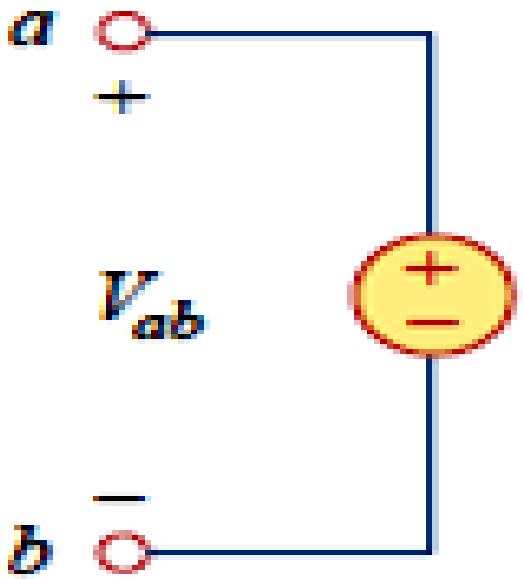


$$-v_1 + v_2 + v_3 - v_4 + v_5 = 0$$

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



(a)



$V_S = V_1 + V_2 - V_3$

(b)

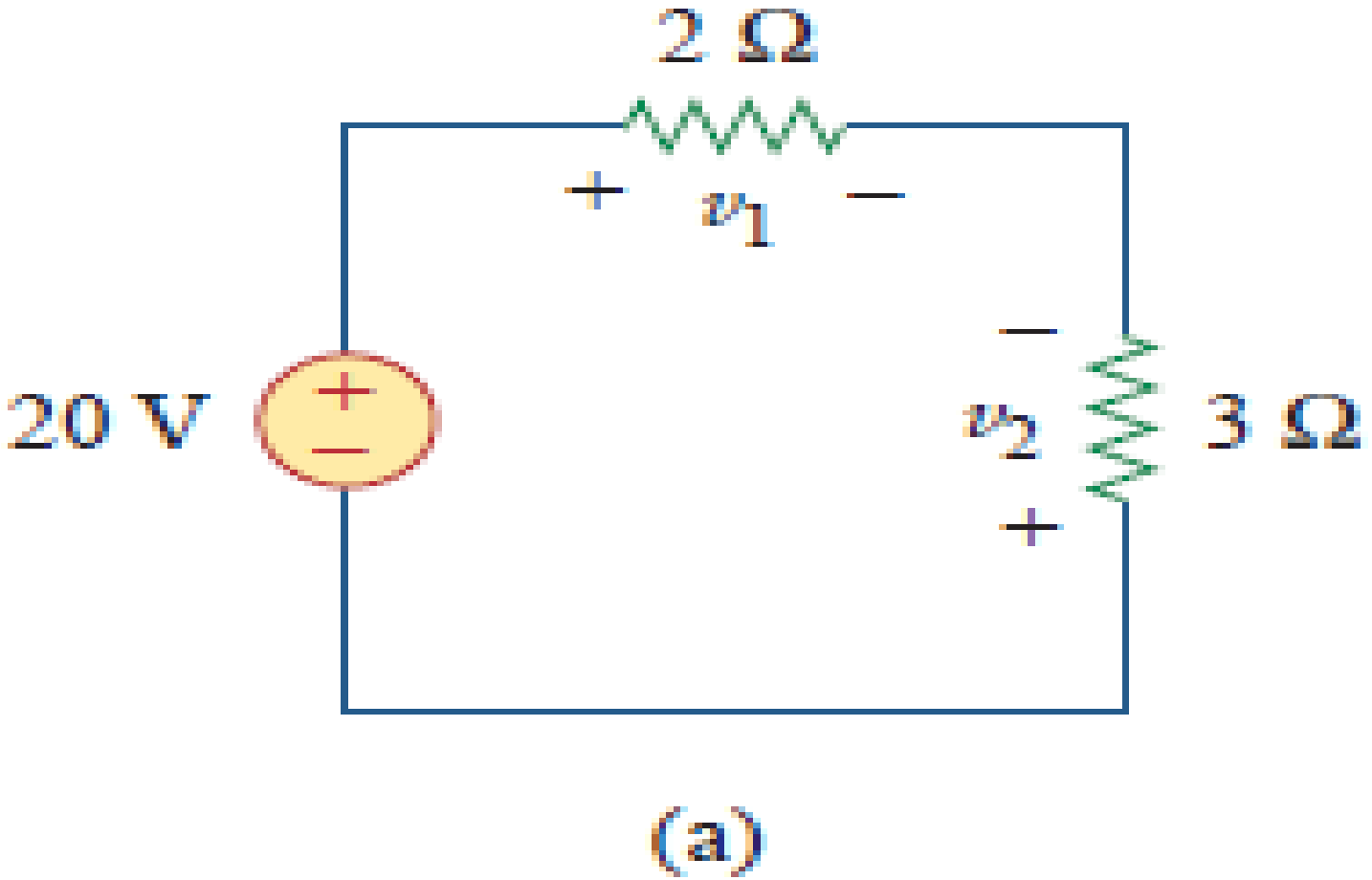
$$V_{ab} = V_1 + V_2 - V_3$$

$$-V_{ab} + V_1 + V_2 - V_3 = 0$$

Voltage sources in series: (a) original circuit, (b) equivalent circuit.

Example 4.5

من أجل الدارة في الشكل a، أوجد كل من التوتر v_1 ، v_2 .



الحل:

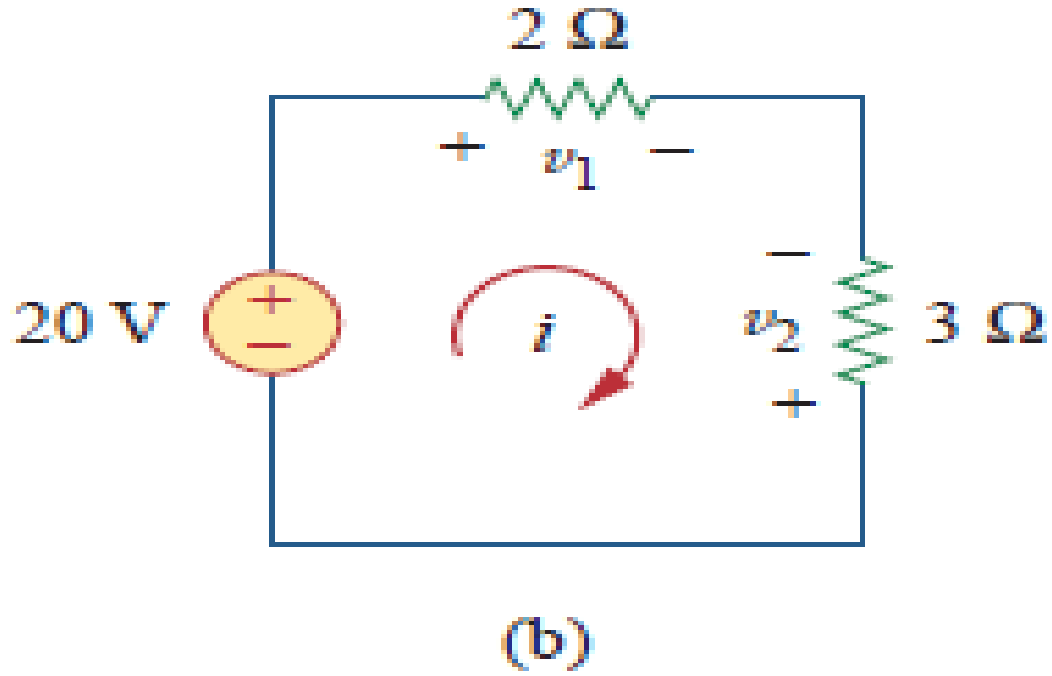
لإيجاد v1 و v2 نطبق قانوني أوم وكيرشوف بالتوتر . بفرض أن التيار *i* يمر بالحلقة كما هو مبين بالشكل (b) . نجد :

Applying KVL around the loop gives ⟵

$$-20 + v_1 - v_2 = 0 \quad \text{..... (1)}$$

⟵ بتطبيق قانون أوم على الدارة

$$v_1 = 2i, \qquad v_2 = -3i \quad \text{..... (2)}$$



(b)

بتعويض قيم التوترات من العلاقة (٢) في العلاقة (١)

$$-20 + 2i + 3i = 0$$

$$5i = 20 \quad \Rightarrow \quad i = 4\ \text{A}$$

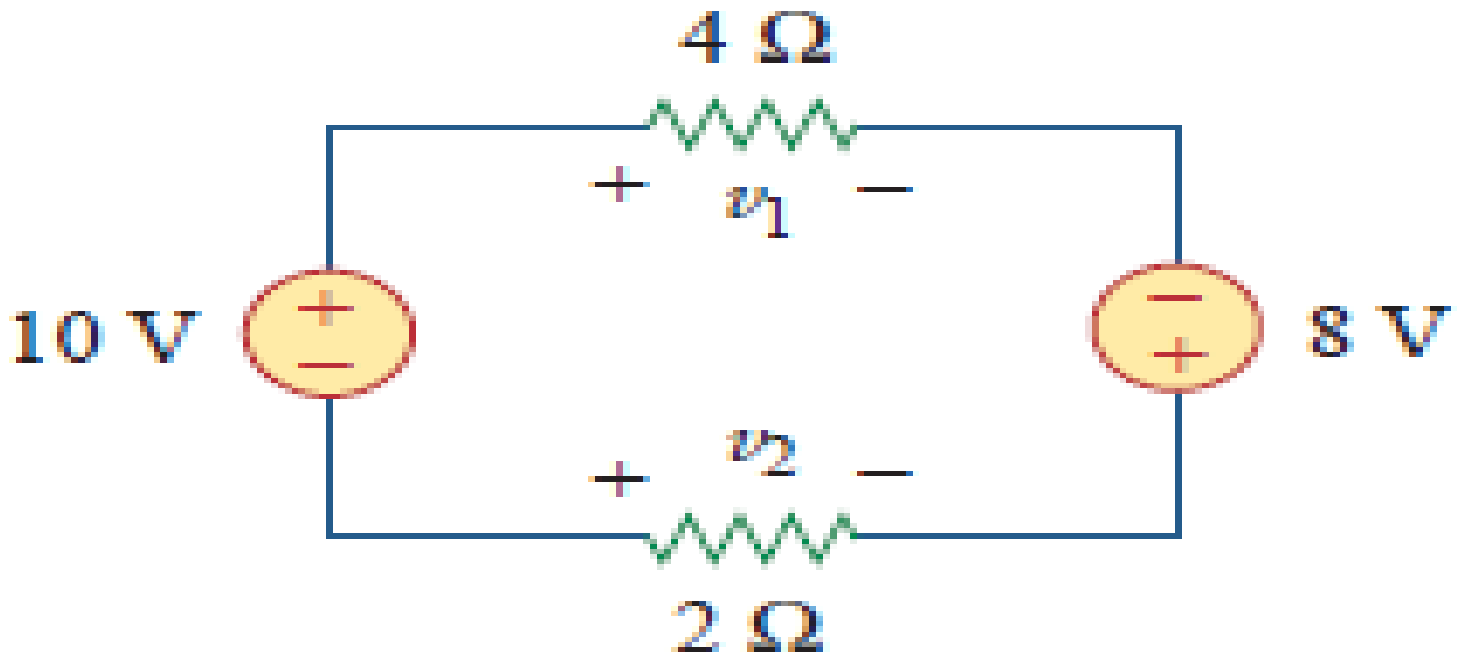
بتعويض قيمة التيار في العلاقة (٢)

$$v_1 = 8\ \text{V}, \qquad v_2 = -12\ \text{V}$$

Practice Problem 4.5

Find v_1 and v_2 in the circuit of Fig. 2.22.

Answer: 12 V, - 6 V.



END OF LECTURE