

**It dose not matter how slowly  
you go as long as you do not  
stop**

**لا يهمكم أنت بطريقك في سيرك مادمت لا  
تتوقف**

## النظام الدولي لوحدات القياس

## International System of Units

يعتمد النظام العالمي SI لوحدات القياس على سبعة كميات معرفة

الرمز	وحدة القياس	الاسم
m	م	meter متر Length الطول
kg	كغ	kilogram كيلوغرام Mass الكتلة الوزن
s	ثا	second ثانية Time الزمن
A	أمبير	ampere أمبير Current التيار
K		kelvin كيلفن Temperature الحرارة
mol	مول	mole مول Amount of substance كمية المادة
cd		candela كانديلا (شعلة) luminous intensity شدة الضوء

يمكن تجميع هذه القيم المعرفة لتشكيل وحدات مشتقة، مثل القوة، الطاقة، الاستطاعة (القدرة) و الشحنة الكهربائية ووحدات أخرى

الاسم	وحدةقياس	الرمز	التمثيل الرياضية
التردد	هرتز	hertz	$\text{Hz}$
القوة/الشدة	نيوتن	newton	$\text{kg}\cdot\text{m/s}^2$
طاقة العمل	جول	joule	$\text{N}\cdot\text{m}$
الاستطاعة أو القدرة	واط	watt	$\text{J/s}$
الشحنة الكهربائية	كولوم	coulomb	$\text{A}\cdot\text{s}$
فرق الكمون	فولط	volt	$\text{J/C}$
المقاومة الكهربائية	اوم	ohm	$\text{V/A}$
النقاولة الكهربائية	سيمنز	siemens	$\text{A/V}$
السعة الكهربائية	فاراد	farad	$\text{C/V}$
التدفق المغناطيسي	وير	weber	$\text{V}\cdot\text{s}$
التحريض	هنري	henry	$\text{Wb/A}$

## مضاعفات وكسور الوحدات:

أهم مضاعفات وكسور الوحدات الأكثر استخداماً لدى المهندسين

Factor	Prefix	Symbol
$10^{18}$	exa	E
$10^{15}$	peta	P
$10^{12}$	tera	T
$10^9$	giga	G
$10^6$	mega	M
$10^3$	kilo	k
$10^2$	hecto	h
10	deka	da

Factor	Prefix	Symbol
$10^{-1}$	deci	d
$10^{-2}$	centi	c
$10^{-3}$	milli	m
$10^{-6}$	micro	$\mu$
$10^{-9}$	nano	n
$10^{-12}$	pico	p
$10^{-15}$	femto	f
$10^{-18}$	atto	a

## العمليات الحسابية الأساسية

## Basic Arithmetic Operations

$$A \times 10^n \pm B \times 10^n = (A \pm B) \times 10^n$$

الجمع والطرح (Addition & Subtraction)

$$(A \times 10^n)(B \times 10^m) = (A)(B) \times 10^{n+m}$$

الضرب (Multiplication)

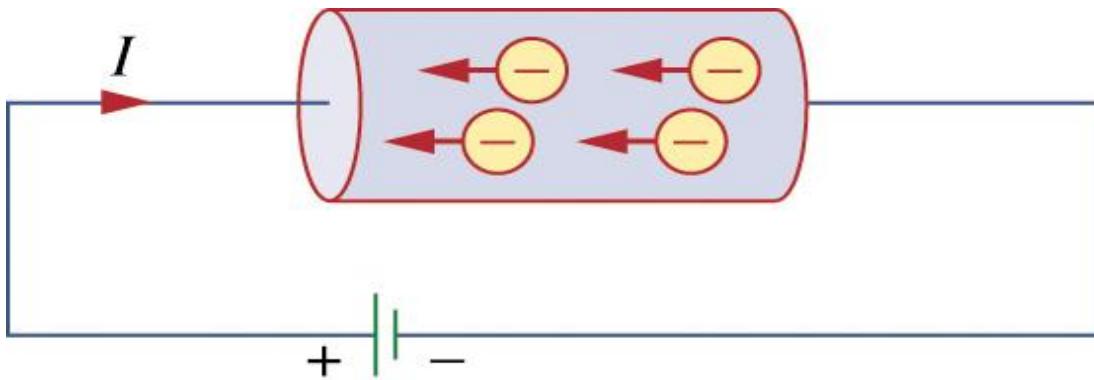
$$\frac{A \times 10^n}{B \times 10^m} = \frac{A}{B} \times 10^{n-m}$$

القسمة (Division)

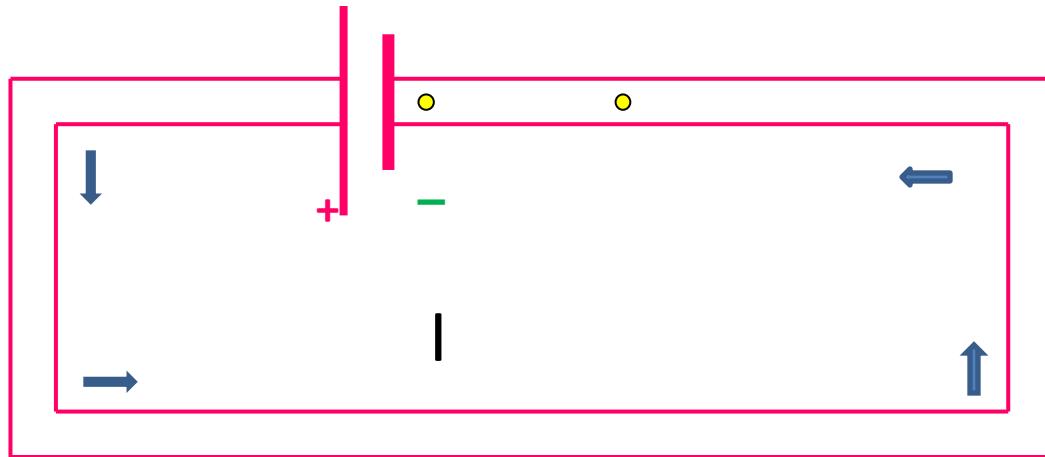
$$(A \times 10^n)^m = A^m \times 10^{nm}$$

قوة القوة (Powers)

ما هو التيار الكهربائي:



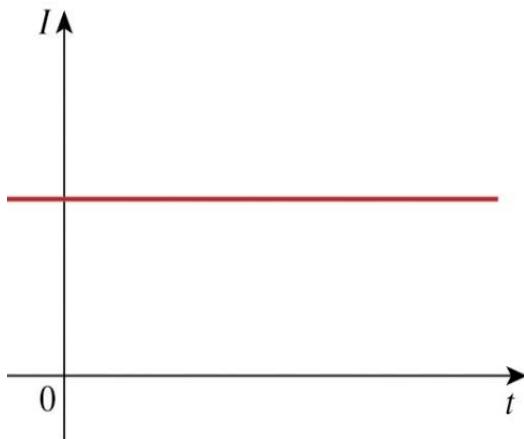
Battery



في أي اتجاه يجب أن يكون تدفق التيار الكهربائي؟

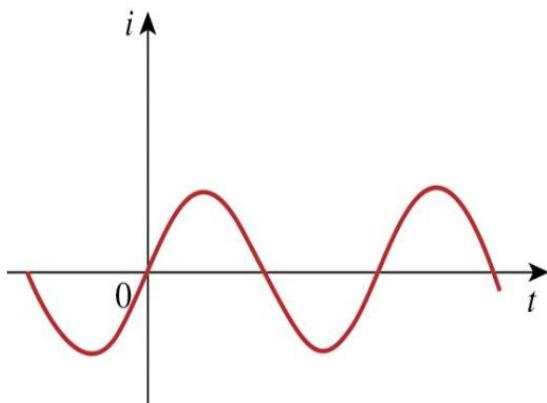
من القطب الموجب إلى القطب السالب من الخلية

# أنواع التيار



(a)

التيار المستمر (DC): التيار المستمر ثابت القيمة ولا يغير اتجاهه بالنسبة للزمن.



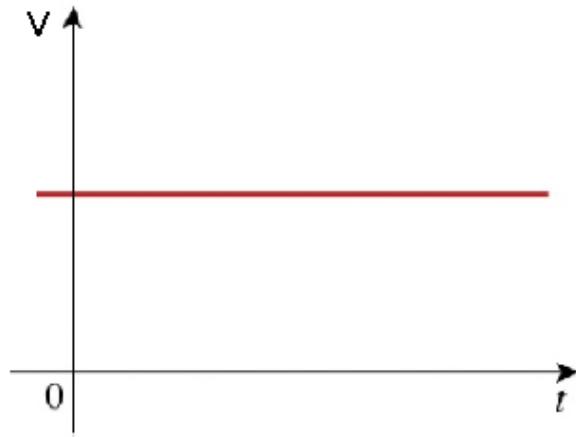
(b)

تيار متناوب (AC): وهو تيار متغير القيمة والاتجاه دوريًا، مثل الموجة الجيبية (sin wave).

# أنواع الجهد الكهربائي

الجهد المستمر (dc)

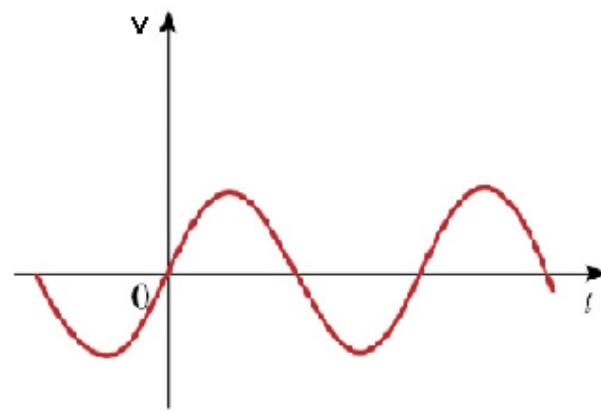
هو جهد مستمر ثابت القيمة ولا يغير اتجاهه مع الزمن



(a)

الجهد المتناوب (ac)

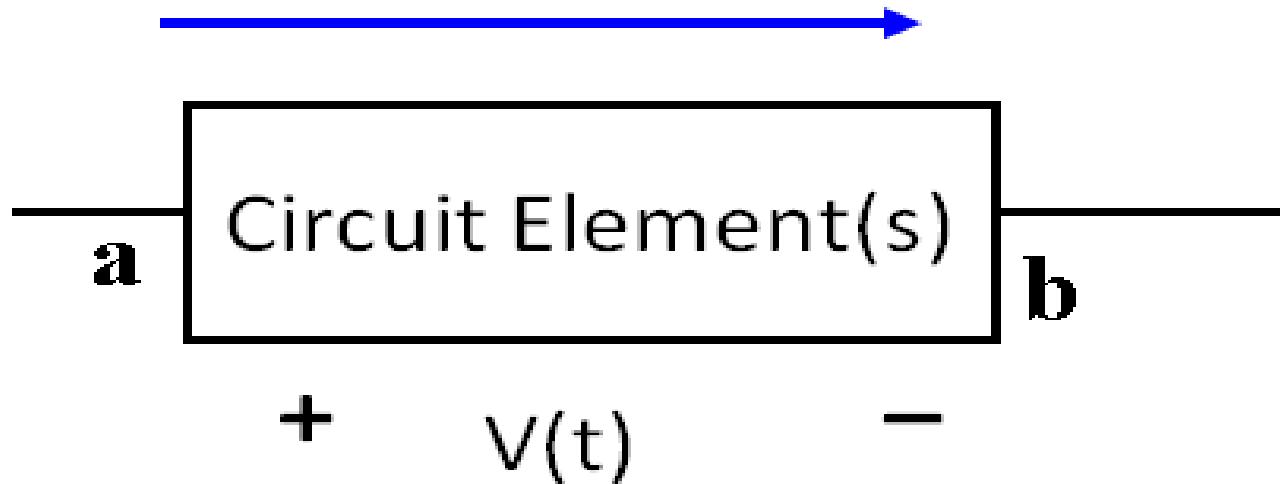
هو جهد متغير القيمة والاتجاه دوريًا



(b)

# الجهد

هبوط الجهد



$(v_{ab} > 0)$  يعني كمون النقطة (b) أكبر من كمون النقطة (a)

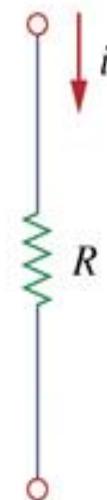
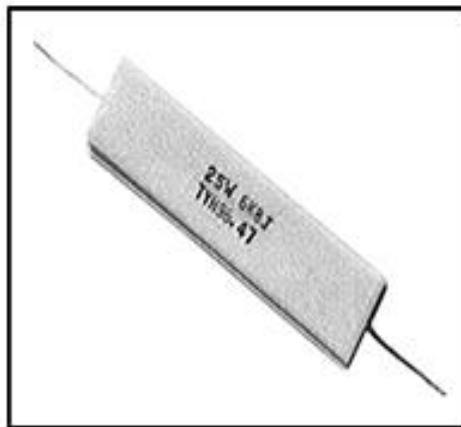
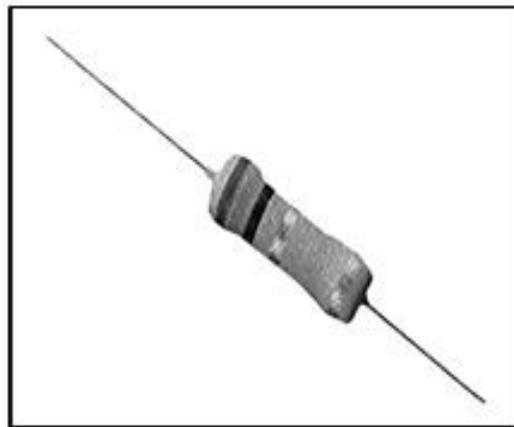
$(v_{ab} < 0)$  يعني كمون النقطة (a) أصغر من كمون النقطة (b)

## أنواع المقاومات

## Types of Resistors

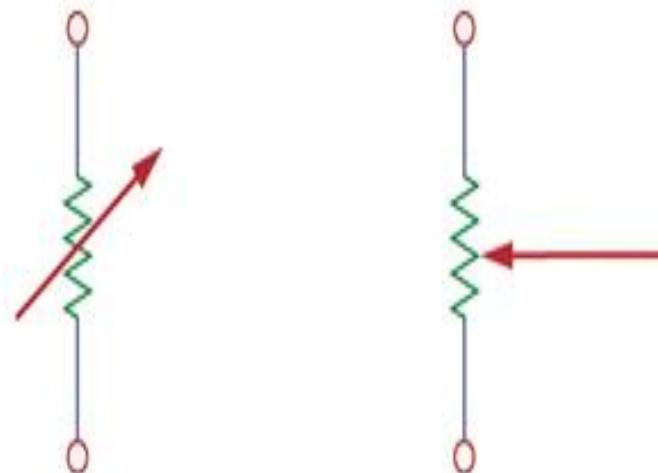
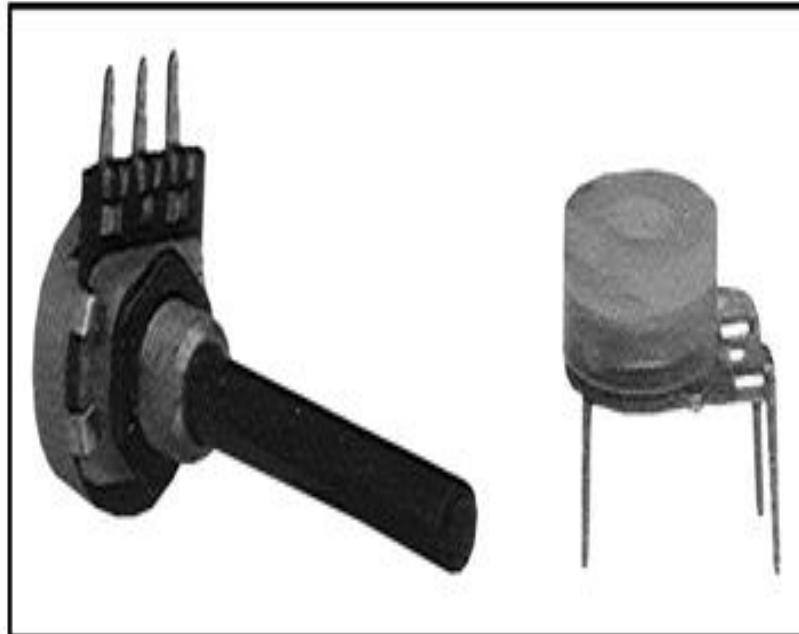
## المقاومة الثابتة (Fixed Resistor)

تتميز هذه المقاومات بثبات قيمتها وتخالف في استخدامها على حسب قدرتها في تمرير التيار الكهربائي فهناك مقاومات ذات أحجام كبيرة تستخدم في التيارات الكبيرة وأخرى صغيرة للتيارات الصغيرة، وتعرف بالمقاومة الكربونية (Carbon Resistor).



## المقاومة المتغيرة (Variable Resistor)

مقاومة يمكن تغيير قيمتها حيث تترواح قيمتها بين الصفر وأقصى قيمة لها.



# Ohms Law

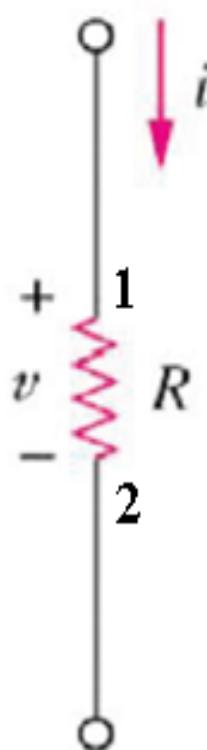
- **قانون أوم:** الجهد المطبق على مقاومة ما يتناصف طرداً مع مرور التيار عبرها.

$$V = iR$$

- رياضياً يعبر عنه وفق:

- يمكن أن تتراوح قيمة المقاومة من معدومة (دارة قصر) إلى لا نهائية (دارة مفتوحة).

- **ملاحظة:** يقصد بالجهد المطبق على المقاومة بهبوط الجهد بين طرفيها ( $V_R = V_{12} = V_1 - V_2$ )



# Ohms Law

- تعرف النافذية (Conductance) على أنها قدرة العنصر على تمرير التيار الكهربائي و هي مقلوب المقاومة و تفاس بالسيemens (siemens):

$$G = \frac{1}{R} = \frac{i}{v}$$

- تعطى الاستطاعة المستهلكة في مقاومة ما وفق:

$$p = vi = i^2 R = \frac{v^2}{R}$$

## أمثلة محلولة

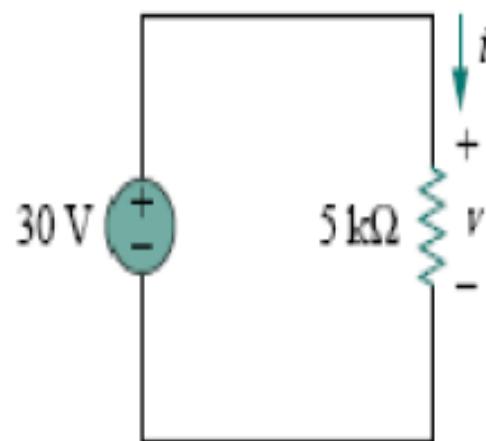
احسب ناقلات المقاومات التالية: 1 أوم، 50 كيلوأوم، 10 ميجا أوم.

$$1\Omega : G = \frac{1}{R} = \frac{1}{1\Omega} = 1 \text{ S}$$

$$50k\Omega : G = \frac{1}{50k\Omega} = \frac{1}{5 \times 10^3 \Omega} = 0.02 \times 10^{-3} \text{ S} = 0.02 \text{ mS}$$

$$10M\Omega : G = \frac{1}{10M\Omega} = \frac{1}{10 \times 10^6 \Omega} = 0.1 \times 10^{-6} \text{ S} = 0.1 \mu\text{S}$$

لتكن الدارة المبينة في الشكل، احسب التيار  $i$  والناقلية  $G$  والاستطاعة  $P$ .



الحل:

$$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{5 \times 10^3} = 0.2 \text{ mS} \quad i = \frac{v}{R} = \frac{30}{5 \times 10^3} = 6 \text{ mA}$$

أو  $p = i^2 R = (6 \times 10^{-3})^2 5 \times 10^3 = 180 \text{ mW}$       أو  $p = vi = 30(6 \times 10^{-3}) = 180 \text{ mW}$

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

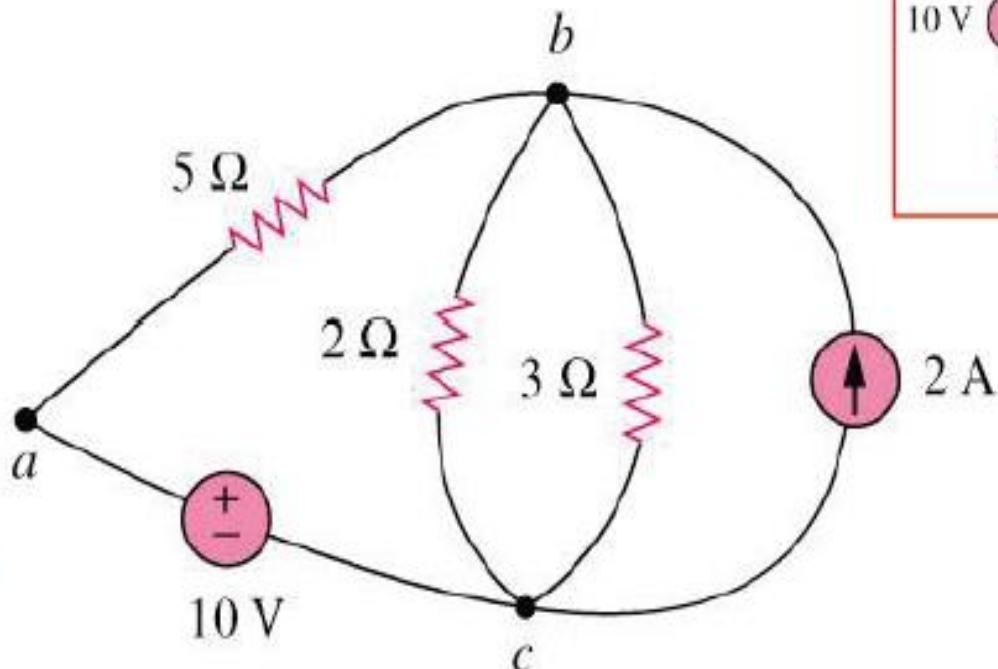
# Nodes, Branches and Loops

- يمثل الفرع (**branch**) عنصر وحيد كالمنبع أو مقاومة أو عدة عناصر موصولة على التسلسل.
- العقدة (**node**) هي نقطة اتصال بين فروعين أو أكثر.
- الحلقة (**loop**) هي أي مسار مغلق في الدارة.
- إذا كان لدينا شبكة (دارة) ما بـ (b) فرع و (n) عقدة و (l) حلقة مستقلة، فإن هذه الدارة تحقق الشرط التالي :

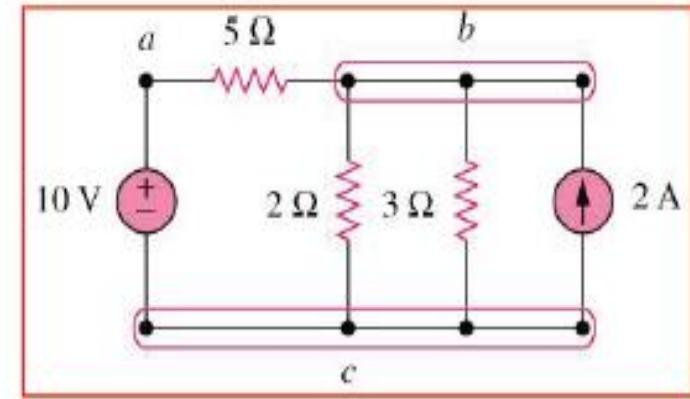
$$b = l + n - 1$$

# Nodes, Branches and Loops

## Example 1



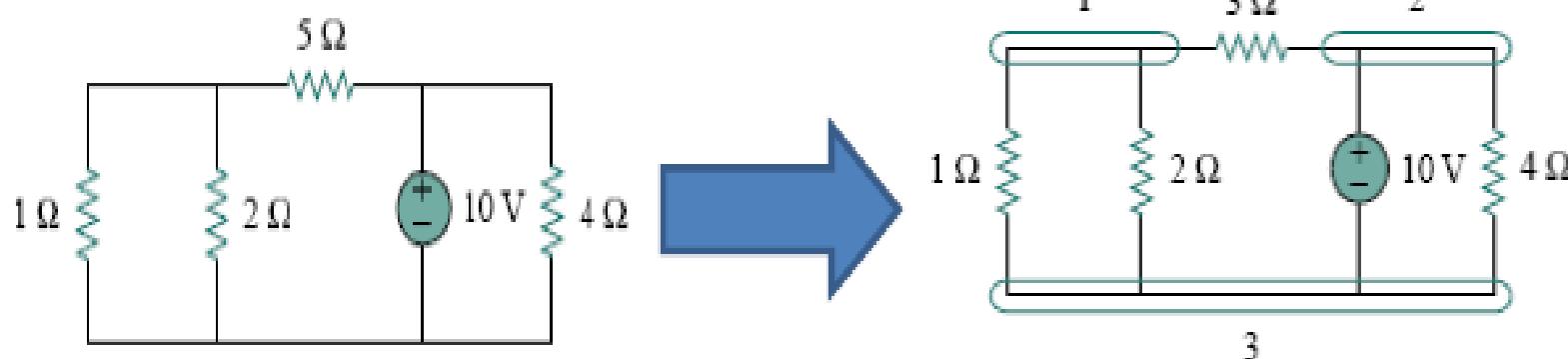
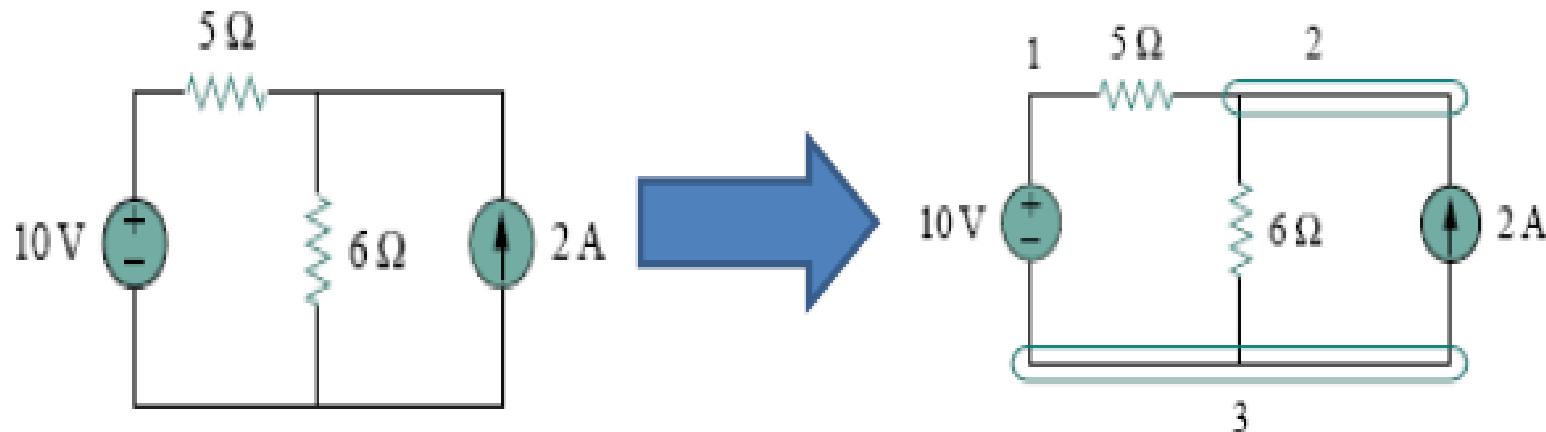
الدارة المكافئة



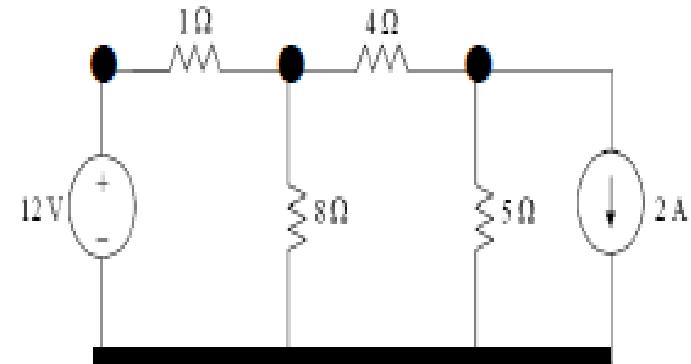
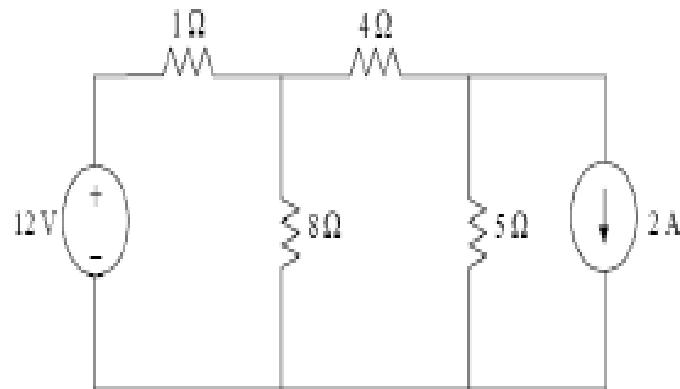
الدارة الأصلية

السؤال ما هي عدد الفروع، العقد و الحلقات في هذه الدارة ؟

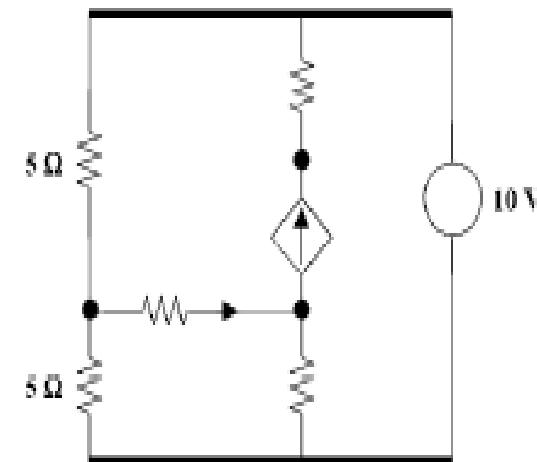
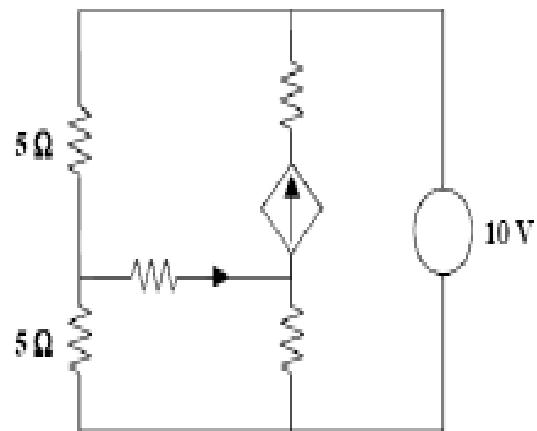
حدد عدد الفروع والعقد في الدارة المبينة في الشكل،  
و من ثم بين أية عناصر على التسلسل و أية على التفرع



حدد عدد الفروع والعقد في الدارة المبينة في الشكل،

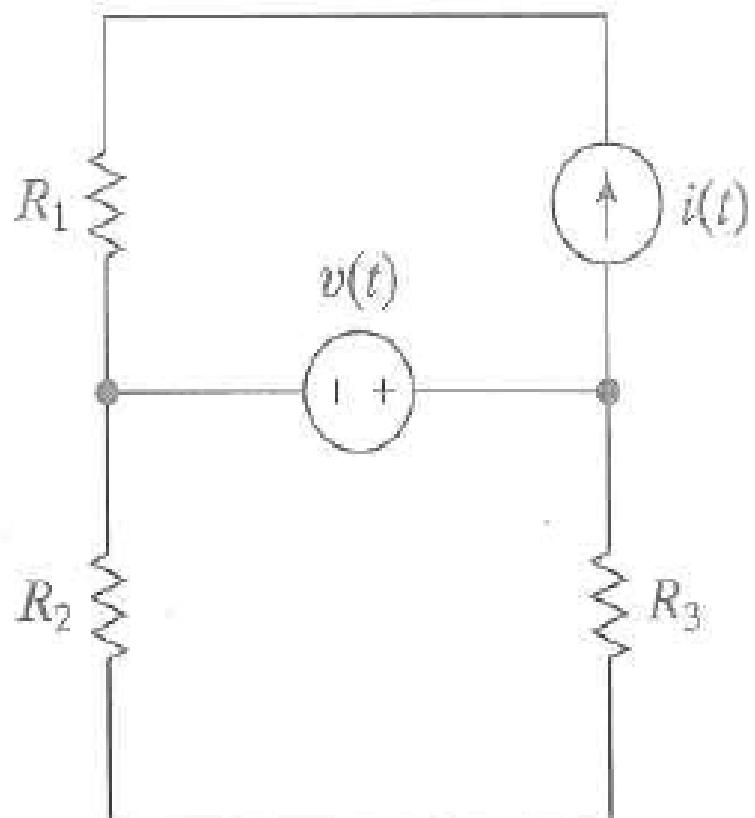


عدد الفروع = ٦ وعدد العقد = ٤

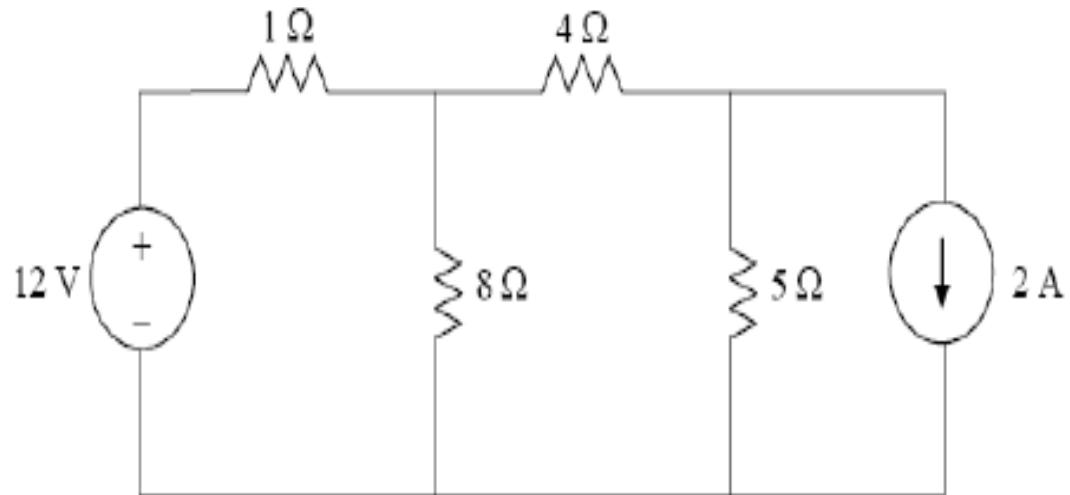


عدد الفروع = ٧ وعدد العقد = ٥

حدد عدد الفروع والحلقات والعقد في الدارة المبينة بالشكل التالي:



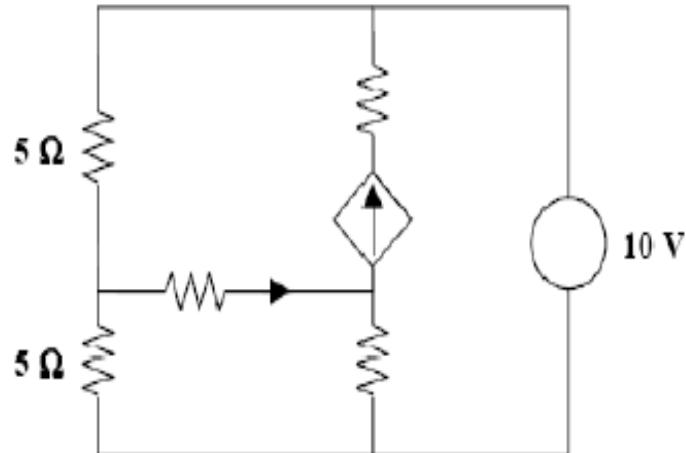
حدد عدد الفروع والعقد في الدارة التالية.



الحل:

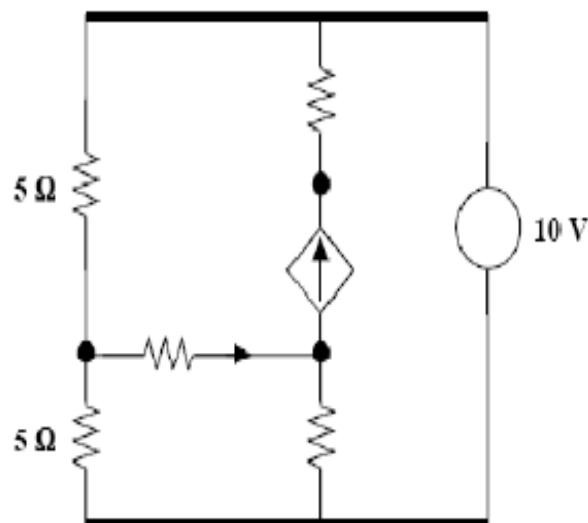
عدد الفروع = 6 وعدد العقد = 4.

حدد عدد الفروع والعقد في الدارة التالية.



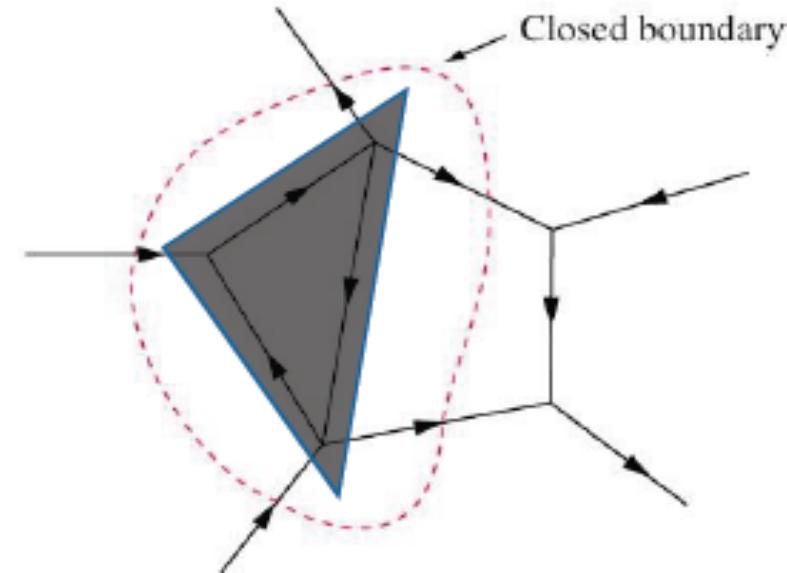
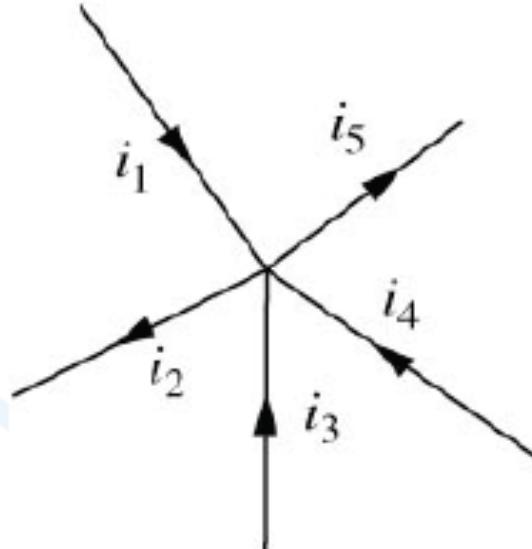
الحل:

تحتوي الدارة على 7 عناصر: 1 منبع مستقل للتيار، 1 منبع مستقل للجهد، و 5 مقاومات. الدارة تشكل 7 فروع و 5 عقد كما هو مشار بالخط العريض:



# Kirchhoff's Laws

- قانون كيرشوف للتيار (Kirchhoff's current law (KCL))  
مجموع التيارات الداخلة إلى عقدة ما تساوي التيارات الخارجة  
أو أن المجموع الجبري للتيارات لعقدة ما يساوي الصفر.



Mathematically

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

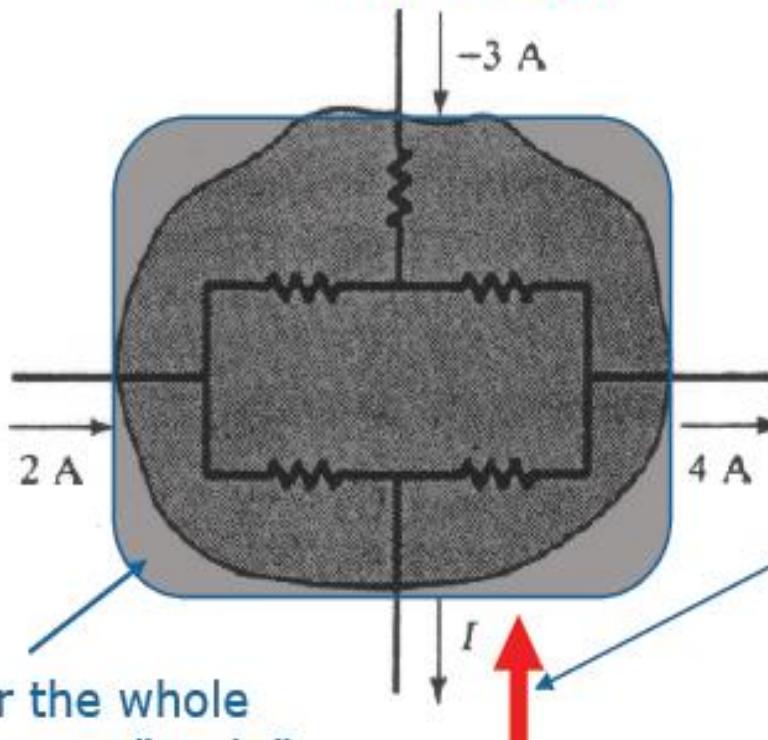
# Kirchhoff's Laws

## Example 4

- حدد قيمة التيار (I) في الدارة الموضحة أدناه:

$$I + 4 - (-3) - 2 = 0 \text{ or } -3 + 2 = I + 4$$

$$\Rightarrow I = -5A$$



We can consider the whole enclosed area as one "node".

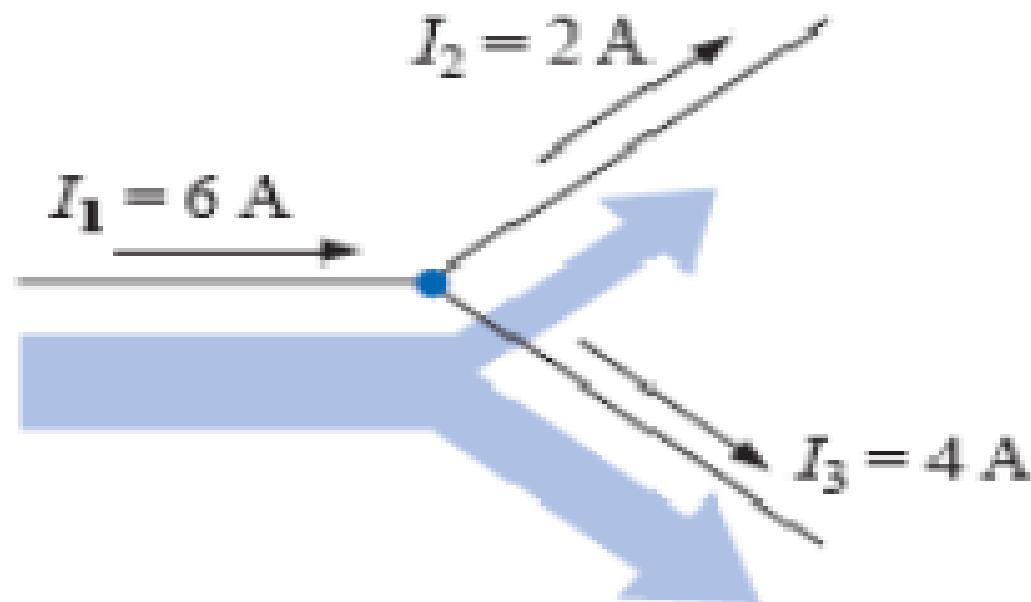
**This indicates that the actual current for I is flowing in the opposite direction.**

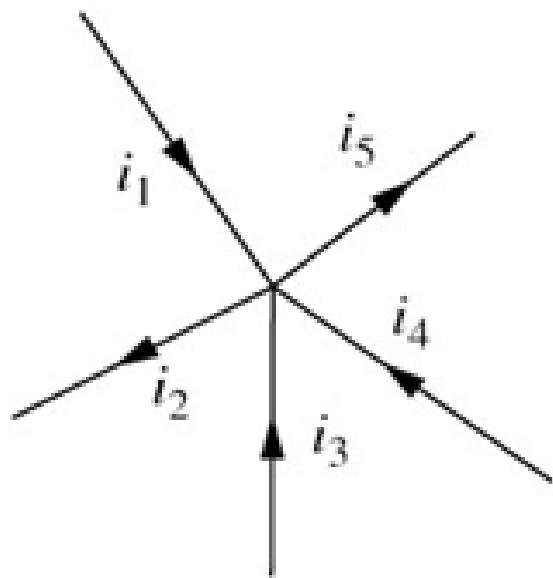
## مثال

"المجموع الجبري للتيارات الداخلة إلى عقدة ما (نقطة تقاطع) في

دارة يساوي المجموع الجبري للتيارات الخارجة منها"

$$\sum I_i = \sum I_o \Rightarrow 6A = 2A + 4A = 6A$$





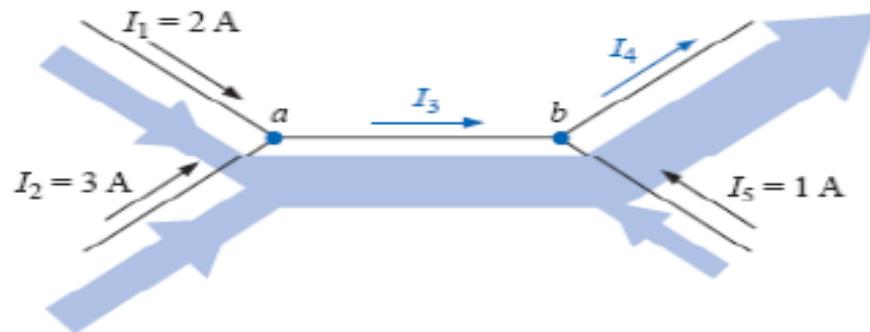
$$i_1 - i_2 + i_3 + i_4 - i_5 = 0$$

Mathematically,

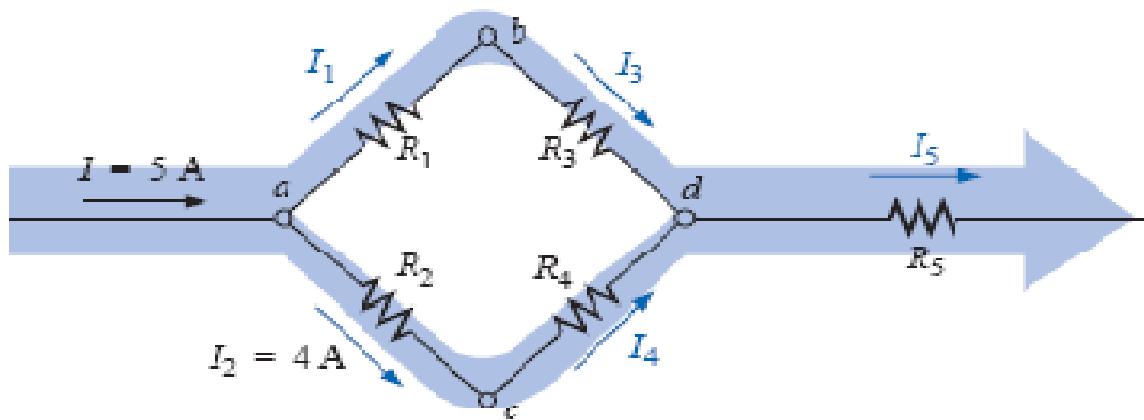
$$\sum_{n=1}^N i_n = 0$$

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

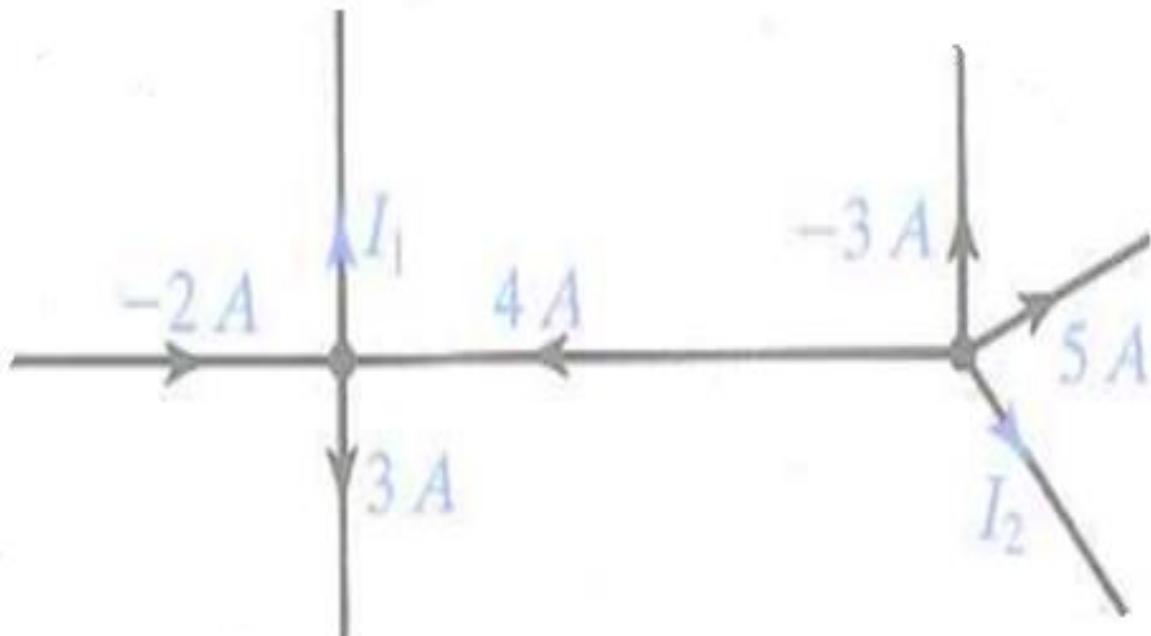
احسب التيارات  $I_3$  و  $I_4$  المشار إليها في الشكل وذلك باستخدام KCL.



احسب التيارات  $I_1, I_3, I_4, I_5$  المشار إليها في الدارة المبينة في الشكل وذلك باستخدام KCL.

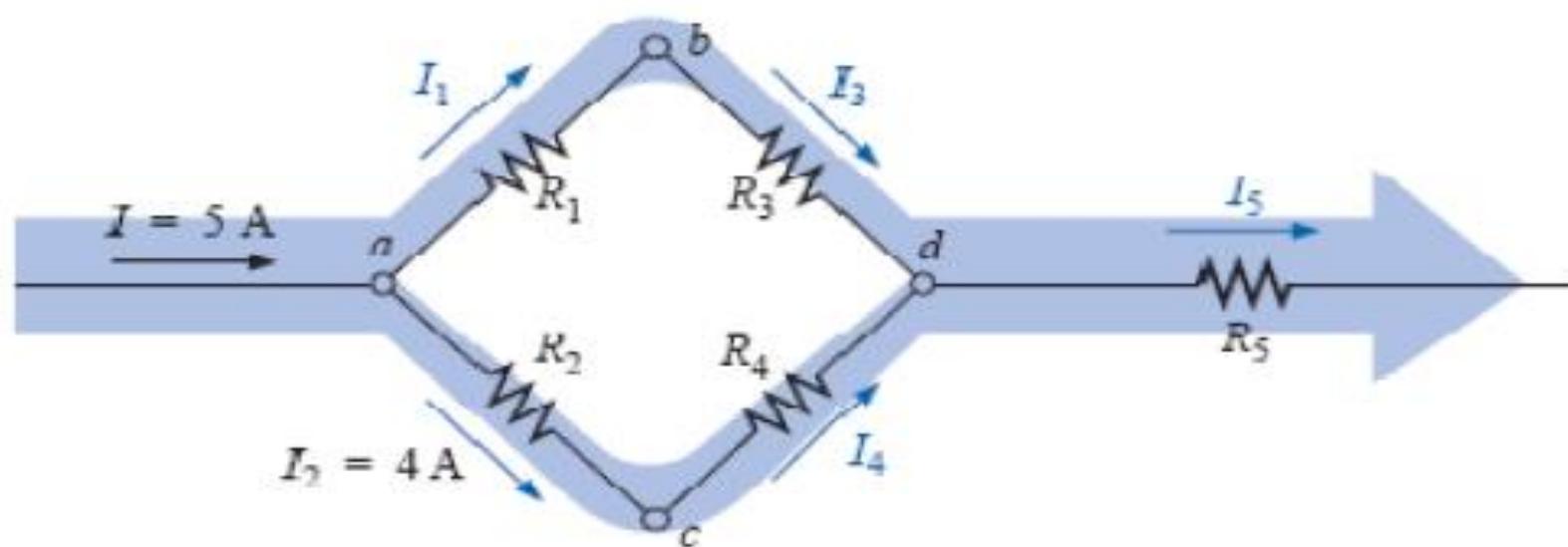


أوجد التيار  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  في الشبكة المبينة بالشكل:



احسب التيارات  $I_1, I_3, I_4, I_5$  المشار إليها في الدارة المبينة في الشكل وذلك باستخدام

.KCL



الحل:

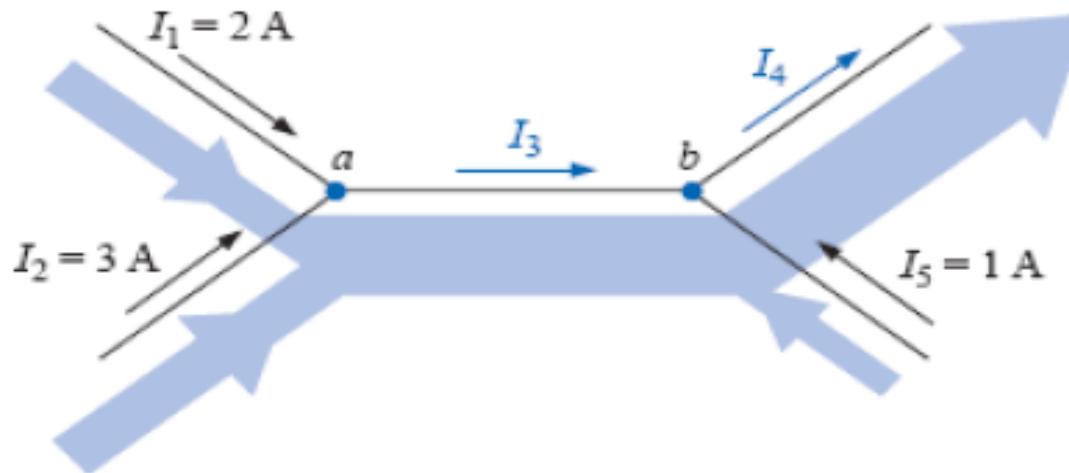
$$\sum I_i = \sum I_o \Rightarrow I = I_1 + I_2 \Rightarrow 5A = I_1 + 4A \Rightarrow I_1 = 1A \quad :a$$

النقطة  $b$ : وبما أن  $R_1$  و  $R_3$  على التسلسل، فالتيار المار فيهما هو نفسه، أي  $I_1 = I_3 = 1A$ .

النقطة  $c$ : وبما أن  $R_2$  و  $R_4$  على التسلسل، فالتيار المار فيهما هو نفسه، أي  $I_2 = I_4 = 4A$ .

$$\sum I_i = \sum I_o \Rightarrow I_3 + I_4 = I_5 = 1A + 4A = 5A \quad :d$$

احسب التيارات  $I_3$  و  $I_4$  المشار إليها في الشكل وذلك باستخدام KCL.



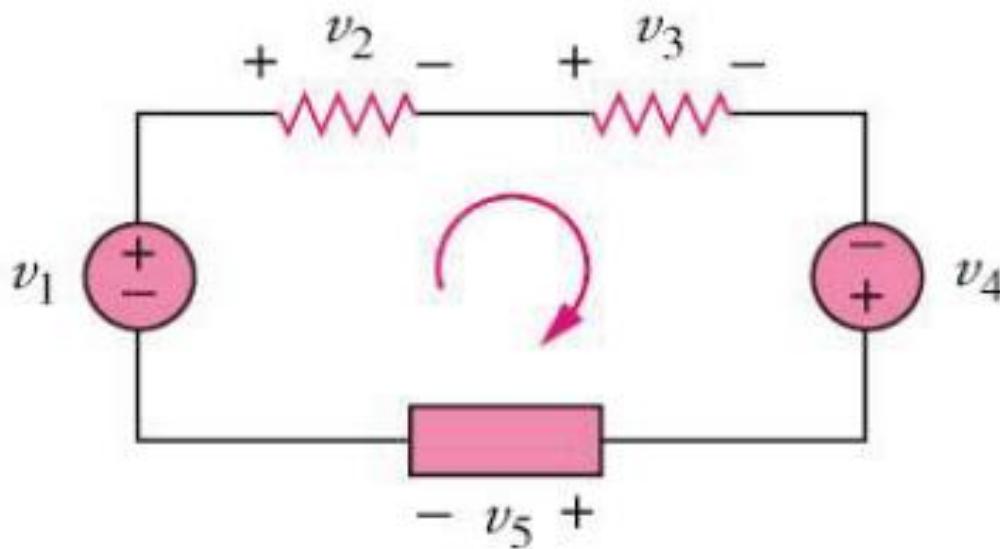
الحل:

$$\sum I_i = \sum I_o \Rightarrow I_1 + I_2 = I_3 = 2\text{A} + 3\text{A} = 5\text{A} \quad : a \text{ النقطة}$$

$$\sum I_i = \sum I_o \Rightarrow I_3 + I_5 = I_4 = 5\text{A} + 1\text{A} = 6\text{A} \quad : b \text{ النقطة}$$

# Kirchhoff's Laws

- قانون كيرشوف للجهود (Kirchhoff's voltage law (KVL))
  - المجموع الجبري لجهود مسار مغلق (حلقة) يساوي الصفر.
  - أو الجهد المولدة (جهود المتابع) تساوي مجموع هبوطات الجهد.



$$V1 + V4 = V2 + V3 + V5$$

Mathematically,

$$\sum_{m=1}^M v_n = 0$$

# Kirchhoff's Laws

## Example 5

• طبق قانون كيرشوف للجهود (KVL) للدارة المبينة أدناه:

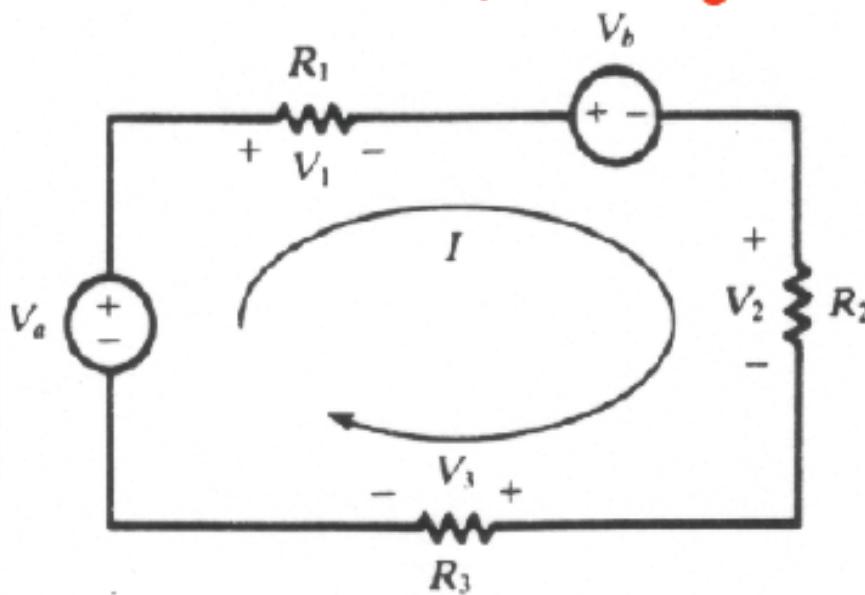
يمكن ان نعتبر أن كل جهد مع اتجاه التيار هو موجب و إلا فهو سالب (نضع سهم من السالب

$$v_a - v_1 - v_b - v_2 - v_3 = 0 \quad \text{إلى الموجب):}$$

$$V_1 = IR_1 \quad v_2 = IR_2 \quad v_3 = IR_3$$

$$\Rightarrow v_a - v_b = I(R_1 + R_2 + R_3)$$

يمكن أن نقول أن فرق جهود المنابع (كونها متعاكسة) = مجموع هبوطات الجهد  $\Rightarrow$



$$I = \frac{v_a - v_b}{R_1 + R_2 + R_3}$$

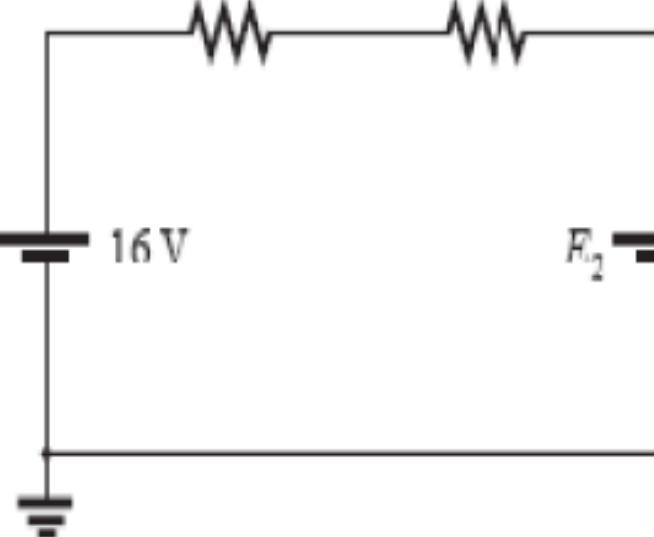
احسب قيمة الجهد غير المعروفة في الدارات المبينة في الشكل

$$+ V_1 -$$

$$R_1$$

$$+ 4.2V -$$

$$R_2$$



(a)

$$+ 12V -$$

$$R_1$$

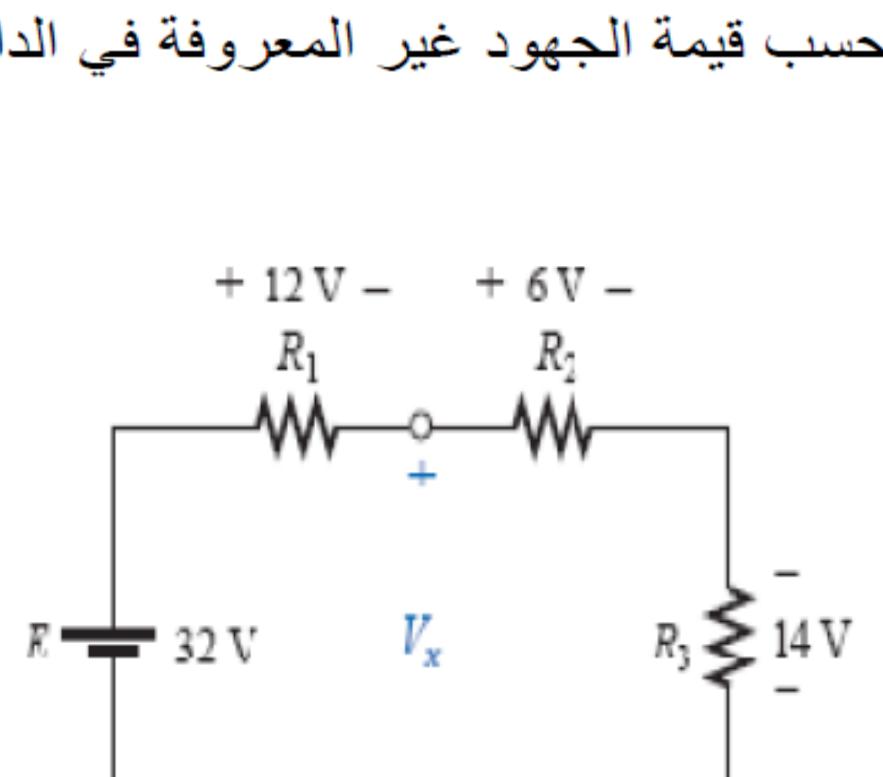
$$+ 6V -$$

$$R_2$$

$$E = 32V$$

$$V_x$$

$$R_3$$
 14V



(b)

**الحل:** بتطبيق قانون كرشوف على الدارة (a) نجد أن:

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

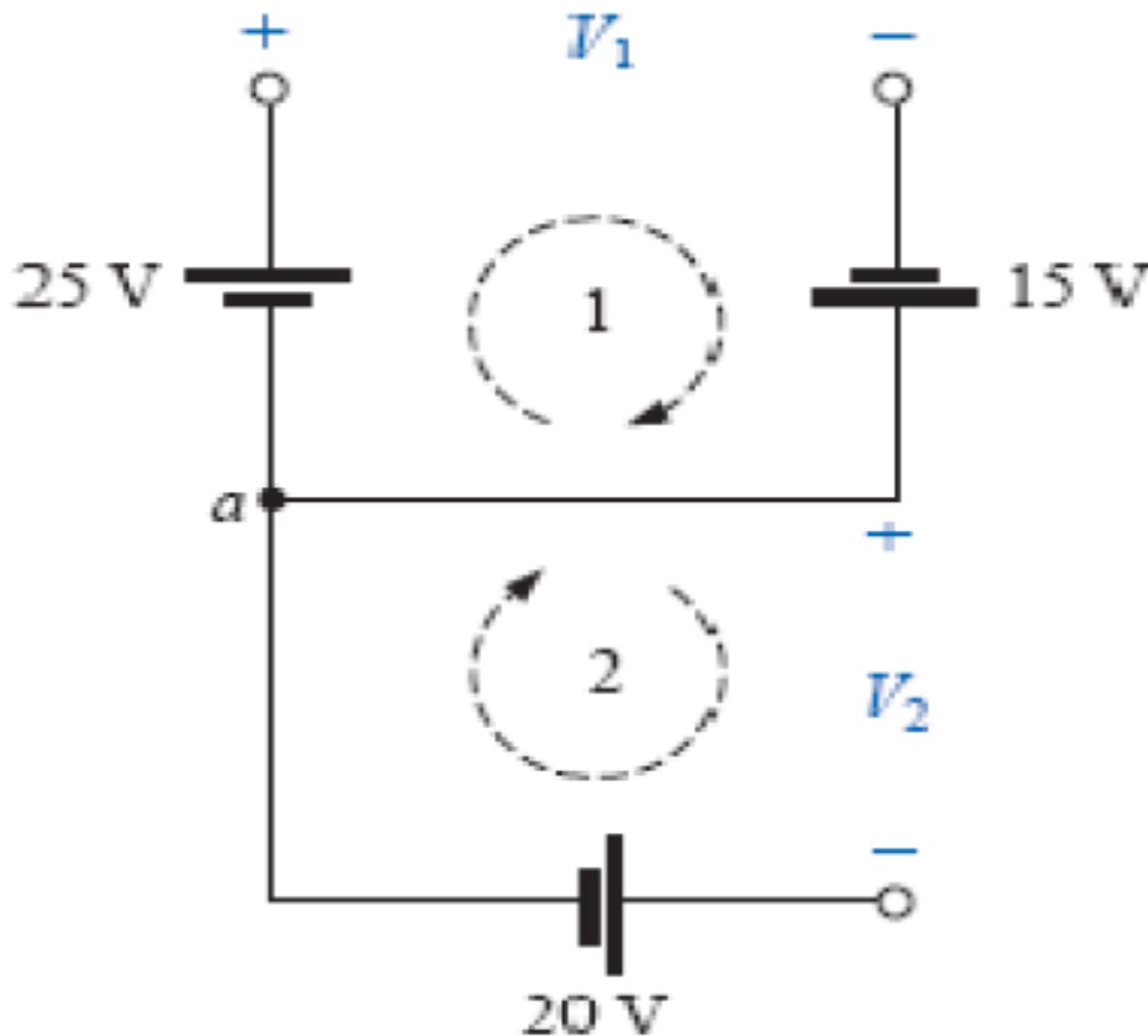
$$V_1 = E_1 - V_2 - E_2 = (16 - 4.2 - 9) \text{V} = 2.8 \text{V} \quad \text{وبالتالي}$$

وبتطبيق قانون كرشوف على الدارة (b) نجد أن:

$$+E_1 - V_1 - V_x = 0 \quad [\text{loop } E, R_1] \text{ or } +V_x - V_2 - V_3 = 0 \quad [\text{loop } R_2, R_3]$$

$$V_x = V_2 + V_3 = (6 + 14) \text{V} = 20 \text{V} \quad \text{أو} \quad V_x = E_1 - V_1 = 32 \text{V} - 12 \text{V} = 20 \text{V} \quad \text{وبالتالي:}$$

احسب  $V_1$  و  $V_2$  في الدارة المبينة في الشكل



تشكيلة من عدة مصادر للجهد

الحل: لأجل المسار 1 و انطلاقاً من النقطة  $a$  و مع اتجاه عقارب الساعة (Clockwise)، نجد:

$$+25V - V_1 + 15V = 0 \Rightarrow V_1 = 40V$$

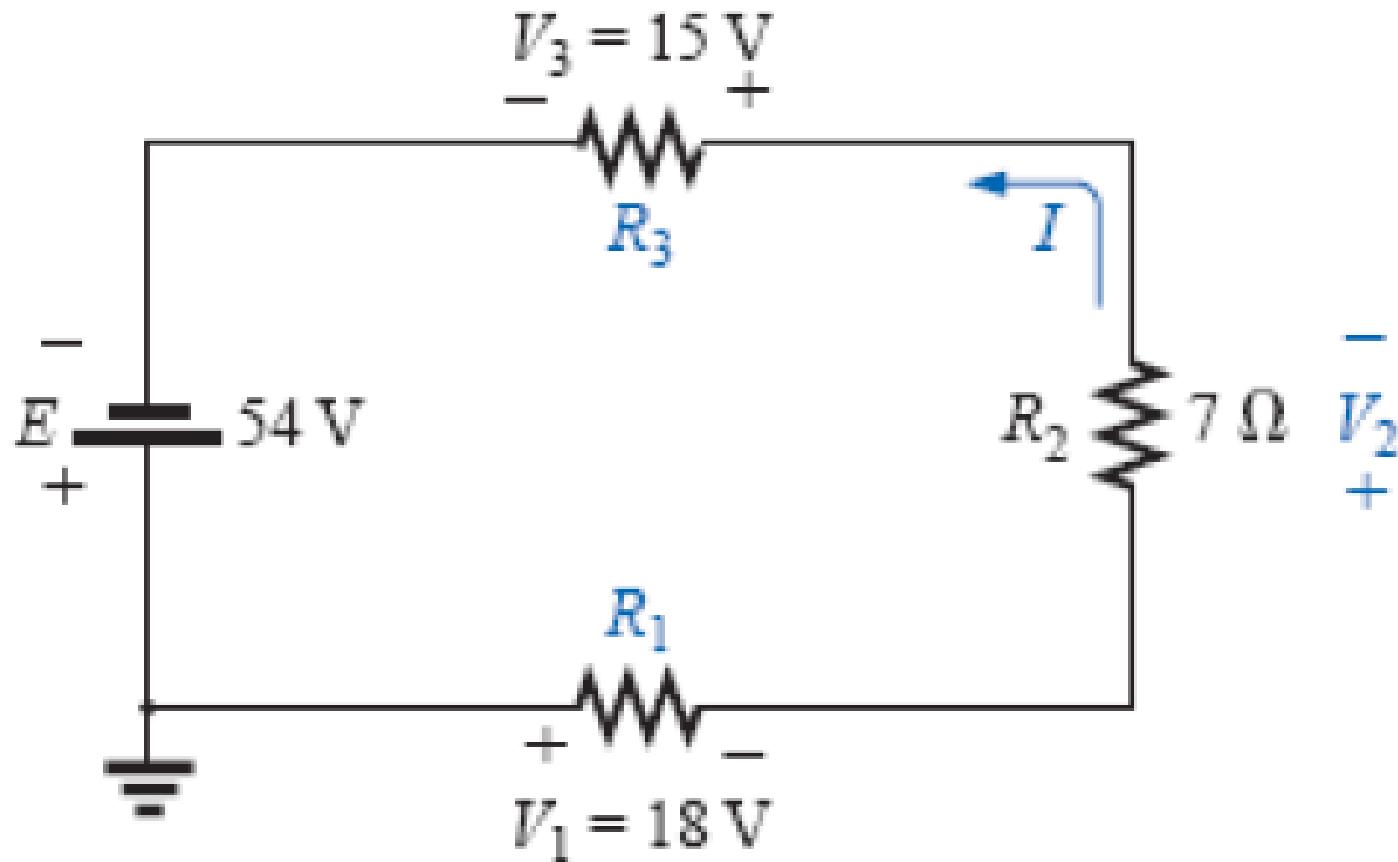
وللمسار 2 و انطلاقاً من النقطة  $a$  و مع اتجاه عقارب الساعة، نجد:

$$-V_2 - 20V = 0 \Rightarrow V_2 = -20V$$

الإشارة السالبة في هذا الجواب تعني أن القطبية الطبيعية للجهد  $V_2$  هي عكس ما هو محدد في الدارة.

لدينا الدارة التسلسليّة المبيّنة في الشكل احسب:

- a. الجهد  $V_2$  باستخدام قانون كرشوف للجهد.
- b. شدة التيار  $I$ .
- c. المقاومات  $R_1$  و  $R_3$ .



الحل:

.a بتطبيق قانون كرشوف و مع اتجاه عقارب الساعة:

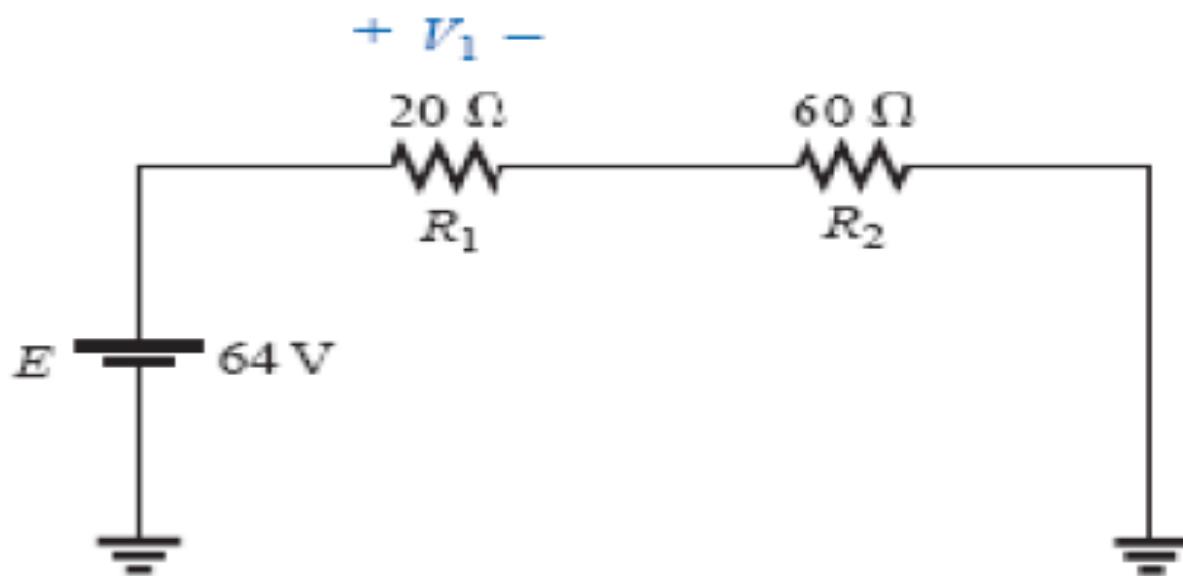
$$-E + V_3 + V_2 + V_1 = 0 \text{ or } E = +V_3 + V_2 + V_1$$

$$V_2 = E - V_1 - V_3 = (54 - 18 - 15) \text{V} = 21 \text{V}$$

$$I = \frac{V_2}{R_2} = \frac{21 \text{V}}{7 \Omega} = 3 \text{A} .b$$

$$. R_1 = \frac{V_1}{I} = \frac{18 \text{V}}{3 \text{A}} = 6 \Omega, \quad R_3 = \frac{V_3}{I} = \frac{15 \text{V}}{3 \text{A}} = 5 \Omega .c$$

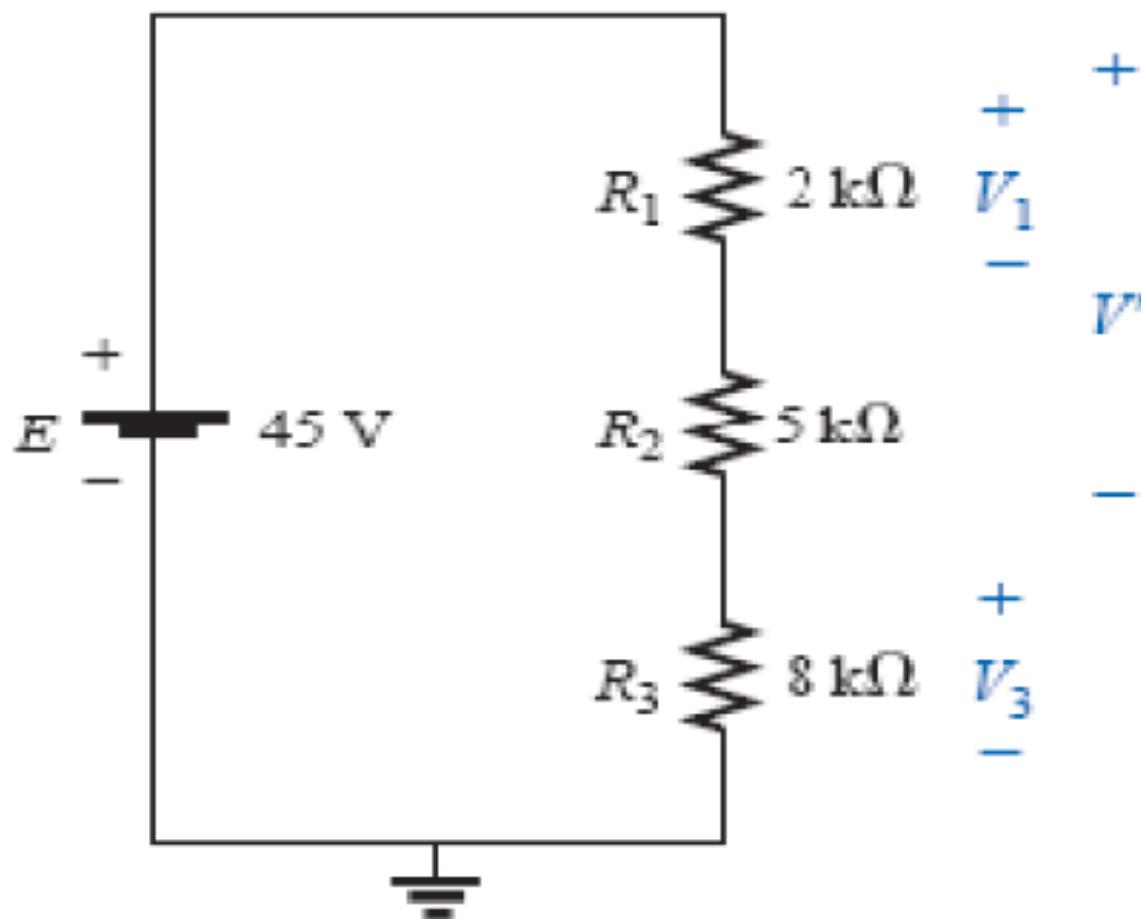
باستخدام قانون VDR، احسب الجهد  $V_1$  في الدارة التسلسية المبينة في الشكل



$$V_1 = R_1 \frac{E}{R_T} = \frac{R_1 E}{R_1 + R_2} = \frac{(20\Omega)(64V)}{20\Omega + 60\Omega} = 16V$$

الحل:

باستخدام قانون VDR، احسب كلاً من الجهد  $V_1$  و  $V_3$  في الدارة التسلسليّة المبيّنة في الشكل



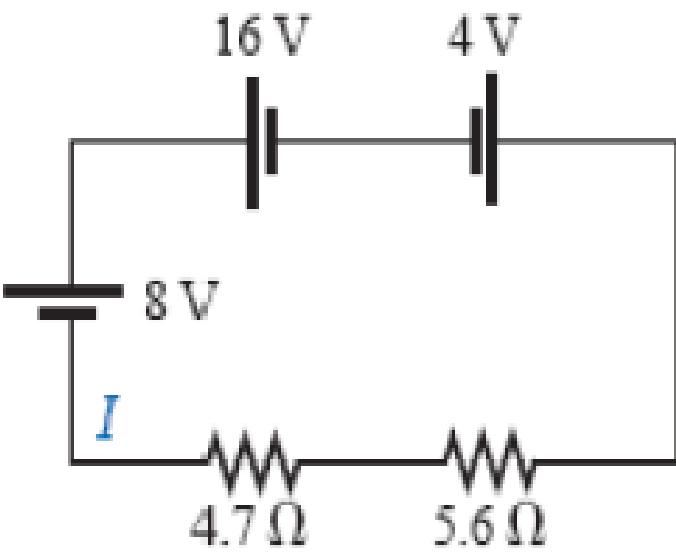
الحل:  $V_1 = R_1 \frac{E}{R_T} = \frac{(2k\Omega)(45V)}{2k\Omega + 5k\Omega + 8k\Omega} = \frac{(2 \times 10^3 \Omega)(45V)}{15 \times 10^3 \Omega} = 6V$

$$V_3 = R_3 \frac{E}{R_T} = \frac{(8k\Omega)(45V)}{15k\Omega} = \frac{(8 \times 10^3 \Omega)(45V)}{15 \times 10^3 \Omega} = 24V$$

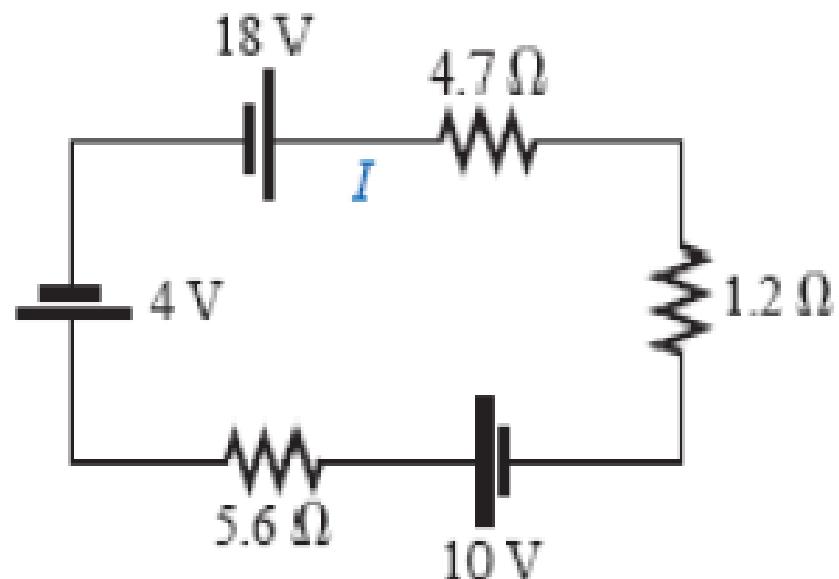
يمكن توسيع مفهوم VDR على عنصرين أو أكثر من العناصر التسلسلية، كما هو مبين في الدارة من خلال الجهد  $V'$  والذي يمكن حسابه كالتالي:

$$V' = \frac{R'_1 E}{R_T} = \frac{(R_1 + R_2)E}{R_T} = \frac{(2k\Omega + 5k\Omega)(45V)}{15k\Omega} = 21V$$

احسب شدة التيار  $I$  و حدد اتجاهه في كل من الدارات المبينة في الشكل



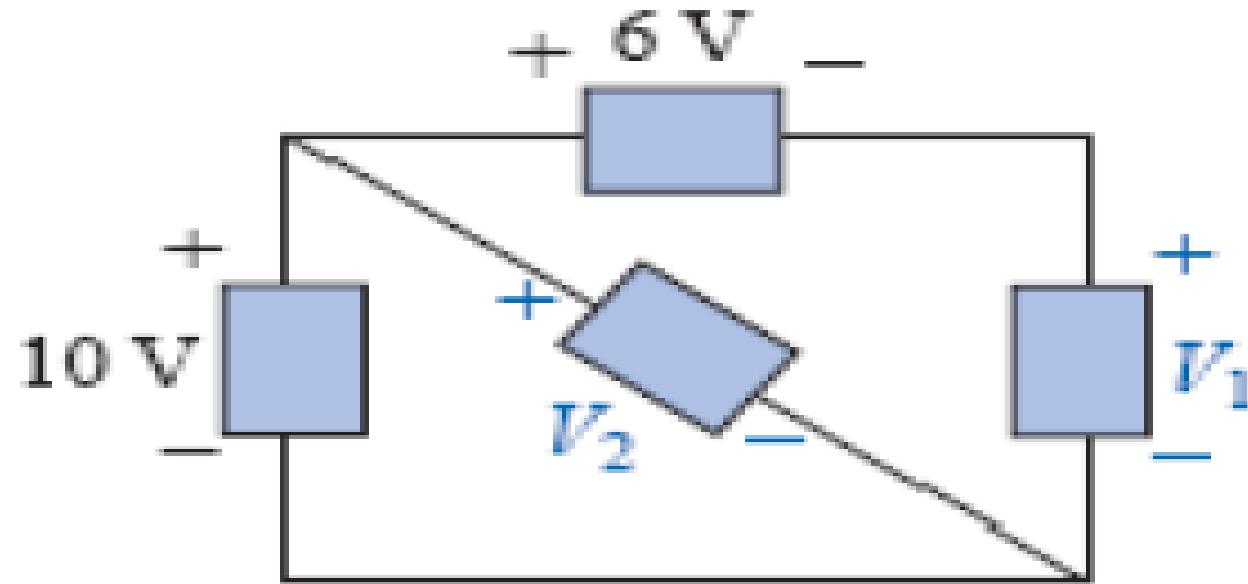
(a)



(b)

باستخدام قانون كرشوف للجهد، احسب قيم الجهد غير المعروفة المشار إليها

١٢٢



# Series Resistors and Voltage Division

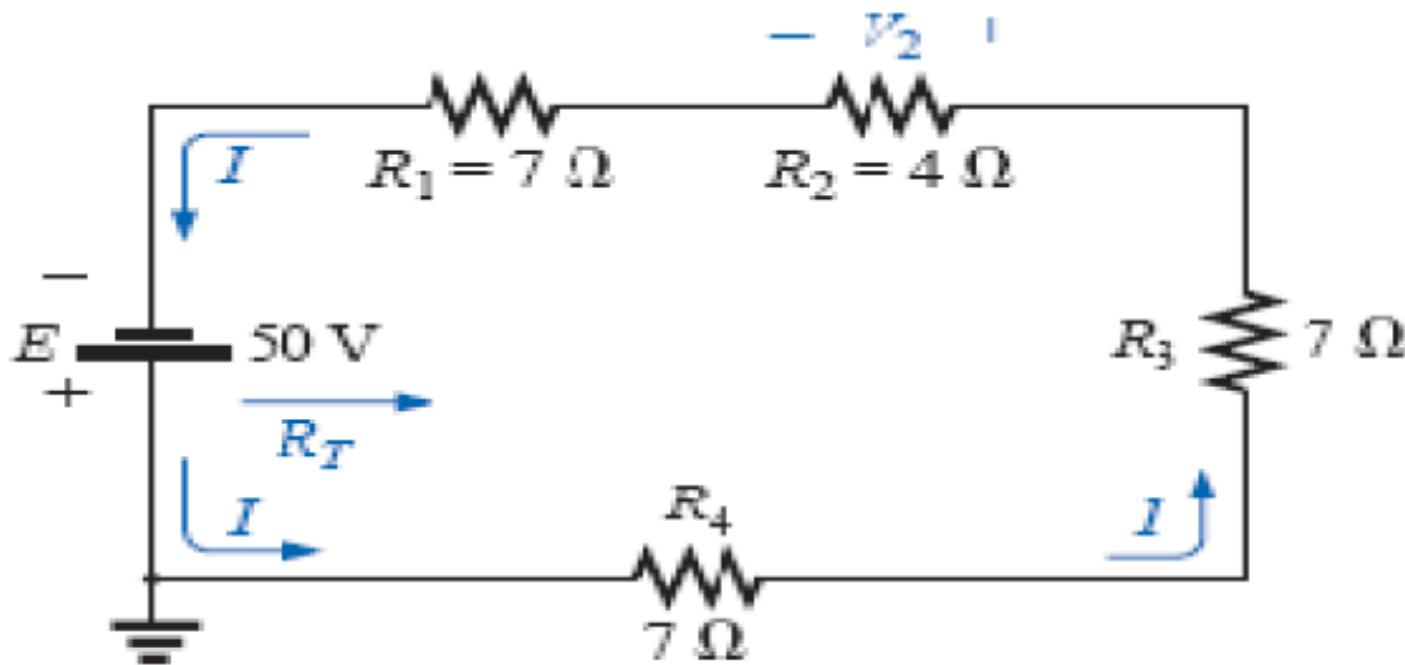
- **وصل تسلسلي (Series):** تكون العناصر موصولة على التسلسل عندما يمر فيها نفس التيار.
- في حال كانت هذه العناصر مقاومات، فإن المقاومة المكافئة هي مجموع المقاومات:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots + R_N = \sum_{n=1}^N R_n$$

- **جزء (مقسم) الجهد (voltage divider):** و يكون لدينا مقسم جهد عندما يكون لدينا عدة مقاومات تسلسلية و نأخذ الجهد الهازي على إحداها و لتكن  $(R_n)$  وفق:

$$v_n = \frac{R_n}{R_1 + R_2 + \dots + R_N} v$$

لدينا الدارة المبينة في الشكل



احسب:

المقاومة الكلية لهذه الدارة،  $R_T$ ، و التيار المنبع عن منبع التغذية،  $I_s$  وكذلك الجهد  $V_2$

الحل: لاحظ أن اتجاه التيار المترتب عن البطارية (مصدر التغذية) و كذلك قطبية هبوط الجهد على المقاومة  $R_2$  محددان وفق اتجاه التيار. بالإضافة إلى أن  $R_1 = R_3 = R_4$ .

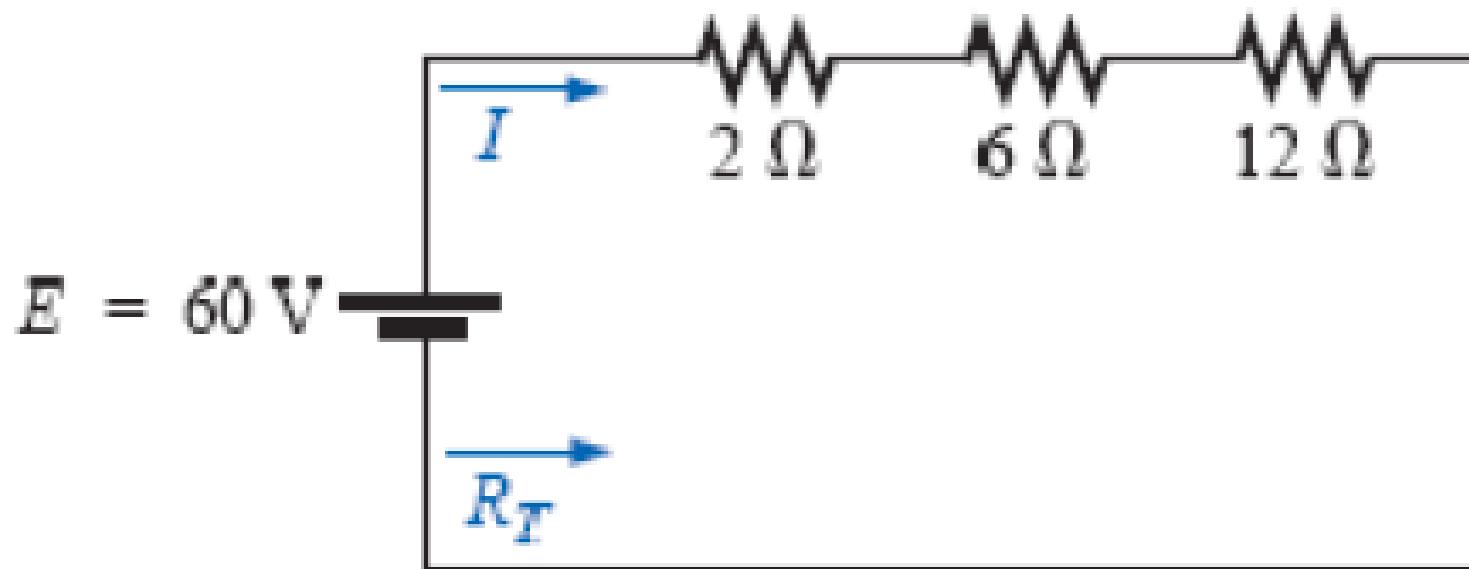
$$R_T = NR_1 + R_2 = (3)(7\Omega) + 4\Omega = 25\Omega$$

$$I_s = \frac{E}{R_T} = \frac{50\text{ V}}{25\Omega} = 2\text{ A}$$

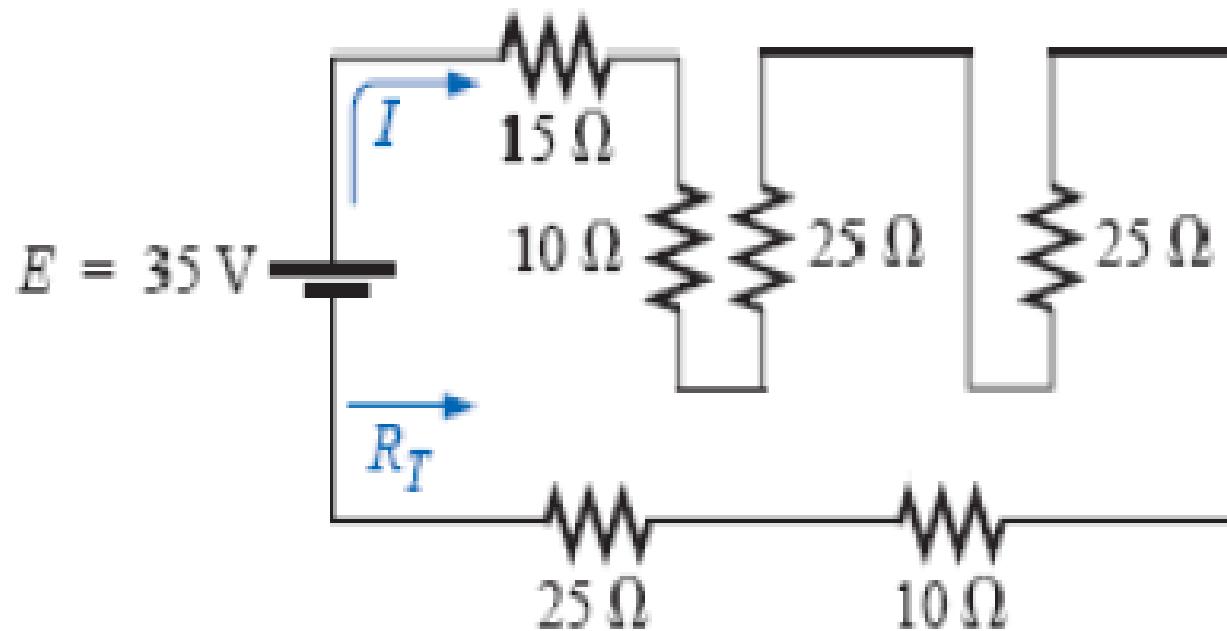
$$V_2 = IR_2 = (2\text{ A})(4\Omega) = 8\text{ V}$$

لتكن الدارة المبينة في الشكل احسب:

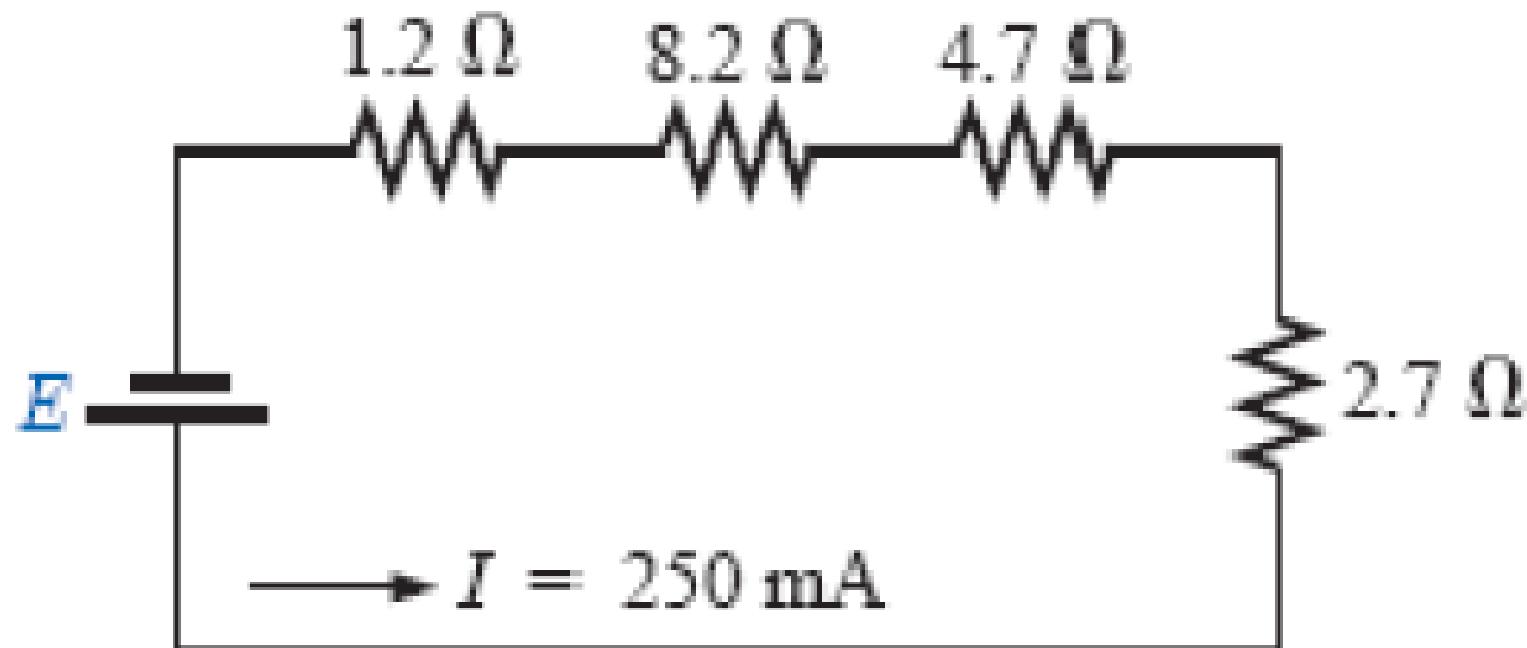
- المقاومة الكلية ( $R_T$ ).
- التيار الكلي  $I_s$ .
- الجهد عبر كل عنصر مقاوم في الدارة.



احسب المقاومة الكلية ( $R_T$ ) للدارة المبينة في الشكل



أوجد قيمة مصدر الجهد اللازム لتوليد التيار المشار إليه في الدارة المبينة في الشكل



# Parallel Resistors and Current Division (1)

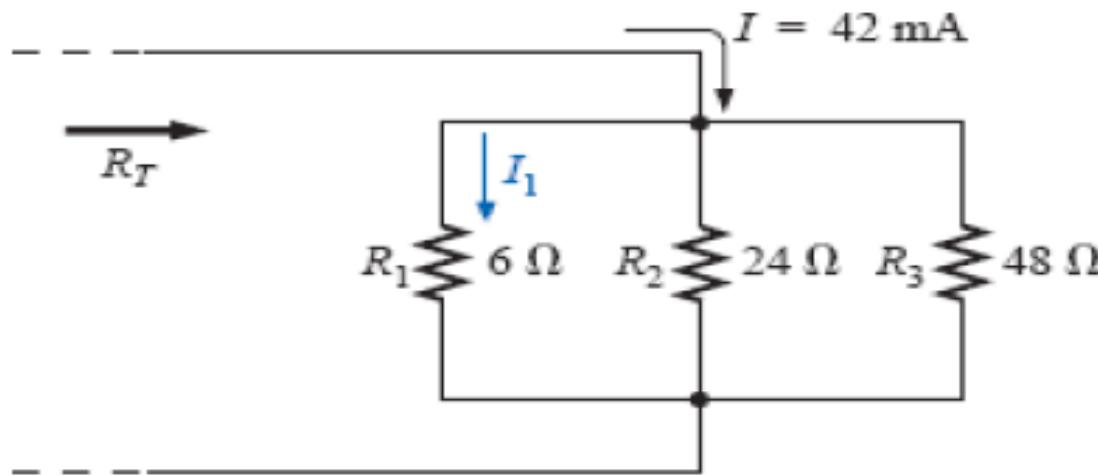
- **الوصل التفرعي (Parallel):** يكون لدينا عنصرين أو أكثر موصولين إلى نفس العقدتين و وبالتالي لهما نفس الجهد الهاابط عبرهما.
- المقاومة المكافئة في حال وصل (N) مقاومة على التفرع هي:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_N}$$

- **مجزئ التيار:** يكون التيار الكلي ( $i$ ) يتوزع بين عدة مقاومات تفرعية و يتاسب التيار عكسياً بالنسبة للمقاومات (المقاومة الكبيرة يمر فيها تيار صغير و بالعكس) و يكون التيار المار في المقاومة ( $R_n$ ) وفق:

$$i_n = \frac{v}{R_n} = \frac{iR_{eq}}{R_n}$$

احسب التيار  $I_1$  في دارة التوازي المبينة في الشكل



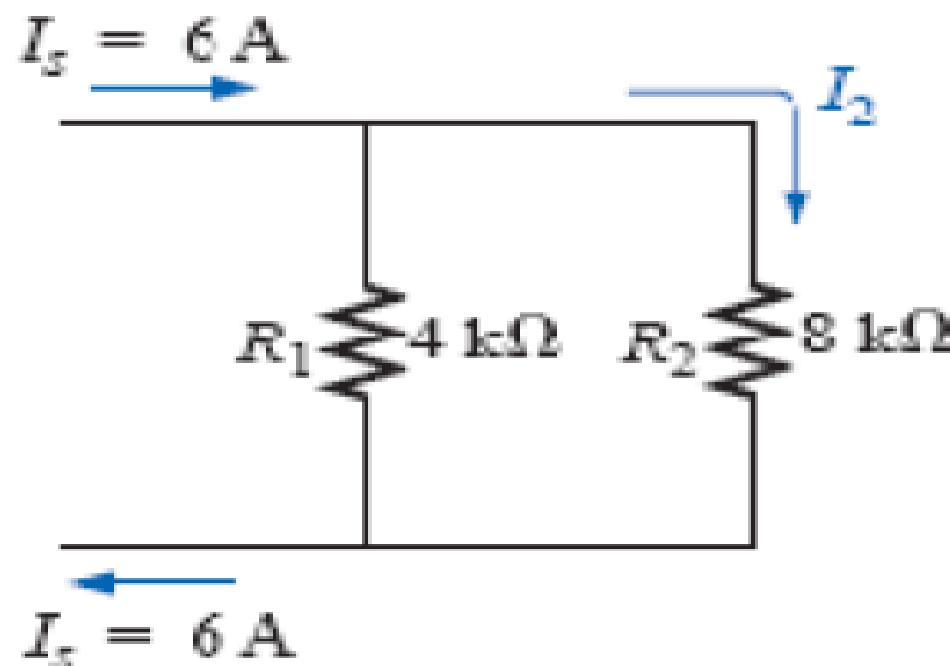
الحل:

نقوم بحساب المقاومة الكلية:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{6\Omega} + \frac{1}{24\Omega} + \frac{1}{48\Omega} = 0.2292 \text{ S} \Rightarrow R_T = 4.363\Omega$$

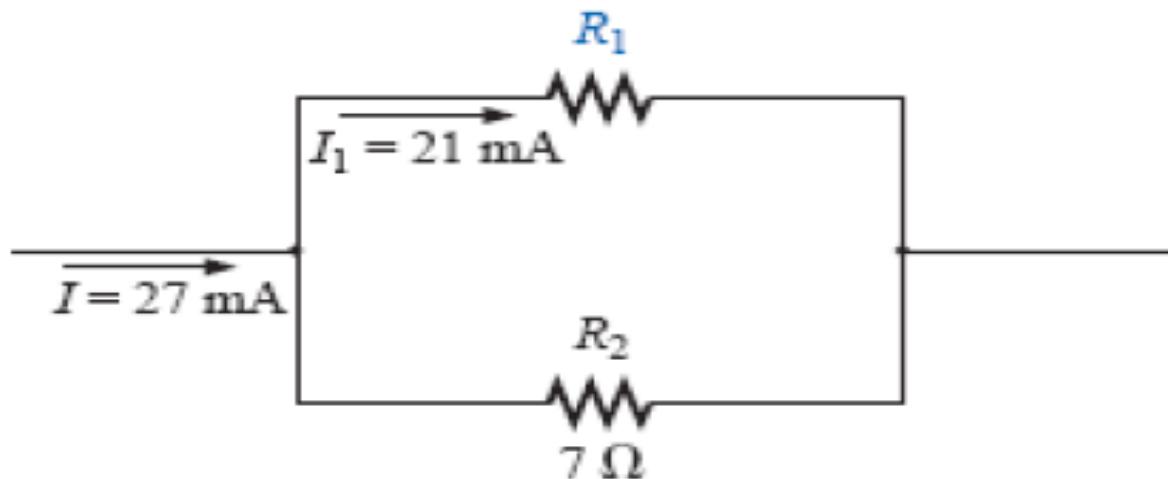
$$I_1 = \frac{R_T}{R_1} I = \frac{4.363\Omega}{6\Omega} (42 \text{ mA}) = 30.54 \text{ mA}$$

احسب التيار  $I_2$  في دارة التوازي المبينة في الشكل



$$I_2 = \left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) I_5 = \frac{(4\text{k}\Omega)(6\text{A})}{4\text{k}\Omega + 8\text{k}\Omega} = 2\text{A}$$

احسب المقاومة  $R_1$  في دارة التوازي المبينة في الشكل



الحل:

$$I_1 = \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) I \Rightarrow R_1 = \frac{R_2(I - I_1)}{I_1} = \frac{7\Omega(27\text{mA} - 21\text{mA})}{21\text{mA}} = 2\Omega$$

وهناك طريقة أخرى، وبتطبيق قانون كرشوف للتيار (KCL)، نجد أن:

$$I_2 = I - I_1 = 27\text{mA} - 21\text{mA} = 6\text{mA}$$

$$V_2 = I_2 R_2 = (6\text{mA})(7\Omega) = 42\text{mA}, \quad V_1 = I_1 R_1 = V_2 = 42\text{mA}$$

$$R_1 = \frac{V_1}{I_1} = \frac{42\text{mA}}{21\text{mA}} = 2\Omega$$

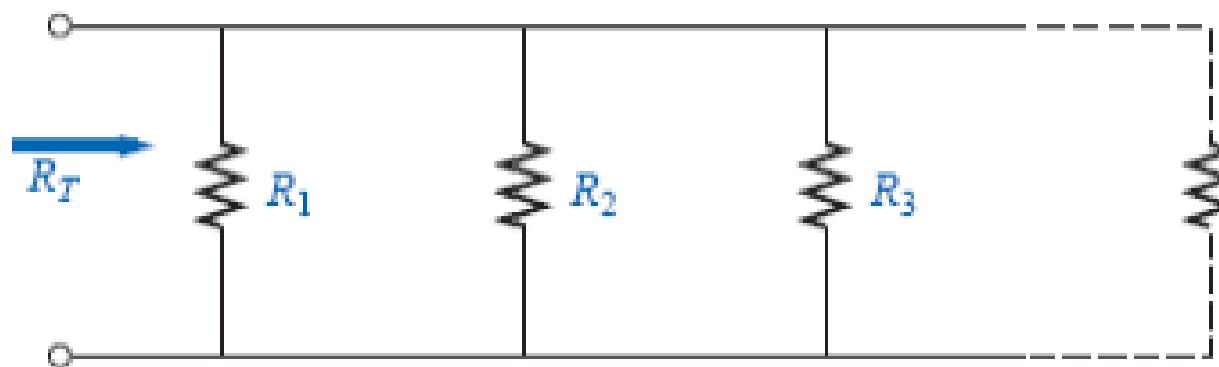
وبالتالي:

# المقاومة الكلية والناقلية الكلية

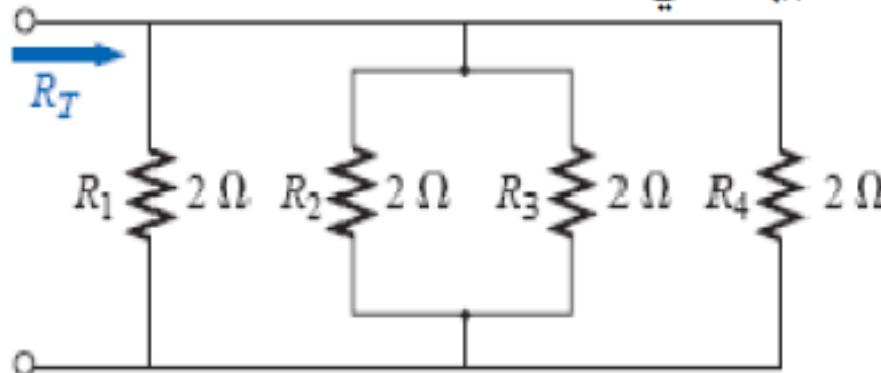
## Total Resistance & Conductance

المقاومة الكلية لمجموعة مقاومات على التفرع:

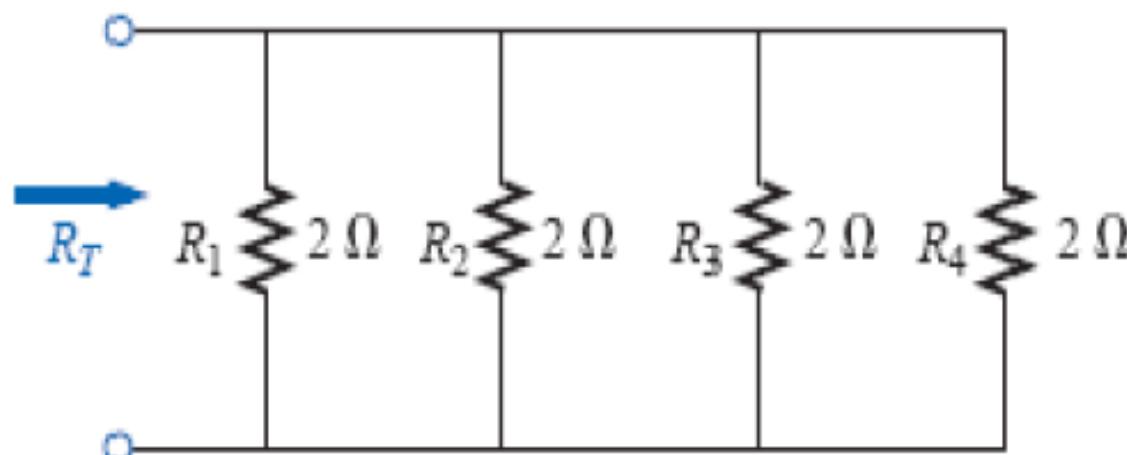
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_N}$$



احسب المقاومة الكلية لدارة التوازي المبينة في الشكل



الحل: يمكن إعادة رسم الدارة على الشكل التالي:



$$R_T = \frac{R}{N} = \frac{2\Omega}{4} = 0.5\Omega$$

وبالتالي:

حالات خاصة:

$$R_T = \frac{R}{N}$$

❖ إذا كانت جميع المقاومات في الدارة متساوية القيمة:

حيث أن  $N$  عدد المقاومات في الدارة، و  $R$  قيمة المقاومة الواحدة.

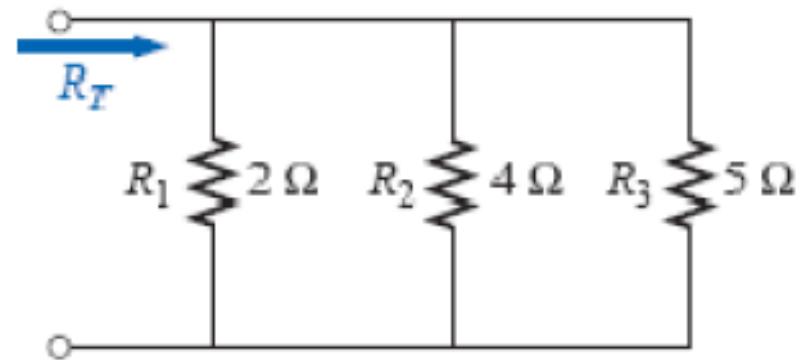
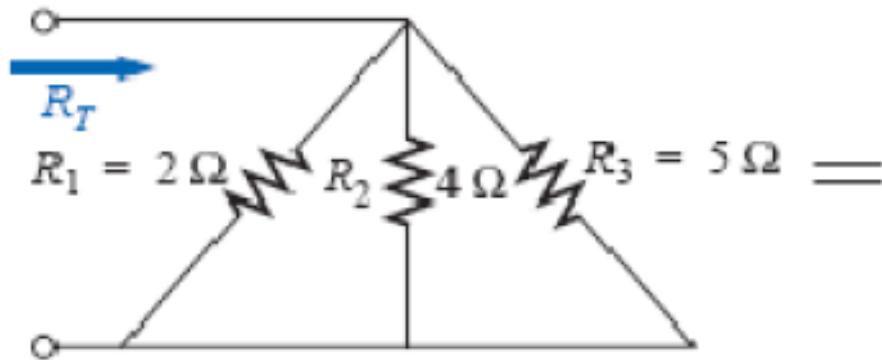
❖ إذا كانت الدارة تحتوي على مقاومتان فقط على التوازي

النافلية: هي مقلوب المقاومة ونسمى نافلية المقاومة

النافلية الكلية لمقاومات ربطت على التوازي في دارة:

$$G_T = G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_N \quad [\text{siemens, S}]$$

احسب المقاومة الكلية لدارة التوازي المبينة في الشكل



الحل:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{2\Omega} + \frac{1}{4\Omega} + \frac{1}{5\Omega} \Rightarrow R_T = 1.053\Omega$$

$$G_T = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{1.053\Omega} = 0.95 \text{ S}$$

# Methods of Analysis

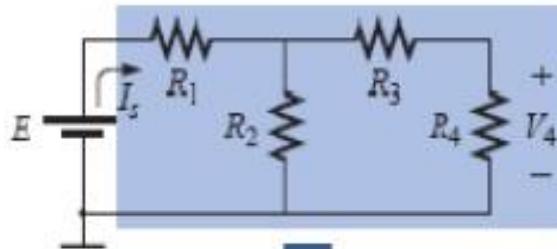
لمعرفة جهد و تيار أي عنصر موجود في دارة ما فيلزمنا مailyi:

- قانون كيرشوف للتيار (KCL)
- قانون كيرشوف للجهد (KVL)
- قانون أوم (Ohm's Law)
- ولكن السؤال كيف يمكننا تطبيق هذه القوانين لتحديد ما سبق؟

# طريقة التبسيط

## Reduce Approach

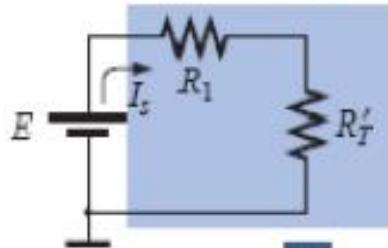
تلخص هذه الطريقة على النحو التالي: نحدد المقاومات المرتبطة على التسلسل (أو التوازي) ونقوم بحساب المقاومة المكافئة لها ونقوم بإعادة رسم الدارة، كما هو مبين في الشكل



$$R_3, R_4 - \text{in series} \Rightarrow R' = R_3 + R_4$$

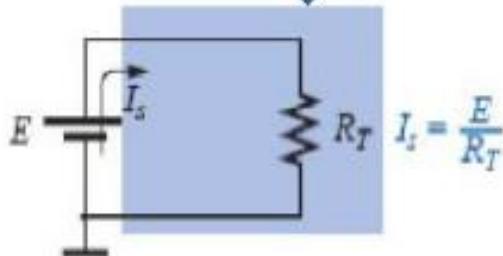
$$R_2, R' - \text{in parallel} \Rightarrow R'_T = R_2 \parallel R' = \frac{R_2 R'}{R_2 + R'}$$

$$R_1, R' - \text{in series} \Rightarrow R_T = R_1 + R'_T$$



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

قانون أوم:

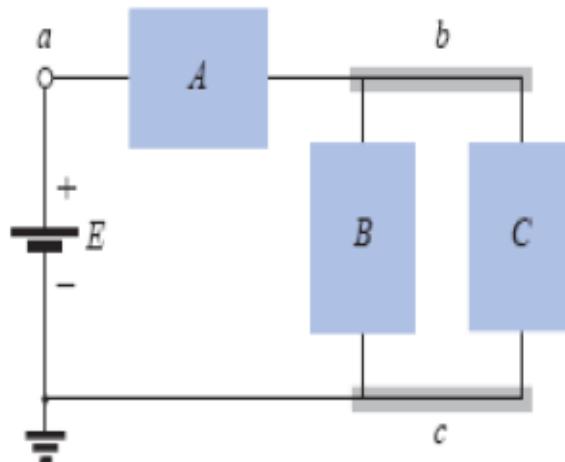


$$I_s = \frac{E}{R_T}$$

# طريقة مخطط الكتل

## (Block Diagram)

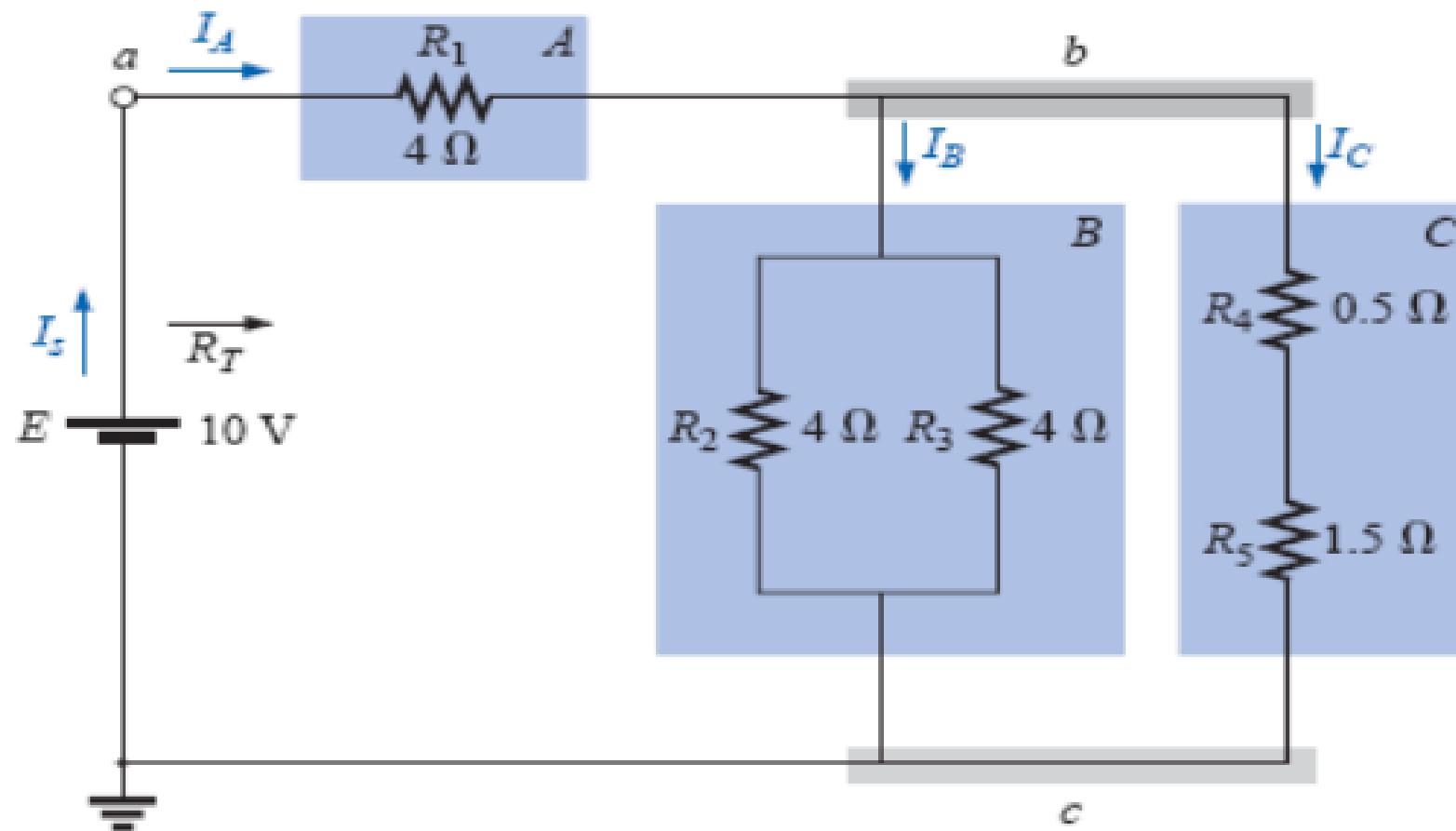
تتلخص هذه الطريقة على النحو التالي: تعتمد هذه الطريقة على تجميع العناصر، بحيث عنصران مرتبطان على التسلسل يشكلان كتلة، و عنصران مرتبطان على التوازي يشكلان كتلة أخرى، والكتل الناتجة فإذاً أن تكون على التسلسل وأما أن تكون على التوازي ومن ثم يعاد رسم الدارة بدلاًلة الكتل الجديدة، كما هو مبين في الشكل.



$$A + (B \parallel C) \quad \text{المقاومة الكلية = المجموع الجبري}$$

## أمثلة محلولة

احسب شدة التيار المشار إليها في الشبكة المبينة في الشكل التالي، وكذلك قيمة الجهد في كل كتلة  $(V_A, V_B, V_C)$ .



الحل:

نلاحظ من معطيات الشبكة أن:

$$\text{الكتلة } A: R_A = 4\Omega$$

$$\text{الكتلة } B: R_B = R_2 \parallel R_3 = R_{2\parallel 3} = \frac{R}{N} = \frac{4\Omega}{2} = 2\Omega$$

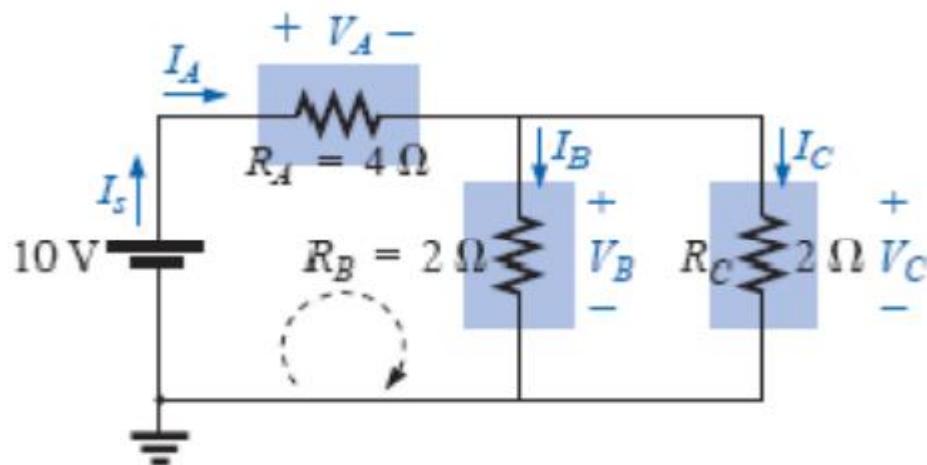
$$\text{الكتلة } C: R_C = R_4 + R_5 = R_{4,5} = 0.5\Omega + 1.5\Omega = 2\Omega$$

$$\text{الكتلة } B \text{ و الكتلة } C \text{ على التوازي، أي: } R_{B\parallel C} = \frac{R}{N} = \frac{2\Omega}{2} = 1\Omega$$

$$\text{ومن هنا، نجد المقاومة الكلية: } R_T = R_A + R_{B\parallel C} = 4\Omega + 1\Omega = 5\Omega$$

$$\text{وبالتالي: } I_s = \frac{E}{R_T} = \frac{10\text{ V}}{5\Omega} = 2\text{ A}$$

من أجل إيجاد التيارات المشار إليها ( $V_A, V_B, V_C$ ، وكذلك الجهد  $I_A, I_B, I_C$ )، نعيد رسم الدارة، كما هو مبين في الشكل التالي.



من الدارة نرى أن:  $I_A = I_s = 2 \text{ A}$ ,  $I_B = I_C = \frac{I_A}{2} = \frac{I_s}{2} = \frac{2 \text{ A}}{2} = 1 \text{ A}$

إذا عدنا إلى الشكل نرى أن:  $I_{R_2} = I_{R_3} = \frac{I_B}{2} = 0.5 \text{ A}$

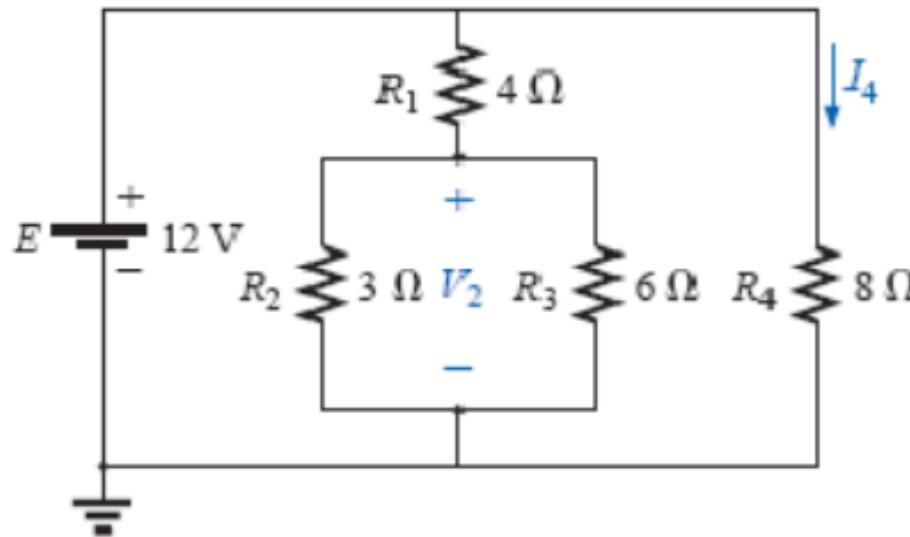
والآن نقوم بحساب الجهد ، فنجد:

$$V_A = I_A R_A = (2 \text{ A})(4 \Omega) = 8 \text{ V}$$

$$V_B = I_B R_B = (1 \text{ A})(2 \Omega) = 2 \text{ V}$$

$$V_C = I_C R_C = V_B = 2 \text{ V}$$

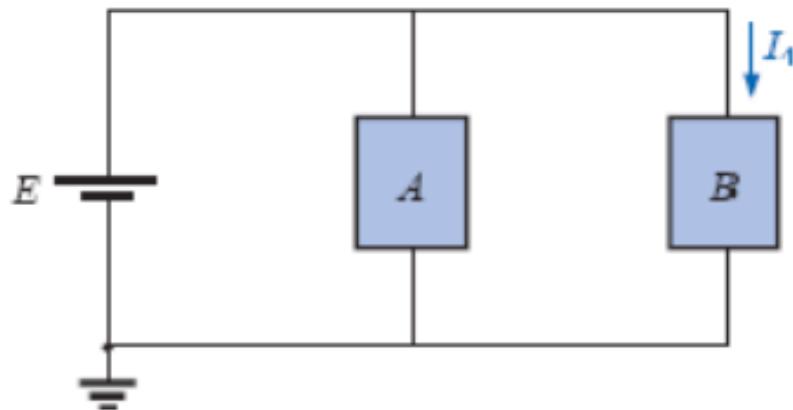
أوجد التيار  $I_4$  و الجهد  $V_2$  المضار اليهما في الدارة المبينة في الشكل التالي.



الحل:

استناداً إلى طريقة التجميع السابقة، فإننا نرى أن المقاومة  $R_4$  تشكل كتلة، ولتكن  $B$ ، والمقاومة  $R_1$  مع مجموع المقاومتين  $R_{2||3}$  تشكل كتلة، ولتكن  $A$ . وبإعادة رسم الدارة، نحصل على الدارة المكافئة المبينة في الشكل التالي.

التالي.



$$I_4 = \frac{E}{R_B} = \frac{E}{R_4} = \frac{12 \text{ V}}{8 \Omega} = 1.5 \text{ A}$$

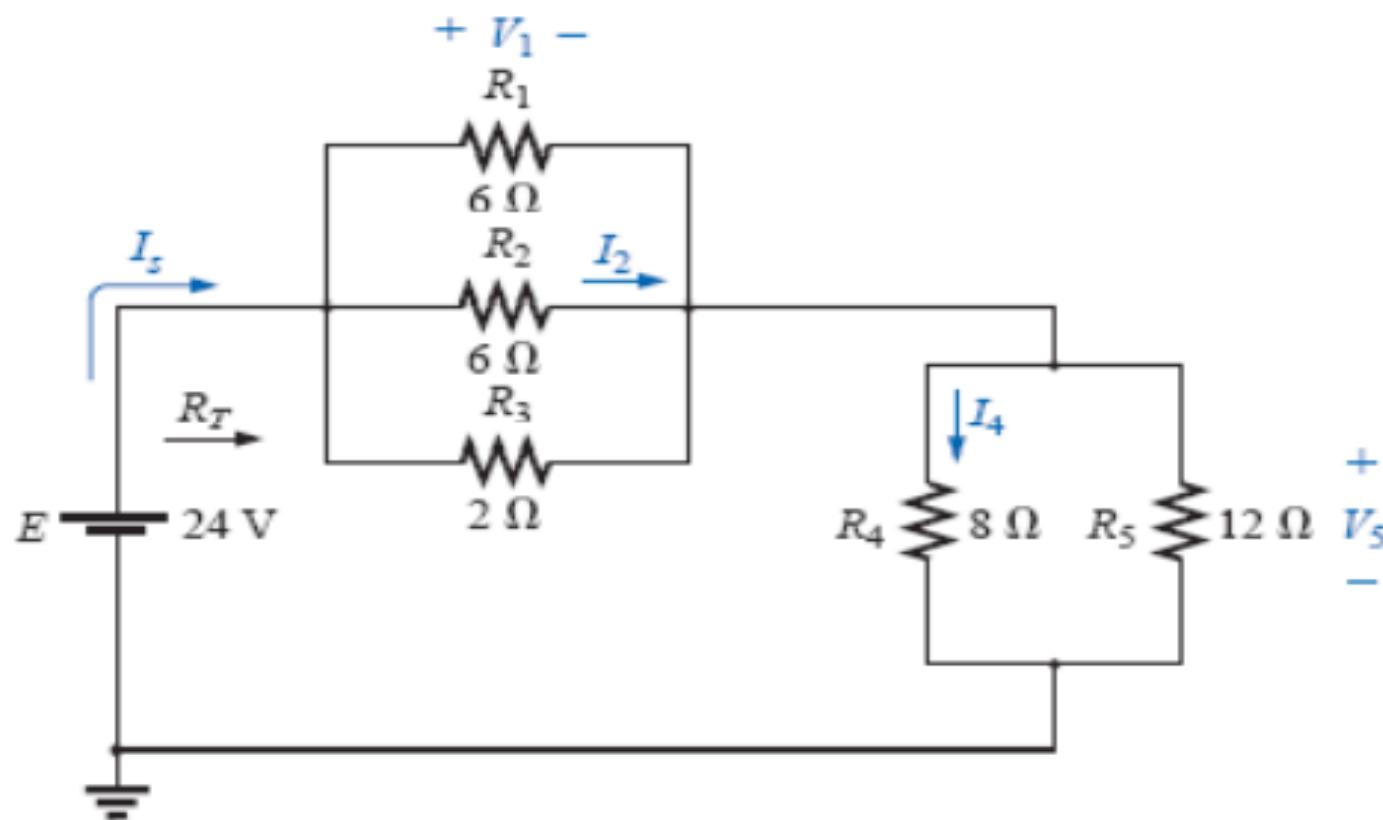
وبتطبيق قانون أوم، نجد أن: من جهة أخرى، يمكن القول أن الكتلة A تكون من كتلتين: المقاومة  $R_1$  - كتلة C، و مجموع المقاومتين  $R_{2||3}$  - كتلة D ، وهاتين الكتلتين يمكن تمثيلهما كما هو مبين في الشكل التالي. وبالتالي، نجد أن:

$$R_D = R_2 \parallel R_3 = \frac{(3\Omega)(6\Omega)}{3\Omega + 6\Omega} = 2\Omega$$

وبتطبيق قانون قاسم التيار (CDR)، نجد أن:

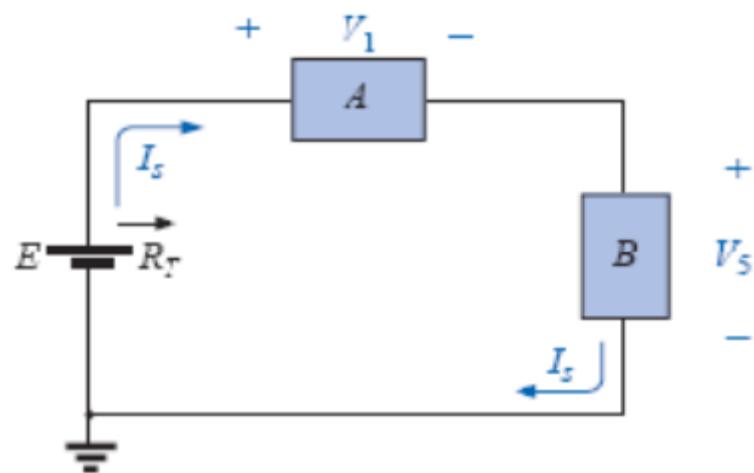
$$V_2 = \frac{R_D E}{R_D + R_C} = \frac{(2\Omega)(12 \text{ V})}{2\Omega + 4\Omega} = 4 \text{ V}$$

أوجد كل التيارات و الجهد المشار إليها في الدارة المبينة في الشكل التالي.



الحل:

نرى من الشكل أن المقاومات المرتبطة على التوازي  $R_{1||2||3}$  تشكل كتلة ولكن  $A$ ، بينما المقاومات  $R_{4||5}$  فتشكل كتلة  $B$ . وبناً عليه، نعيد رسم الدارة كما هو مبين في الشكل التالي.

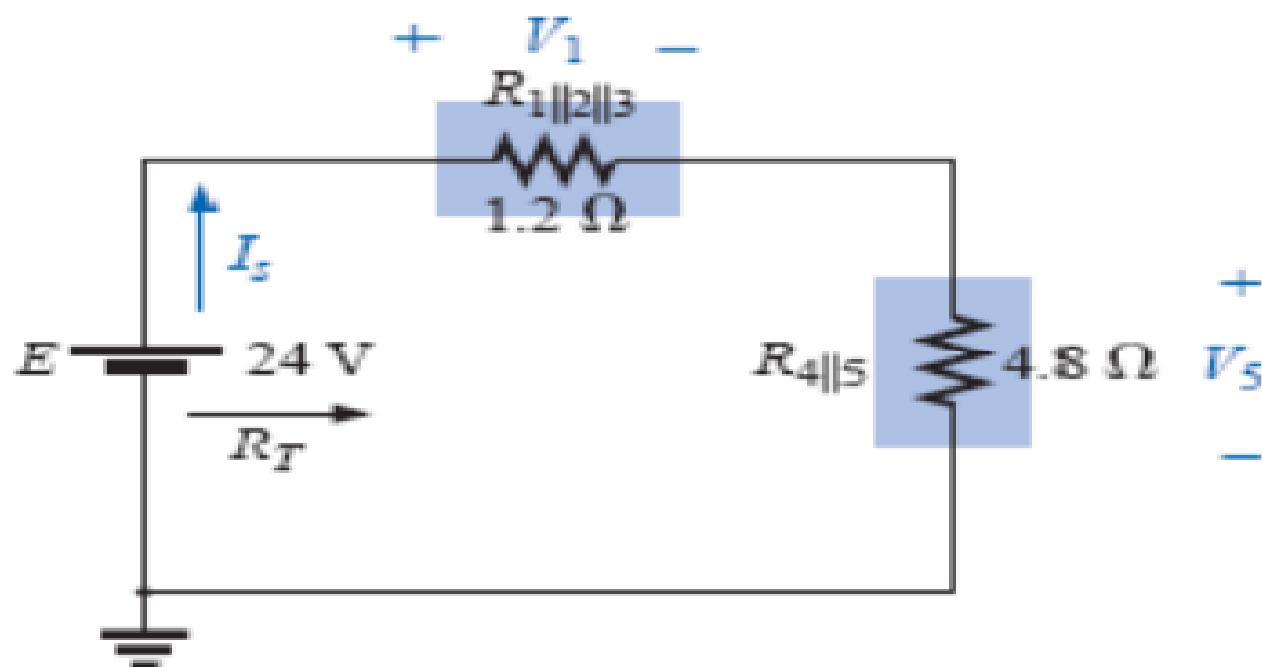


$$R_{1\parallel 2} = \frac{R}{N} = \frac{6\Omega}{2} = 3\Omega \quad \text{وبالتالي، نجد أن:}$$

$$R_A = R_{1\parallel 2\parallel 3} = \frac{(3\Omega)(2\Omega)}{3\Omega + 2\Omega} = 1.2\Omega$$

$$R_B = R_{4\parallel 5} = \frac{(8\Omega)(12\Omega)}{8\Omega + 12\Omega} = 4.8\Omega$$

نعيد رسم المخطط السابق بدلالة القيم الجديدة كما هو مبين في الشكل التالي، بحيث أن:



$$R_T = R_{1\parallel 2\parallel 3} + R_{4\parallel 5} = 1.2\Omega + 4.8\Omega = 6\Omega$$

$$I_s = \frac{E}{R_T} = \frac{24\text{ V}}{6\Omega} = 4\text{ A}$$

$$V_1 = I_s R_{1\parallel 2\parallel 3} = (4\text{ A})(1.2\Omega) = 4.8\text{ V}$$

$$V_5 = I_s R_{4\parallel 5} = (4\text{ A})(4.8\Omega) = 19.2\text{ V}$$

وبتطبيق قانون أوم:

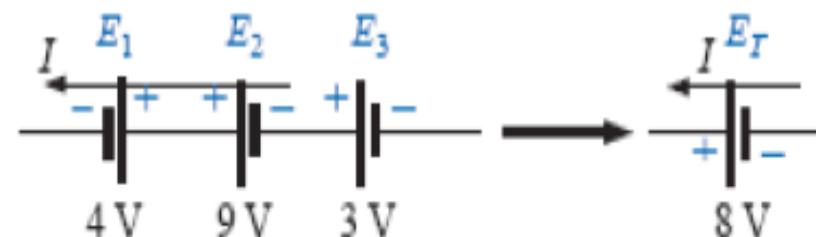
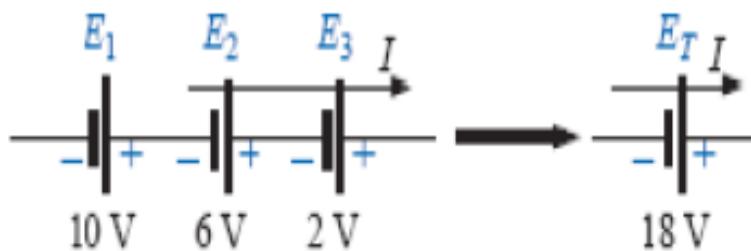
$$I_4 = \frac{V_5}{R_4} = \frac{19.2\text{ V}}{8\Omega} = 2.4\text{ A}$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{V_1}{R_2} = \frac{4.8\text{ V}}{6\Omega} = 0.8\text{ A}$$

# مصادر الجهد على التسلسل

## Voltage sources in Series

يتم توصيل مصادر الجهد على التسلسل بحيث يكون القطب الموجب للمصدر الأول متصل مع القطب السالب للمصدر الثاني الذي يليه ثم القطب الموجب للمصدر الثاني يكون متصلة مع القطب السالب للمصدر الثالث الذي يليه وهكذا، كما هو مبين في الشكل.



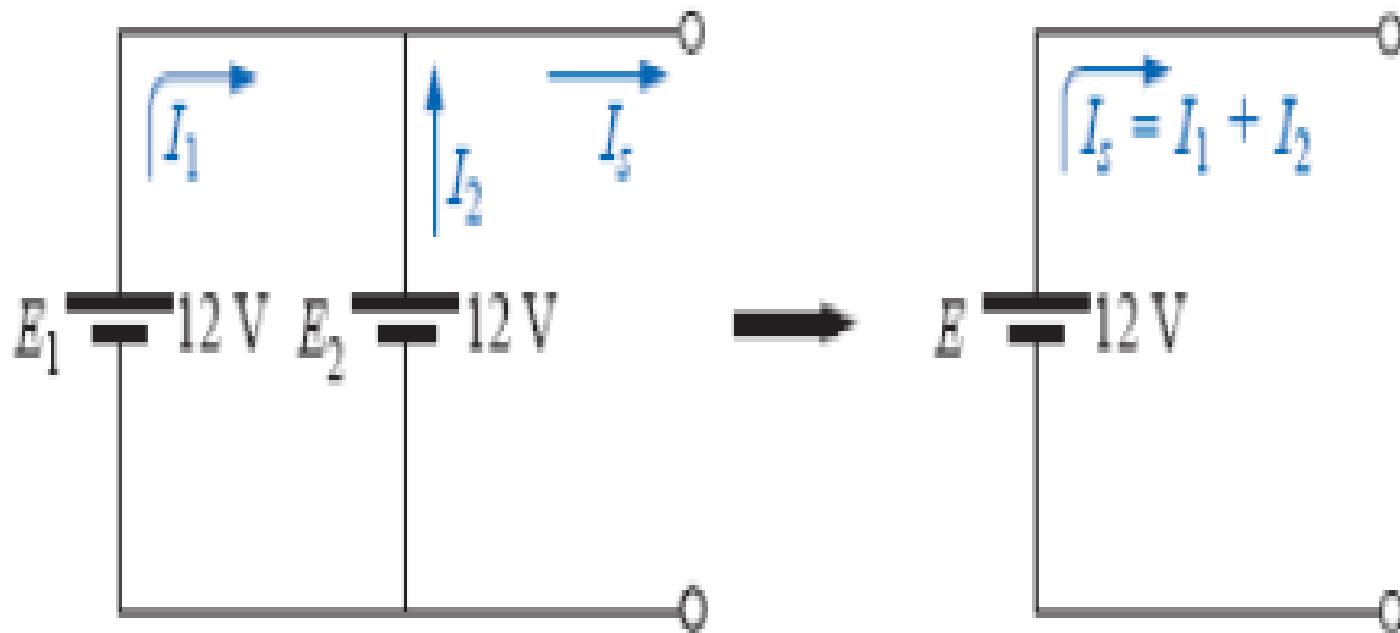
$$E_T = E_1 + E_2 + E_3 = (10 + 6 + 2)V = 18V$$

$$E_T = E_2 + E_3 - E_1 = (9 + 3 - 4)V = 8V$$

# مصادر الجهد على التوازي

## Voltage Sources in Parallel

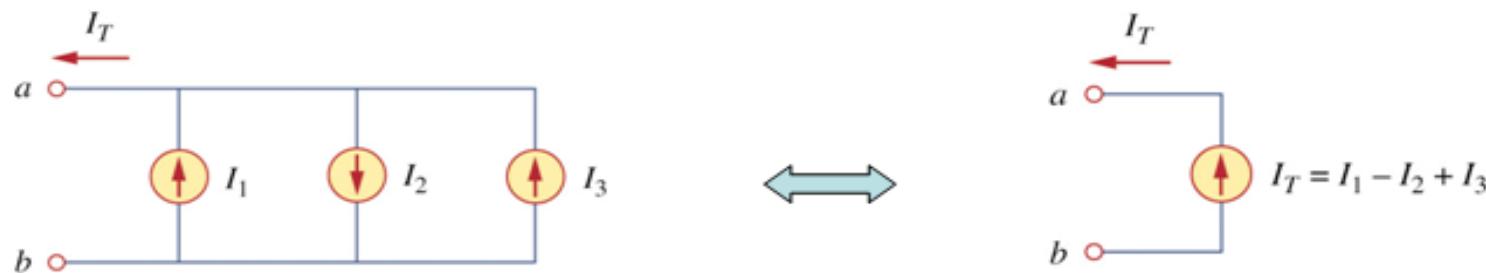
نوضع مصادر الجهد على التوازي، كما هو مبين في الشكل، فقط في حالة تساوي قيمها. السبب الرئيسي لوضع اثنين أو أكثر من مصادر الجهد على التوازي في محطة جهد واحدة هو لزيادة شدة التيار من المصدر.



# مقدار التيار على التفرع

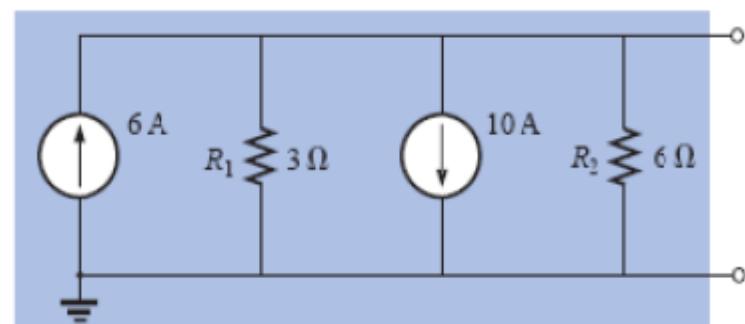
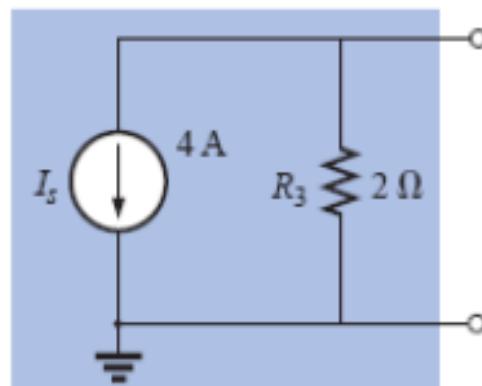
## (Current Sources in Parallel)

التوصيل على التفرع: تستبدل مقدار التيار الموصولة على التوازي بمصدر واحد، بحيث أن المصادر ذات الاتجاه الواحد تجمع والمصادر مختلفة الاتجاه تطرح وتأخذ إشارة الأكبر منها.



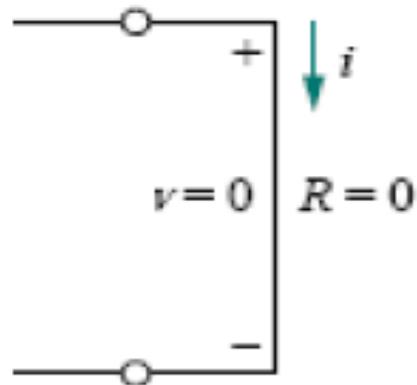
$$I = 10A - 6A = 4A$$

$$R_3 = R_1 \parallel R_2 = 3\Omega \parallel 6\Omega = 2\Omega$$

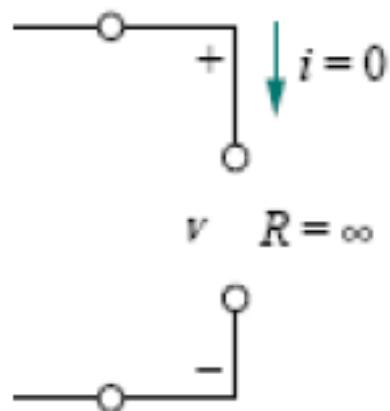


## الدارة المفتوحة و الدارة المغلقة

### Open and Short Circuits



الدارة المقصورة (short circuit) :  
إذا كانت  $R = 0$  وبالتالي  $V = IR = 0$



الدارة المفتوحة (open circuit) :  
إذا كانت  $R = \infty$  وبالتالي

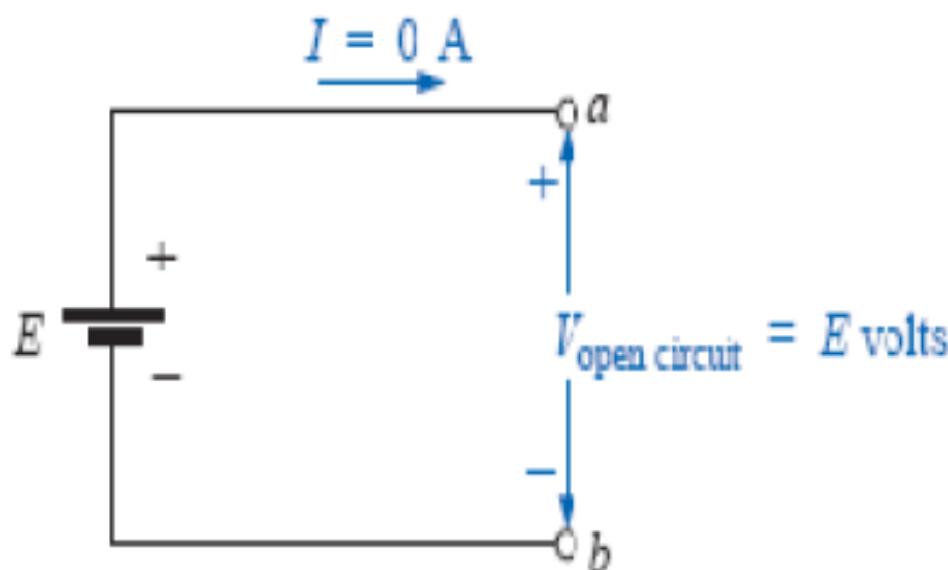
$$I = \lim_{R \rightarrow \infty} \frac{V}{R} = 0$$

## الدارة المفتوحة و الدارة المغلقة

### Open and Short Circuits

نقول عن دارة كهربائية بأنها دارة مفتوحة إذا وجد فيها طرفان معزولان (a) و (b) لا يتصلان مع بعضهما البعض بأي عنصر من أي نوع، كما هو مبين في الشكل. ويكون التيار المار في الدارة المفتوحة مساوياً الصفر، أي  $I = 0$  ، أما الجهد بين الطرفين المعزولين فيكون مساوية لمصدر الجهد،

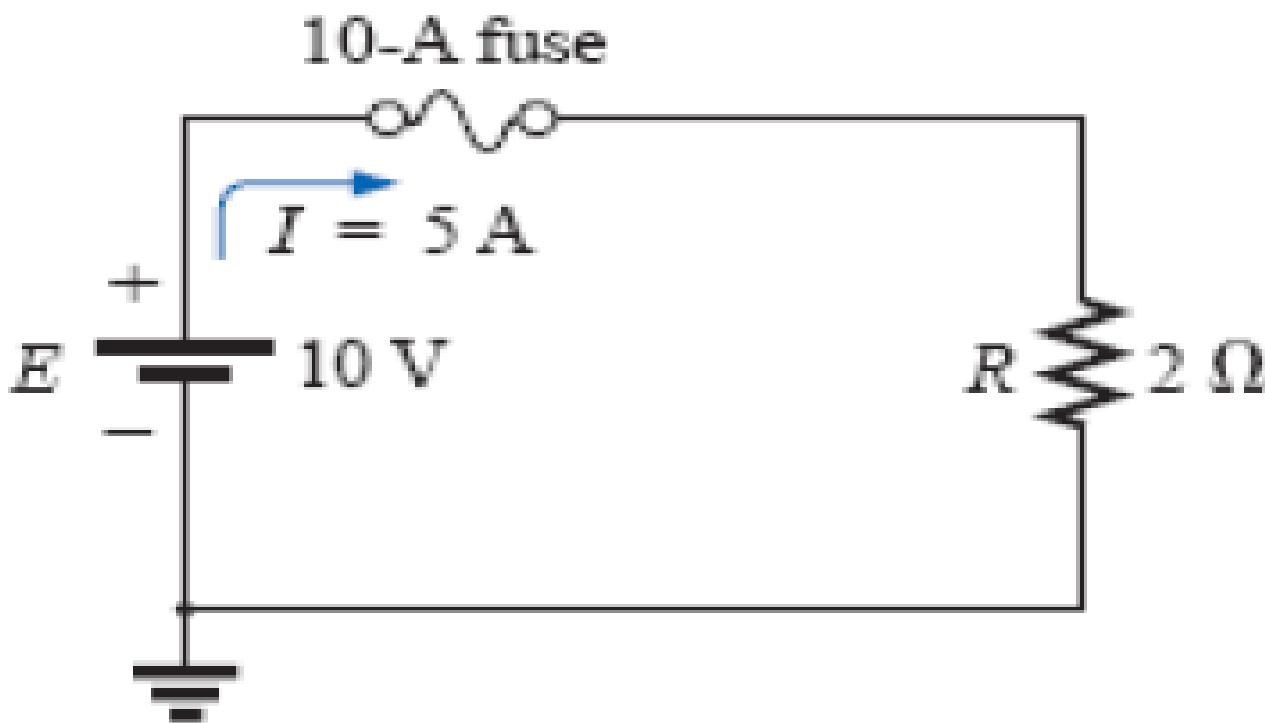
$$V_{\text{open circuit}} = E \text{ volts}$$

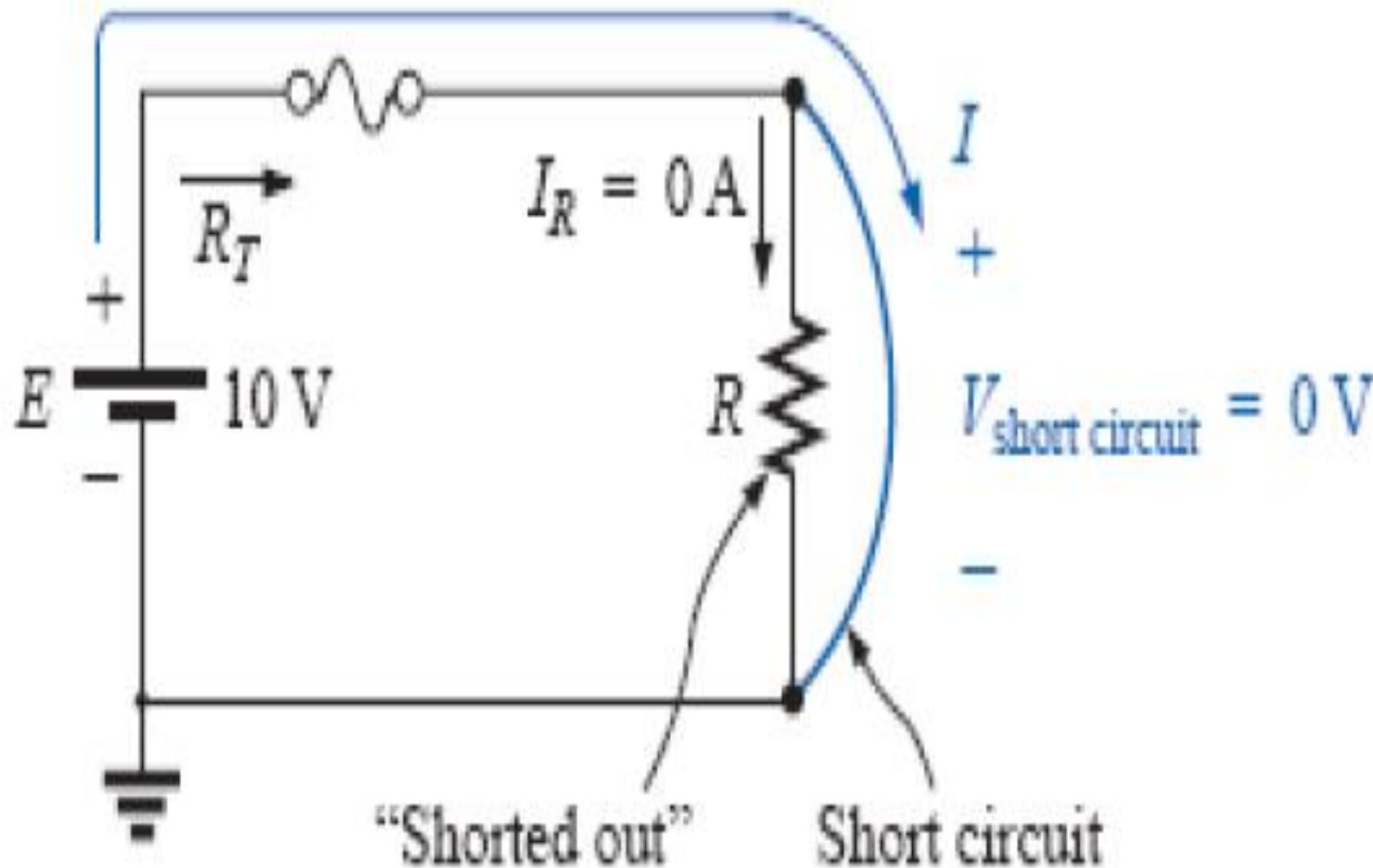


الدارة المغلقة أو دارة الفُصر، هي الدارة التي يتواجد فيها توصيل مباشر بين طرفي، وبالتالي تكون ذات مقاومة ضعيفة جداً، كما هو مبين في الشكل

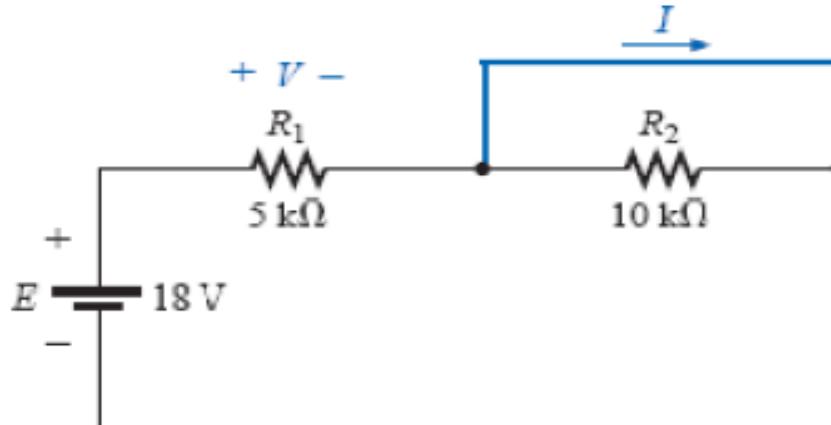
التيار المار في الدارة المغلقة يمكن أن يأخذ أية قيمة،

أما الجهد فيكون مساوية للصفر، أي  $V_{\text{short circuit}} = 0 \text{ V}$



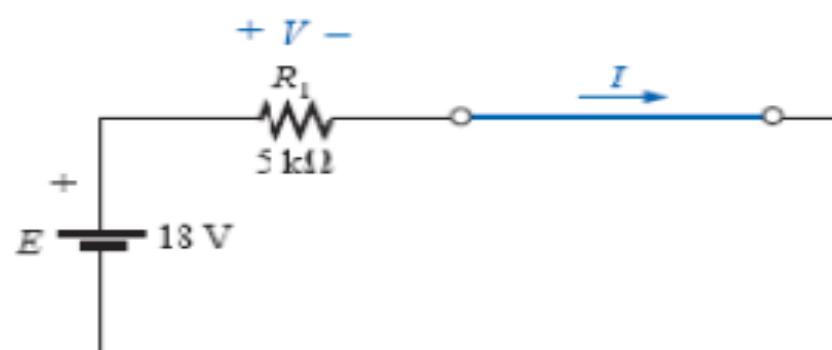


احسب التيار  $I$  والجهد  $V$  المضار إليهما في الدارة المبينة في الشكل



الحل:

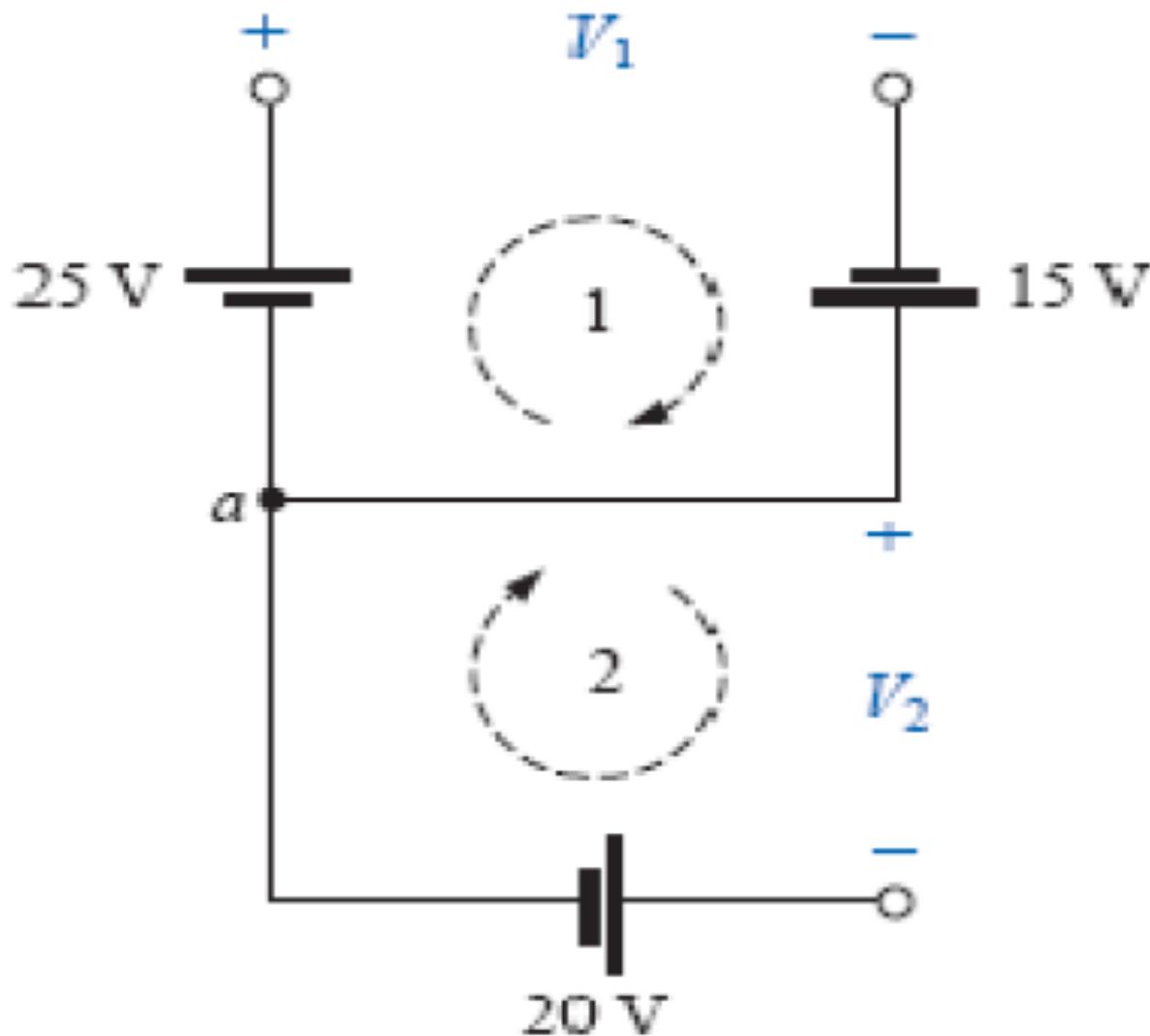
من الشكل يتضح لنا أن المقاومة مقصورة، وبالتالي يمكن إعادة رسم الدارة كما هو مبين في الشكل



وباستخدام قانون أوم، نجد أن:

$$I = \frac{E}{R_1} = \frac{18\text{ V}}{5\text{ k}\Omega} = 3.6\text{ mA}, \quad V = E = 18\text{ V}$$

احسب  $V_1$  و  $V_2$  في الدارة المبينة في الشكل



تشكيلة من عدة مصادر للجهد

الحل: لأجل المسار 1 و انطلاقاً من النقطة  $a$  و مع اتجاه عقارب الساعة (Clockwise)، نجد:

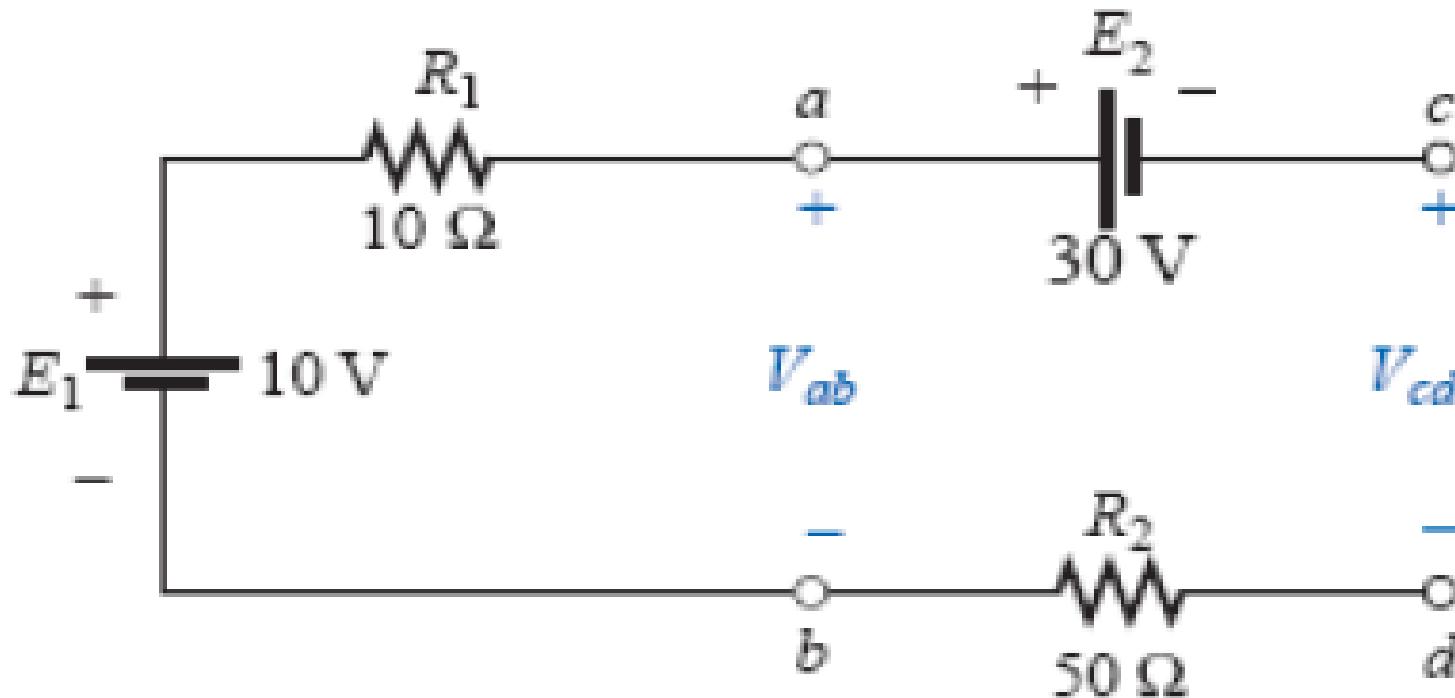
$$+25V - V_1 + 15V = 0 \Rightarrow V_1 = 40V$$

وللمسار 2 و انطلاقاً من النقطة  $a$  و مع اتجاه عقارب الساعة، نجد:

$$-V_2 - 20V = 0 \Rightarrow V_2 = -20V$$

الإشارة السالبة في هذا الجواب تعني أن القطبية الطبيعية للجهد  $V_2$  هي عكس ما هو محدد في الدارة.

احسب قيمة الجهد  $V_{ab}$  و  $V_{cd}$  في الدارة المبينة في الشكل



الحل:

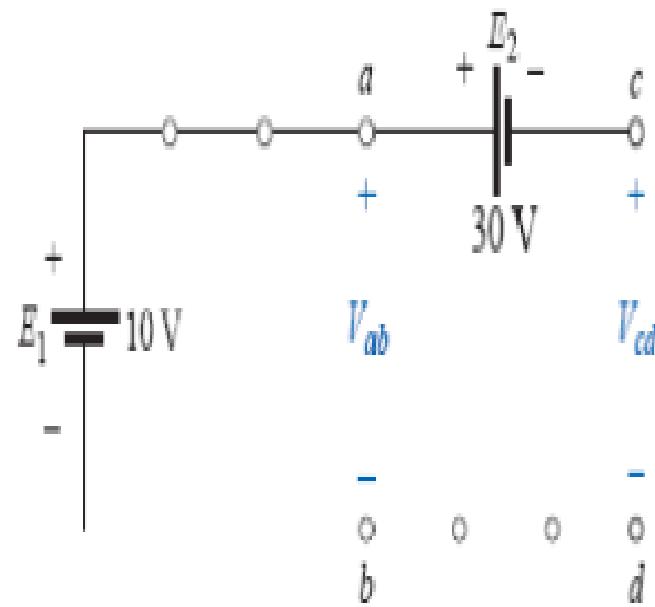
باعتبار أن الدارة مفتوحة، فالتيار المار في هذا النظام يكون مساويا صفر أمبير ( $I=0$ ) ، وبالتالي فإن الجهد المساوي للصفر ( $V=0V$ ) سوف يتوزع عبر كل مقاومة. والآن، فإنه من الممكن استبدال كلا من

المقاومات بدارٌة مغلقة، كما هو مبين في الشكل وبالتالي، يكون الجهد  $V_{ab}$  مباشر عبر المصدر 10 فولط، أي:  $V_{ab} = E_1 = 10V$ .

لحساب  $V_{cd}$  نطبق قانون كرشوف للجهد، فيكون:

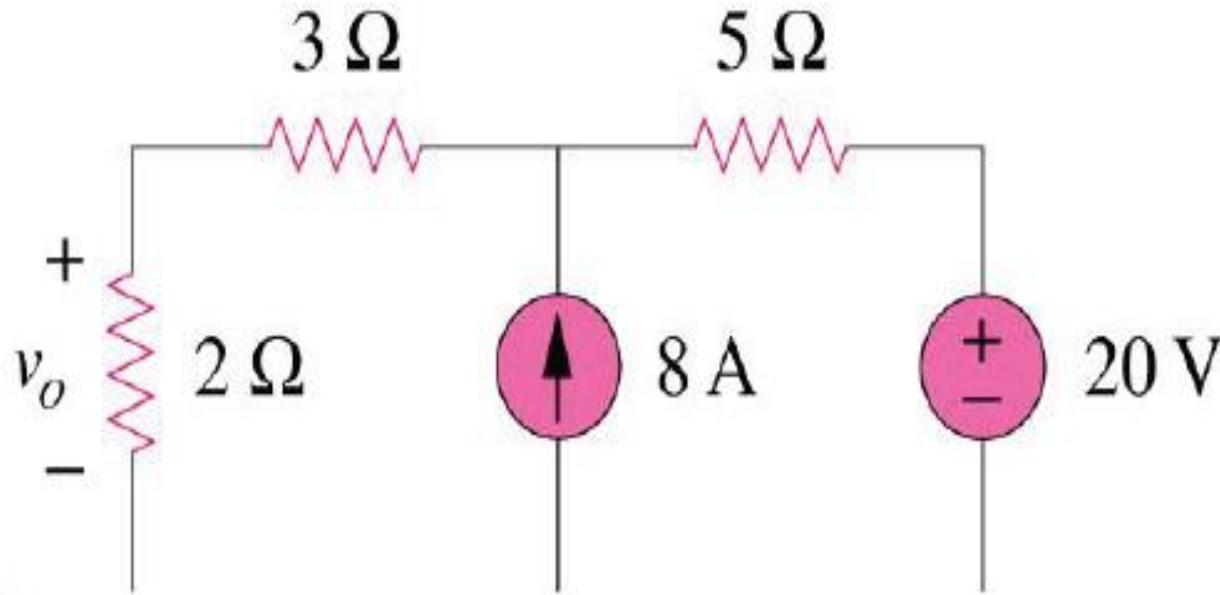
$$+E_1 - E_2 - V_{cd} = 0 \Rightarrow V_{cd} = 10V - 30V = -20V$$

الإشارة السالبة في هذا الجواب تشير إلى أن قطبية  $V_{cd}$  هي في الحقيقة عكس ما هو مشار إليه في الدارة.



# Circuit Theorems

إذا كان لدينا الدارة التالية، ما هي طرق تحديد الجهد عبر المقاومة ( $2\Omega$ )؟



What are they? And how?

# Superposition Theorem

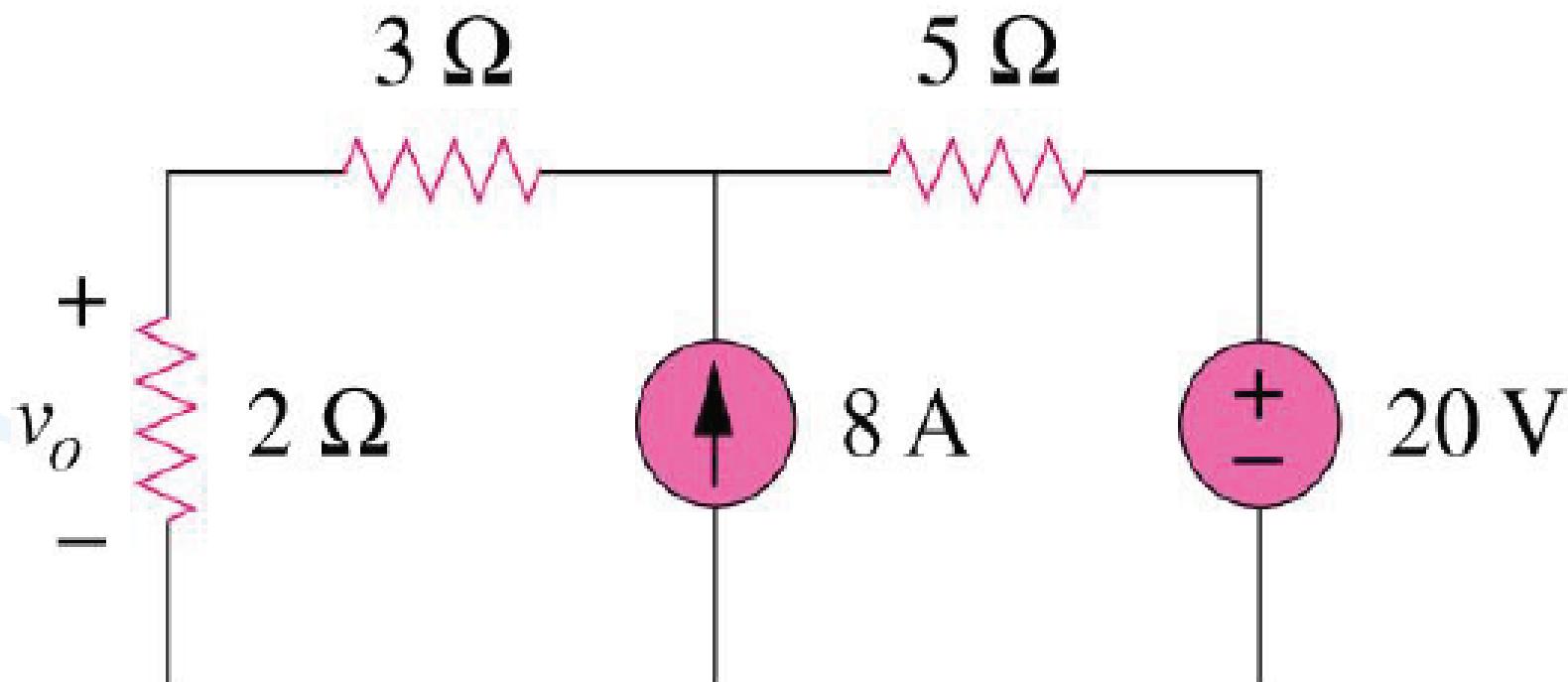
## نظرية التراكب

تنص على أن الجهد المقاوم أو التيار المار عبر عنصر ما في دارة خطية (جهد خرجها يتناسب طرداً مع دخلها) هو المجموع الجبري للجهود أو التيارات المار في هذا العنصر لكل منبع على حداً.

يساعدنا مبدأ التراكب على تحليل الدارة الخطية التي فيها أكثر من منبع مستقل، حيث نقوم بالحسابات لكل منبع بشكل منفصل و من ثم نراكم (نجمع جبرياً).

# Superposition Theorem

أي في الدارة الحالية: ندرس تأثير كل من منبع الجهد و منبع التيار على حدا، ثم ندرس تأثير الاثنين معاً لحساب القيمة النهائية لـ  $v_o$ .



# Superposition Theorem

## خطوات تطبيق نظرية التراكب:

1. نلغى كل المنشع إلا واحد. نوجد جهد أو تيار الخرج الناتج عن هذا المنشع.
2. نعيد الخطوة السابقة مع بقية المنشع.
3. نوجد محاصلة القيم الناتجة عن كل منبع على حدا.

**ملاحظة:** يجب الانتباه إلى أنه عند إلغاء المنشع:

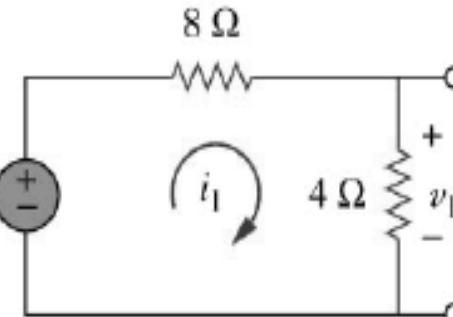
- ▶ تقصر منبع الجهد (short circuit).
- ▶ تفتح منبع التيارات (open circuit).

# Superposition Theorem

## Example 2

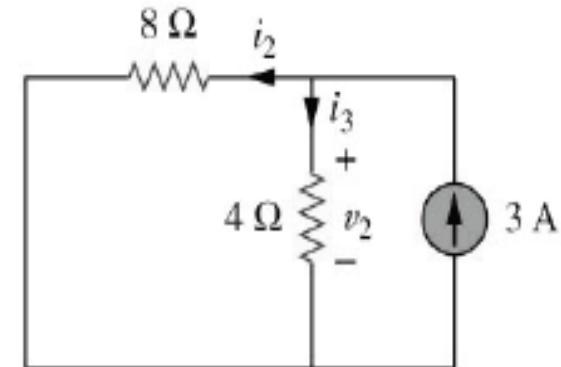
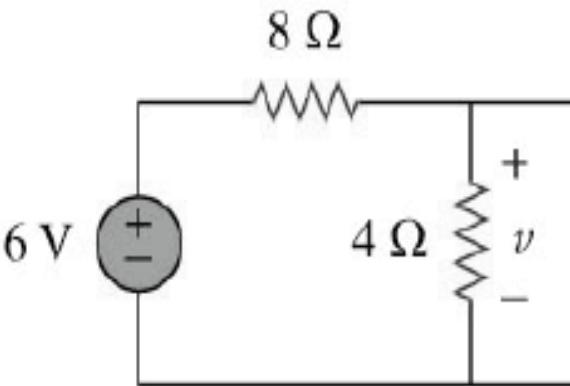
استخدم نظرية التراكب لإيجاد الجهد ( $V$ ) للدارة المبينة أدناه:

3A is discarded by open-circuit



(a)

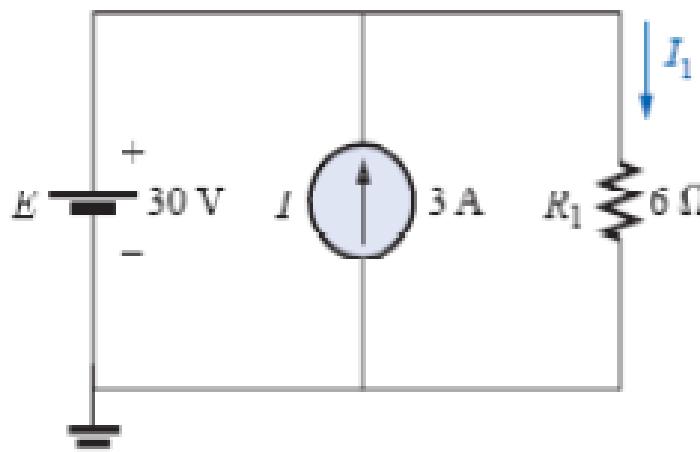
6V is discarded by short-circuit



(b)

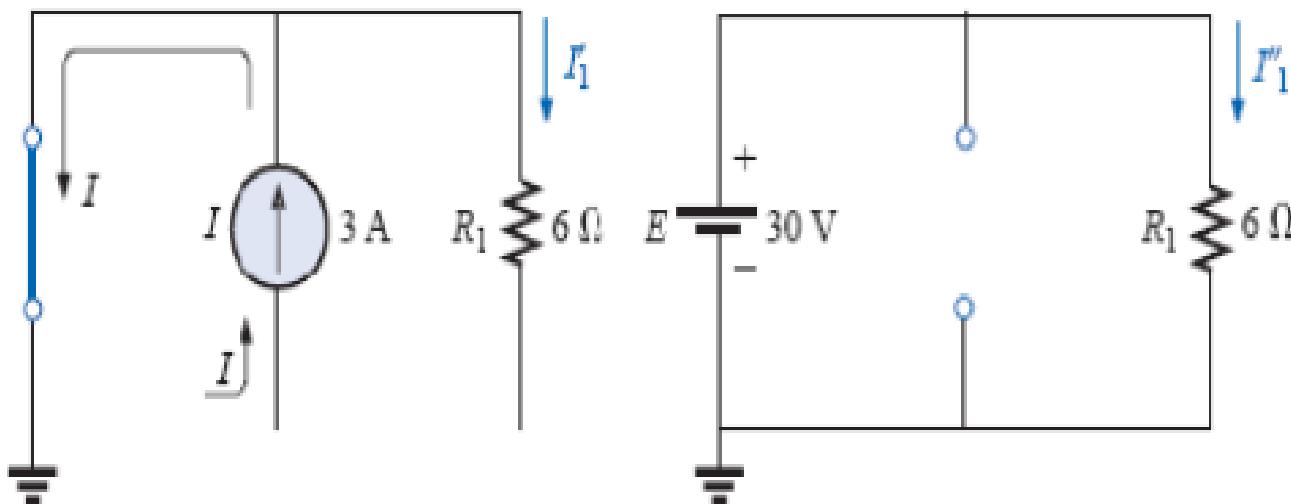
Answer  $V = (i_1 + i_2) \cdot 4\Omega = (0.5 + 2) \cdot 4\Omega = 10V$

أمثلة محلولة أوجد التيار  $I_1$  في الدارة المبينة في الشكل مستخدماً نظرية التراكب.



الحل:

1. نحذف مصدر الجهد بوضع  $E = 0V$  ونستبدل بدارة مقصورة، وبالتالي، تيار المصدر  $I$  سوف يختار مسلك الدارة المقصورة، ويكون التيار  $I'_1 = 0A$ .



(a)

(b)

بتطبيق قانون قاسم التيار، نجد:

$$I'_1 = \frac{R_{sc}I}{R_{sc} + R_1} = \frac{(0\Omega)I}{0\Omega + 6\Omega} = 0\text{ A}$$

حيث أن  $R_{sc}$  - مقاومة الدارة المغلقة.

2. نحذف مصدر التيار بوضع  $I = 0\text{ A}$  ونستبدلها بدارة مفتوحة،

بتطبيق قانون أوم، نجد:  $I''_1 = \frac{E}{R_1} = \frac{30\text{ V}}{6\Omega} = 5\text{ A}$

نلاحظ أن التيارين  $I'_1$ ,  $I''_1$  لهما نفس الاتجاه. وبالتالي، يكون التيار الكلي:

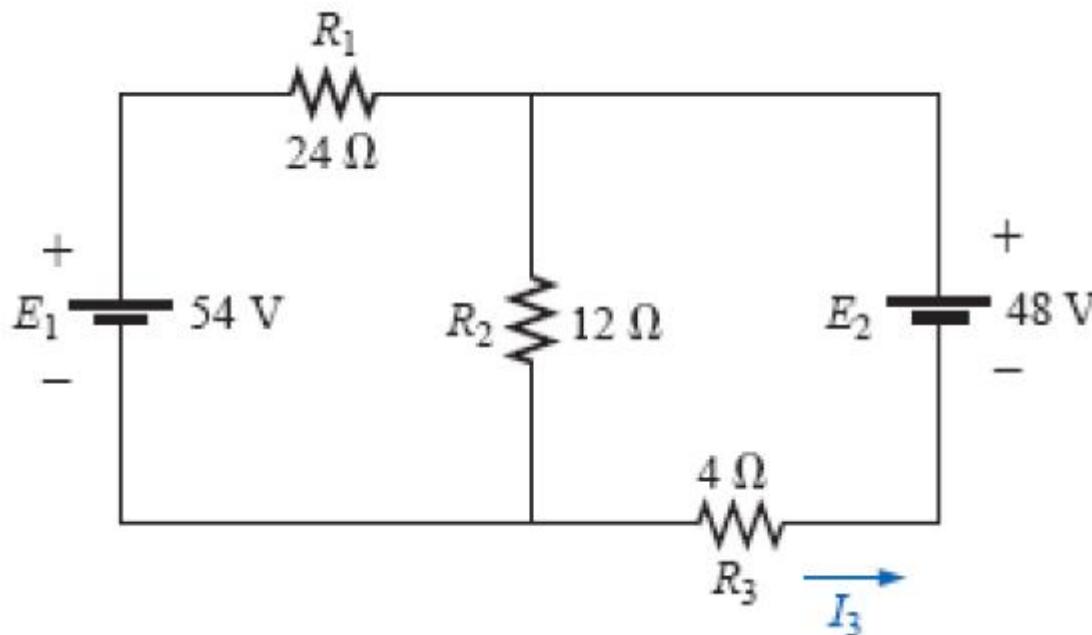
$$I_1 = I'_1 + I''_1 = 0\text{ A} + 5\text{ A} = 5\text{ A}$$

النتيجة: لا يوجد تأثير لمصدر التيار على التيار المار من المقاومة  $6\Omega$ . بينما

الجهد المطبق على المقاومة يكون ثابتاً  $30\text{ V}$  لأنهما على التوازي.

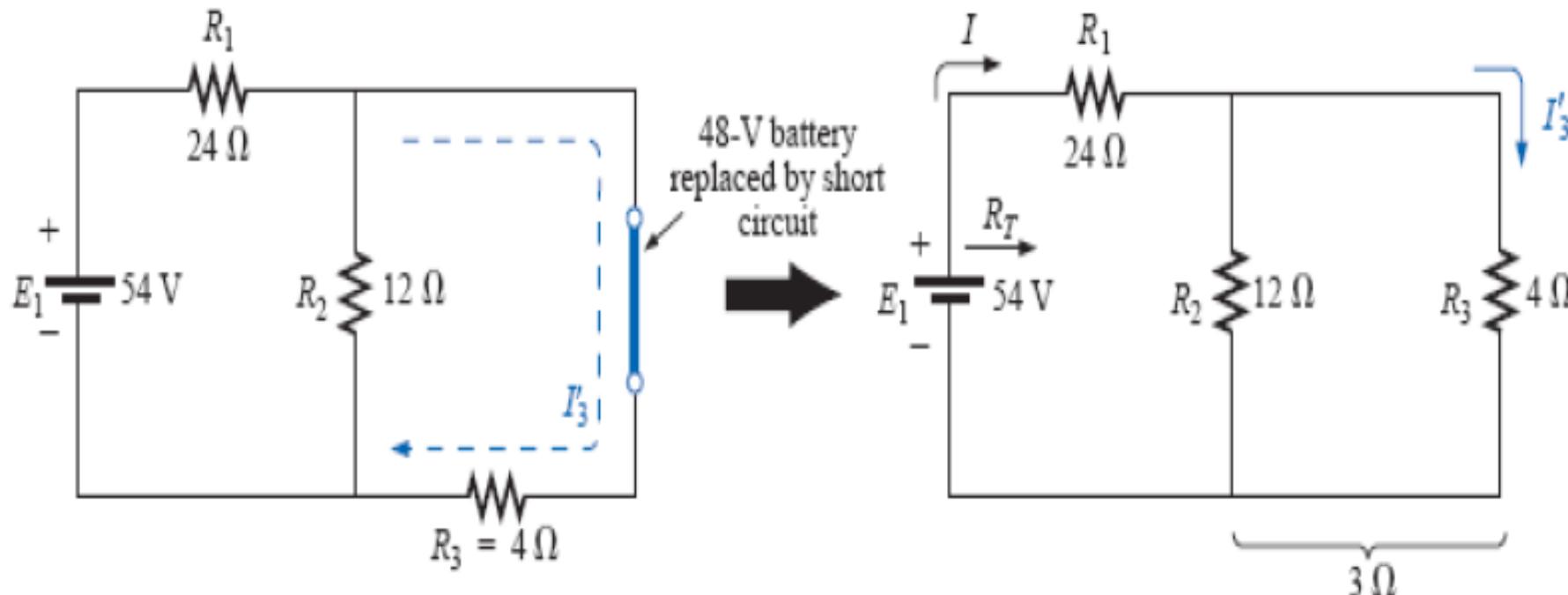
## مثال

لتكن الدارة ثنائية المصدر، المبينة في الشكل أوجد التيار  $I_3$  المار في المقاومة  $R_3 = 4\Omega$  مستخدماً نظرية التراكب.



1. دراسة تأثيرات المصدر  $E_1 = 54\text{ V}$  فنقوم بحذف المصدر  $E_2 = 48\text{ V}$  واستبداله بدارة مغلقة،

ومن ثم نعيد رسم الدارة



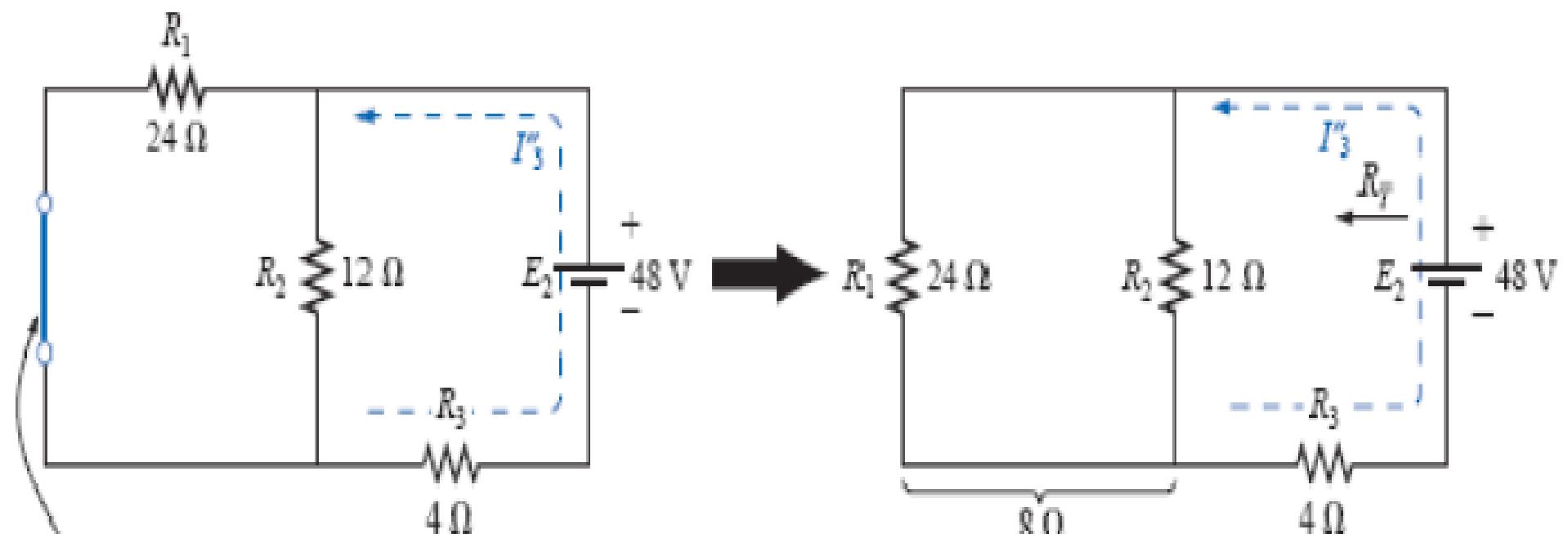
وبحساب المقاومة الكلية  
 $R_T = R_1 + R_2 \parallel R_3 = 24\Omega + 12\Omega \parallel 4\Omega = 24\Omega + 3\Omega = 27\Omega$  ، نجد أن:

$$I = \frac{E_1}{R_T} = \frac{54\text{V}}{27\Omega} = 2\text{A}$$

بتطبيق قانون قاسم التيار ، نجد:

$$I'_3 = \frac{R_2 I}{R_2 + R_3} = \frac{(12\Omega)(2\text{A})}{12\Omega + 4\Omega} = 1.5\text{A}$$

2. دراسة تأثيرات المصدر  $E_1 = 54\text{V}$  فنقوم بحذف المصدر  $E_2 = 48\text{V}$  واستبداله بدارة مغلقة، ومن ثم نعيد رسم الدارة، الشكل

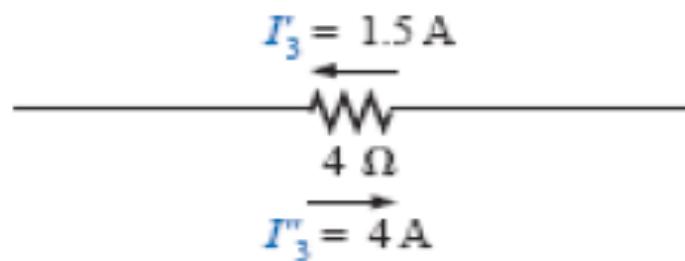


وبحساب المقاومة الكلية

$$. I_3'' = \frac{E_2}{R_T} = \frac{48\text{V}}{12\Omega} = 4\text{A} \text{، نجد أن: } R_T = R_3 + R_1 \parallel R_2 = 4\Omega + 24\Omega \parallel 12\Omega = 4\Omega + 8\Omega = 12\Omega$$

وبالتالي، يكون التيار الكلي المار عبر المقاومة  $R_3 = 4\Omega$  ، مساوياً:

$$I_3 = I_3'' - I_3' = 4\text{ A} - 2\text{ A} = 2.5\text{ A}$$



ونلاحظ أن اتجاه التيار الكلي  $I_3$  متطابق مع اتجاه التيار  $I_3''$ .

# Source Transformation

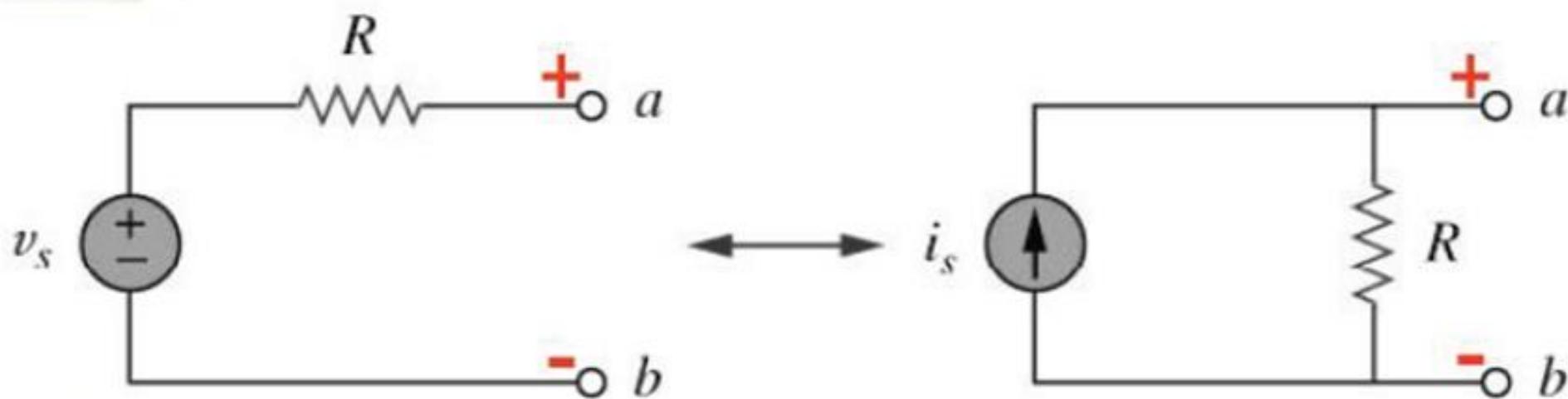
## تحويل المنبع

في هذه النظرية:

- يجب أن تكون خواص ( $i - v$ ) للدارة المكافئة مطابقة للدارة الأصلية.
- يستبدل منبع الجهد ( $V_s = i_s \cdot R$ ) الموصول على التسلسل مع المقاومة ( $R$ ) بمنبع تيار ( $i_s = V_s / R$ ) على التوازي مع نفس المقاومة ( $R$ ) و العكس بالعكس (**vice versa**).

# Source Transformation

- يتم الانتباه إلى القطبية عند التحويل بين المنشعين (لاحظ الشكل).
- تحفظ: لا يمكن تحويل المنشاع عندما تكون مقاومة منبع الجهد ( $R = 0$ ) و مقاومة منبع التيار ( $R = \infty$ ).



Independent source transform

مثال

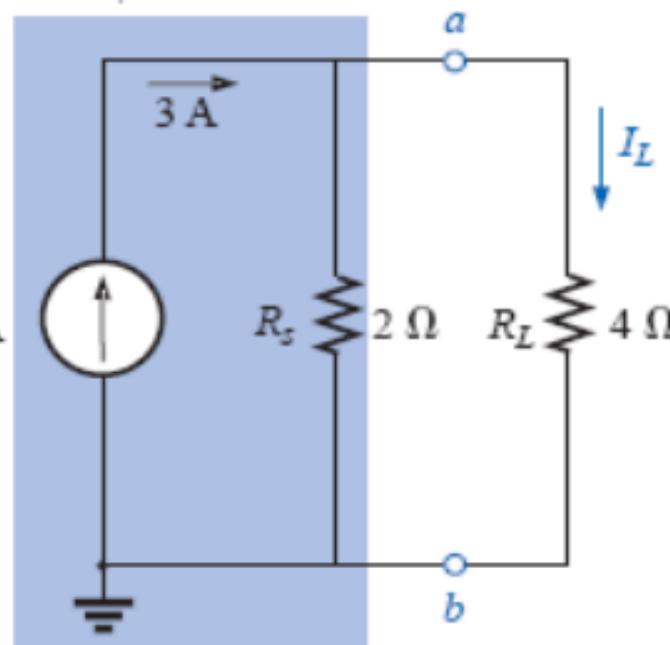
لتكن الدارة المبينة في الشكل:

a. احسب شدة التيار  $I_L$  المشار إليه.

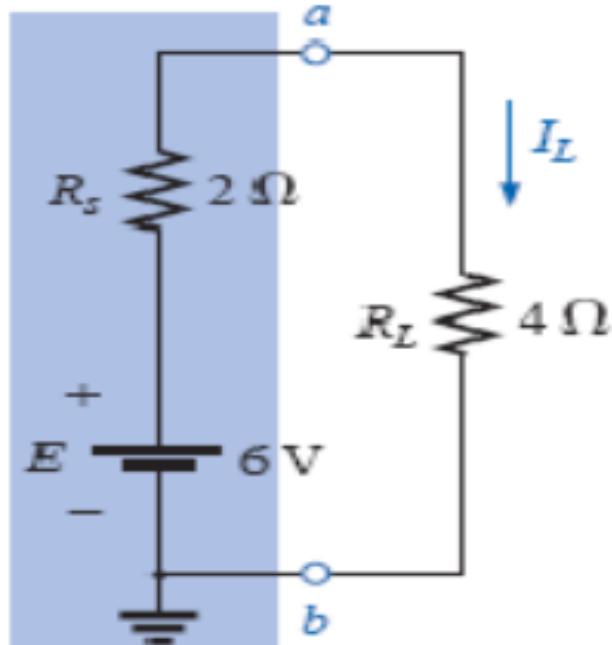
b. حول مصدر الجهد إلى مصدر للتيار.

c. احسب التيار المار عبر مقاومة الحمل ( $R_L$ ) مستخدماً مصدر التيار الجديد الناتج عن عملية التحويل في الطلب (b)، وقارن الناتج مع نتائج الطلب (a).

$$I = \frac{E}{R_s} = 3 \text{ A}$$



(b) – دارة مصدر التيار المكافئ



(a) – دارة مصدر الجهد العملي

الحل:

a. بتطبيق قانون أوم (شكل a)، نجد:

$$I_L = \frac{E}{R_s + R_L} = \frac{6V}{2\Omega + 4\Omega} = 1A$$

b. باستخدام قانون أوم (شكل a)، نجد:

$$I = \frac{E}{R_s} = \frac{6V}{2\Omega} = 3A$$

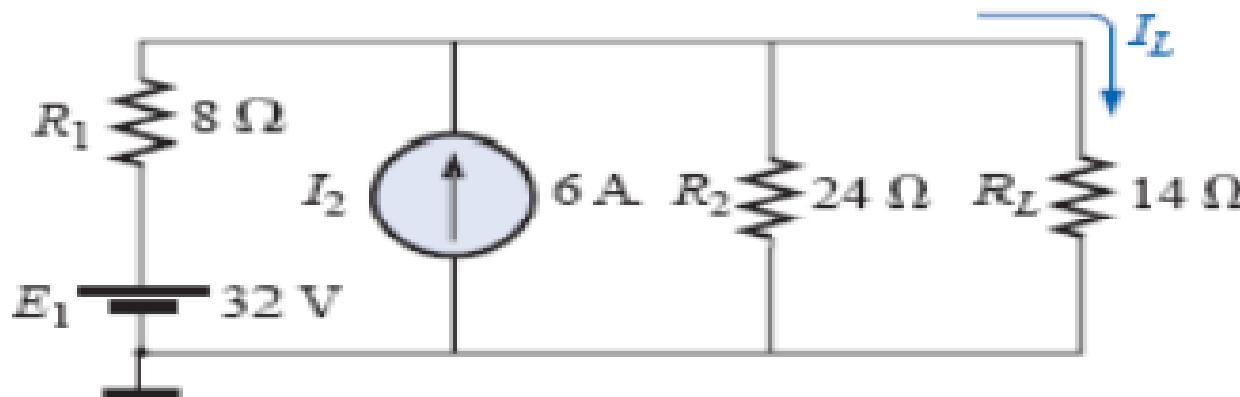
نقوم باستبدال مصدر الجهد بمصدر التيار  $I = 3A$  و المقاومة  $R_s$  على التوازي معه، شكل (b).

c. باستخدام قانون قاسم التيار (CDR)، نجد:

$$I_L = \frac{R_s I}{R_s + R_L} = \frac{(2\Omega)(4\Omega)}{2\Omega + 4\Omega} = 1A$$

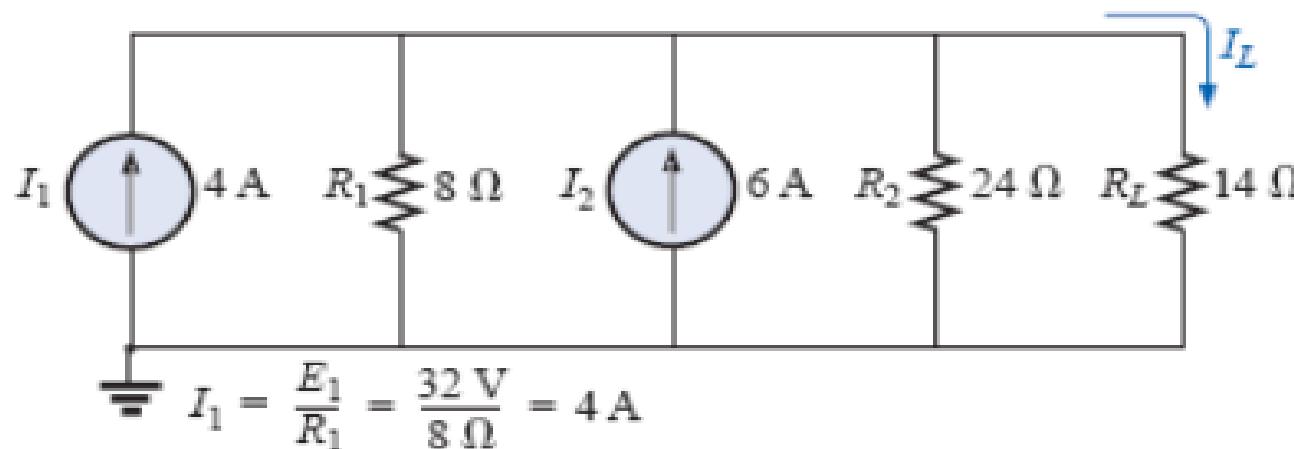
بالتالي، نجد أن التيار  $I_L$  هو ذاته من أجل مصدر الجهد و مصدر التيار المكافئ.

حول الدارة المبينة في الشكل إلى دارة بمصدر واحد للتيار واحسب التيار المار عبر المقاومة  $R_L$ .



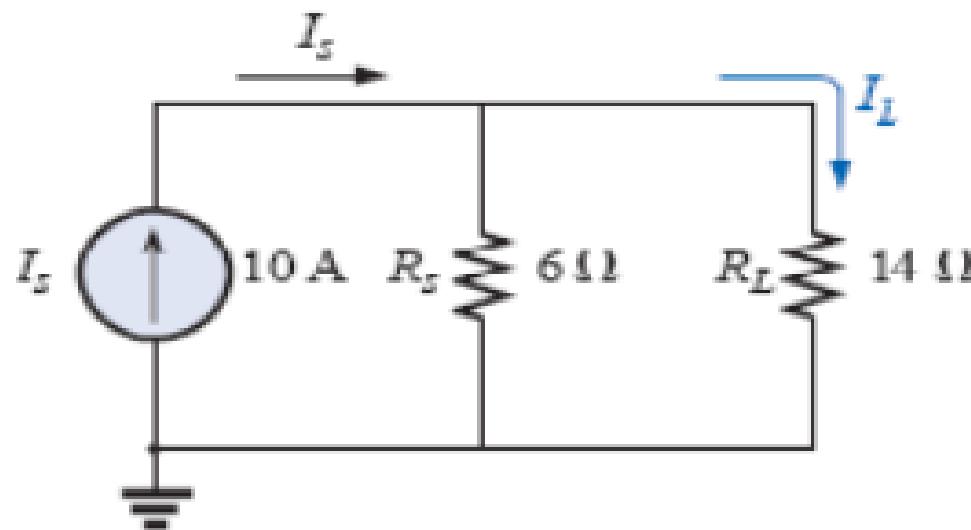
الحل:

نقوم بتحويل مصدر الجهد إلى مصدر تيار كما هو مبين في الشكل



نقوم بـتجميع مصادر التيارات، فنجد أن: ونكون المقاومة الكلية:

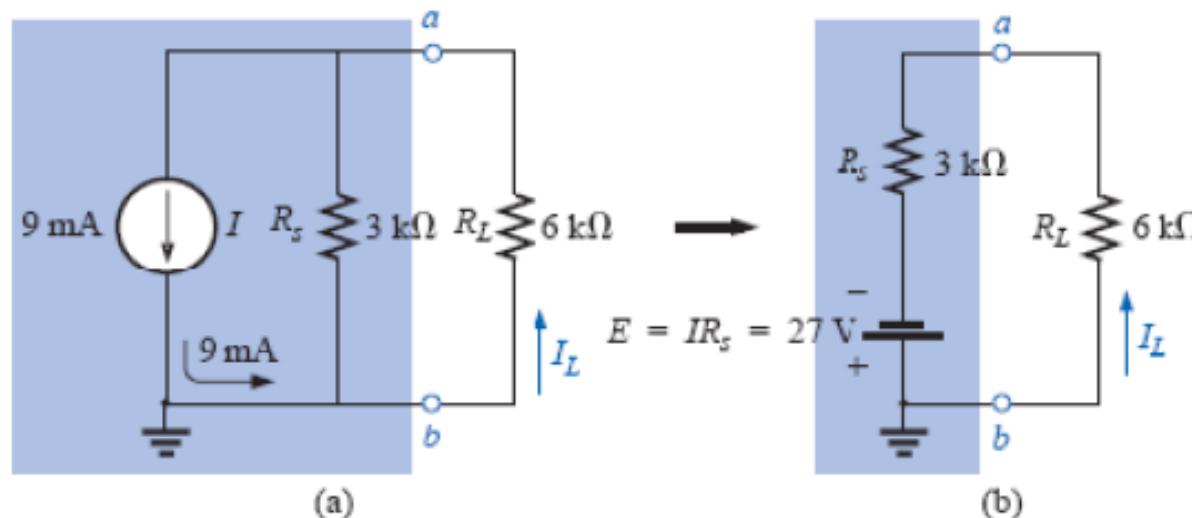
و الآن، نقوم بـرسم الدارة المكافئة، كما هو مبين



بتطبيق قانون قاسم التيار (CDR)، نجد:

$$I_L = \frac{R_s I_s}{R_s + R_L} = \frac{(6 \Omega)(10 \Omega)}{6 \Omega + 10 \Omega} = 3 \text{ A}$$

مثال. لتكن الدارة المبينة في الشكل (a). حول مصدر التيار إلى مصدر للجهد واحسب تيار الحمل  $I_L$  لكل مصدر.



الحل:

من الشكل، نجد أن:

و بالتالي تكون الدارة المكافئة، المبينة في الشكل(b) ومنه:

من الشكل (a)

$$I_L = \frac{R_s I}{R_s + R_L} = \frac{(3\text{ k}\Omega)(9\text{ mA})}{3\text{ k}\Omega + 6\text{ k}\Omega} = \frac{27\text{ V}}{9\text{ k}\Omega} = 3\text{ mA}$$

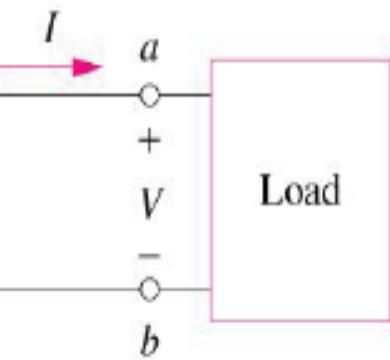
الشكل (b)

$$I_L = \frac{E}{R_s + R_L} = \frac{27\text{ V}}{3\text{ k}\Omega + 6\text{ k}\Omega} = \frac{27\text{ V}}{9\text{ k}\Omega} = 3\text{ mA}$$

# Thevenin's Theorem

## نظرية ثيفينن

Linear  
two-terminal  
circuit



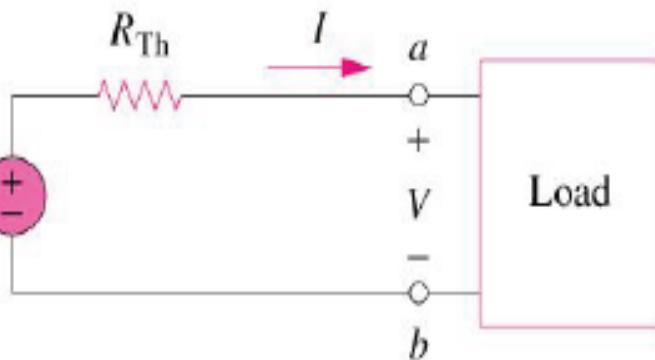
(a)

و تنص على أنه يمكن استبدال أي دارة خطية بقطبين (Fig. a) بدار مكافئة (Fig. b) مولفة من منبع جهد ( $V_{TH}$ ) و مقاومة على التسلسل ( $R_{TH}$ ).

بحيث أن:

- الجهد ( $V_{TH}$ ) هو جهد الدارة المفتوحة عند القطبين.
- ال مقاومة ( $R_{TH}$ ) هي مقاومة المكافئة عند القطبين عندما تكون منابع الجهد ملغاة (short circuit).

$$I_L = V_{TH} / (R_{TH} + R_L)$$
$$V_L = I_L \cdot R_L$$



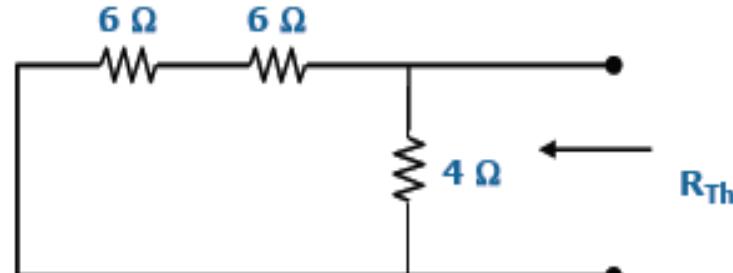
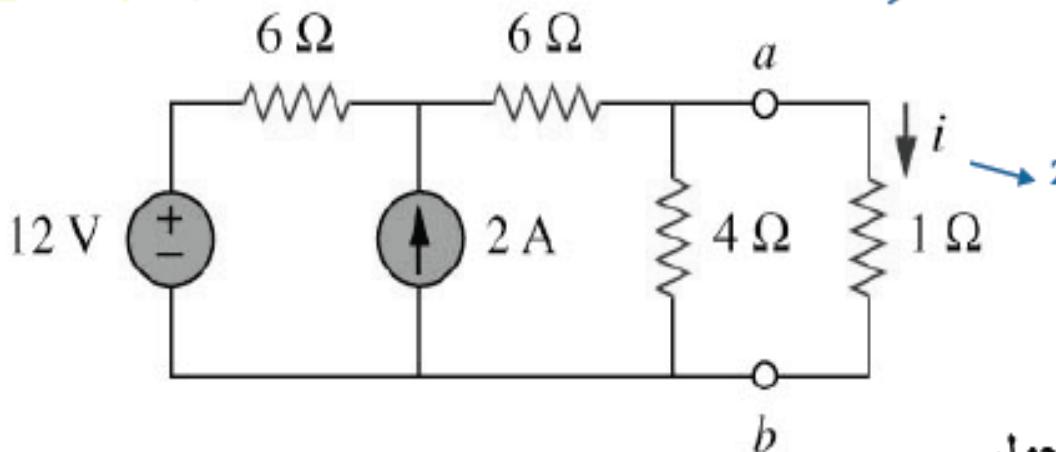
(b)

# Thevenin's Theorem

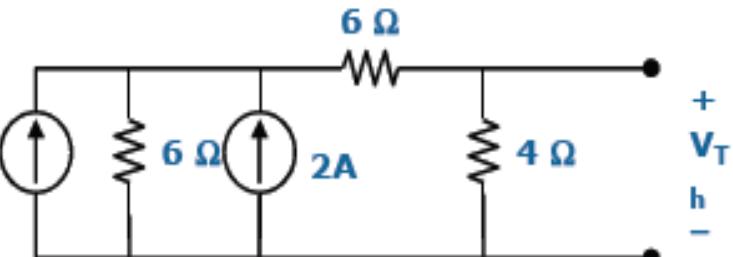
الشرح للحل  
موجود على  
صفحة التلغرام

## Example 5

باستخدام نظرية ثيفينين، أوجد الدارة المكافئة  
بين الطرفين (a,b) و كذلك التيار (i).



(a)



(b)

نجمع منبعي التيار: ( $i = 2 + 2 = 4A$ ) ثم نحول  
الممنوع الناتج إلى منبع ثيفينين و نحسب التيار ثم نطبق  
قانون أوم :  $V_{TH} = I \cdot R$

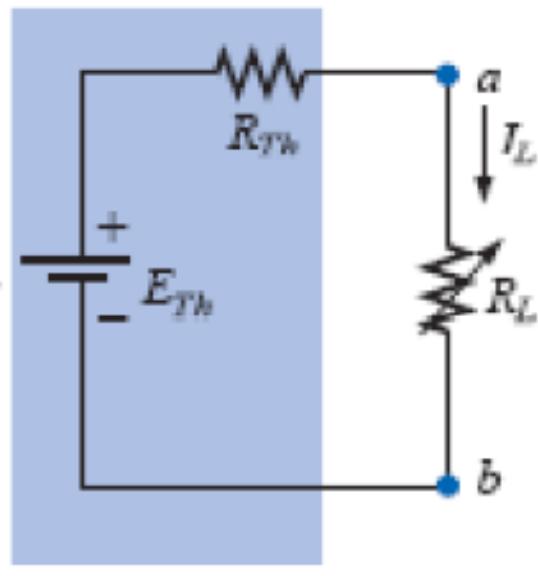
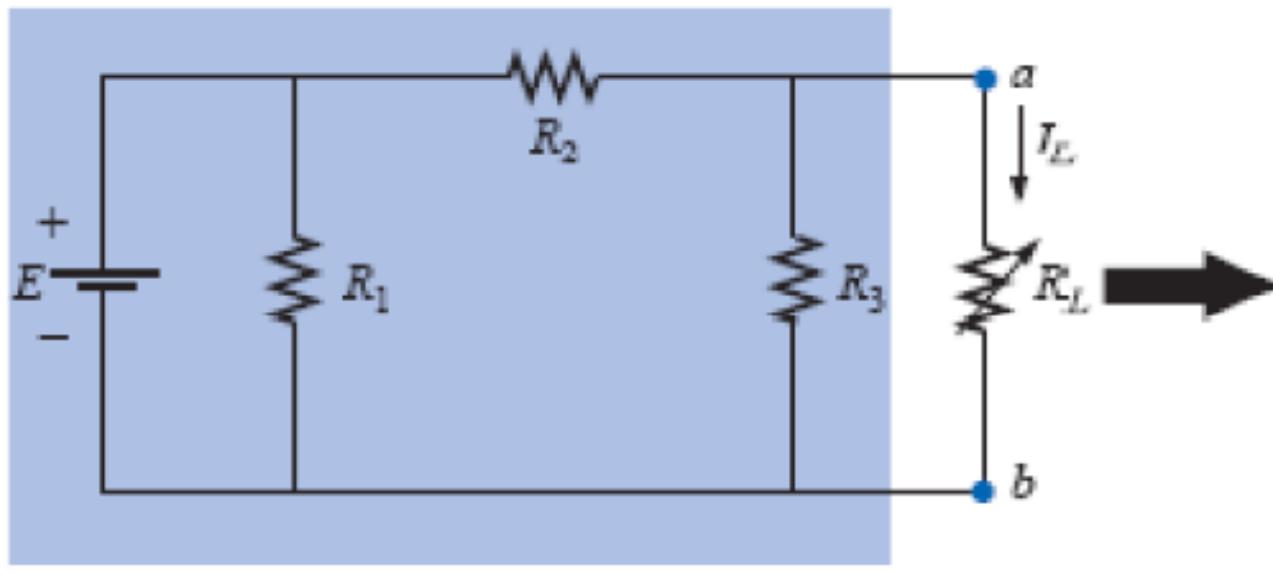
Answer  $V_{TH} = 6V$ ,  $R_{TH} = 3\Omega$ ,  $i = 1.5A$

## تتلخص آلية عمل نظرية ثفنن وفق التالي:

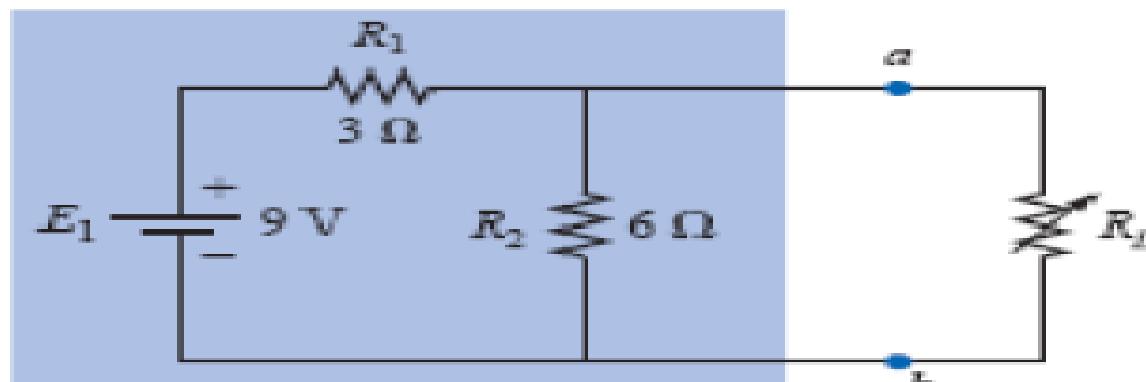
1. حذف ذلك الجزء من الدارة والذي من خلاله يتم إيجاد دارة ثفنن المكافأة. ففي الشكل يكون مطلوب حذف المقاومة المُتغيرة  $R_L$  بشكل مؤقت.
2. ترميز أطراف الدارة، كما هو مبين في الشكل، فتكون الدارة ذات مخرجان  $a$  و  $b$ .  
حساب المقاومة المكافأة  $: R_{Th}$
3. جعل جميع مصادر التغذية في الدارة متساوية للصفر، أي استبدال جميع مصادر الجهد بدارة مغلقة ومصادر التيار بدارة مفتوحة. وبالتالي حساب المقاومة الكلية الناتجة بين مخرجي الدارة  $a$  و  $b$ .

## حساب المصدر المكافئ : $E_{Th}$

4. إعادة جميع المصادر إلى حالتها الأصلية، ومن ثم إيجاد جهد الدارة المفتوحة (open-circuit) بين مخرجى الدارة  $a$  و  $b$ ، وهو ما يسمى مصدر ثفنن للتغذية voltage .  $E_{Th}$
5. رسم دارة ثفنن المكافئ، والتي تحتوى على المقاومة المكافئة  $R_{Th}$  مربوطة على التسلسل مع المصدر  $E_{Th}$  وكذلك الجزء الذي تم حذفه مؤقتاً في الخطوة الأولى، كما هو مبين في الشكل (b).

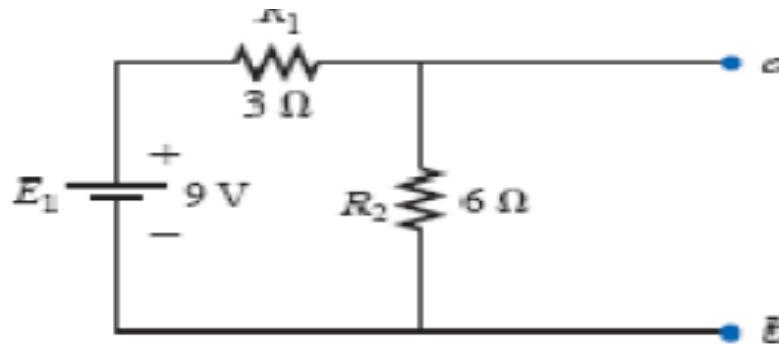


**مثال** أوجد دارة ثفنن المكافئة للدارة في القسم المظلل من الشكل ومن ثم أوجد التيار المار في المقاومة  $R_L$  عندما تكون قيمتها 2 أوم، 10 أوم و 100 أوم.



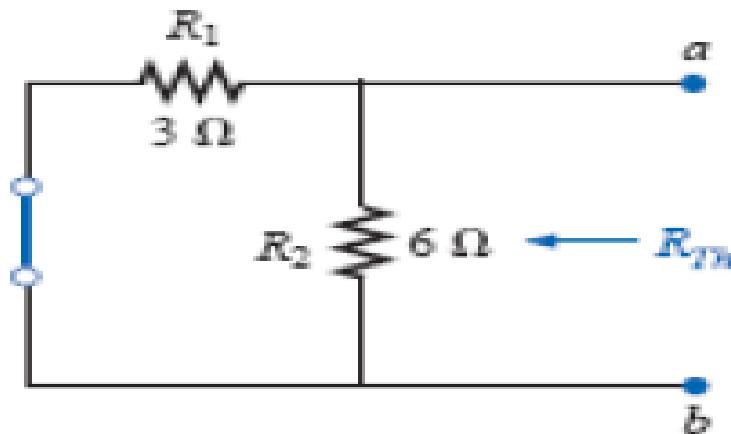
الحل:

خطوة 1 و 2 : حذف مؤقت للمقاومة المتغيرة  $R_L$  وتحديد مخارج الدارة a و b،



خطوة 3: لحساب المقاومة المكافئة  $R_{Th}$ ، نستبدل مصدر التغذية  $E_1$  بدارة مكافئة مغلقة، فتكون مقاومة ثفنن المكافئة:

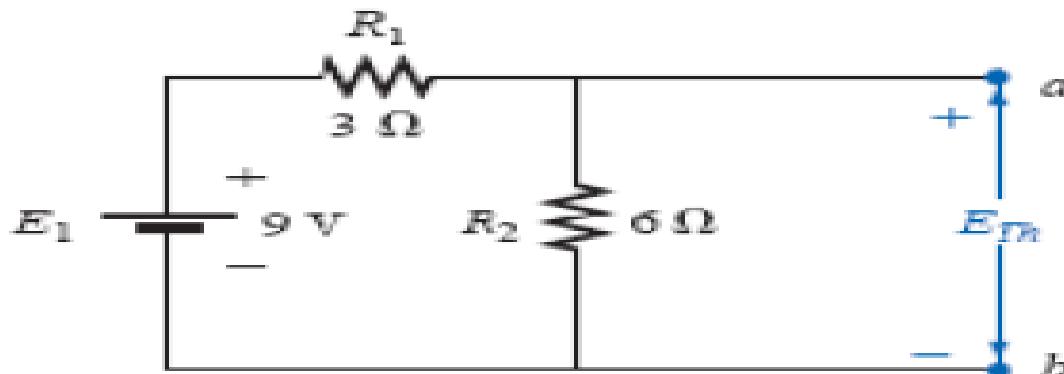
$$R_{Th} = R_1 \parallel R_2 = \frac{(3\Omega)(6\Omega)}{3\Omega + 6\Omega} = 2\Omega$$



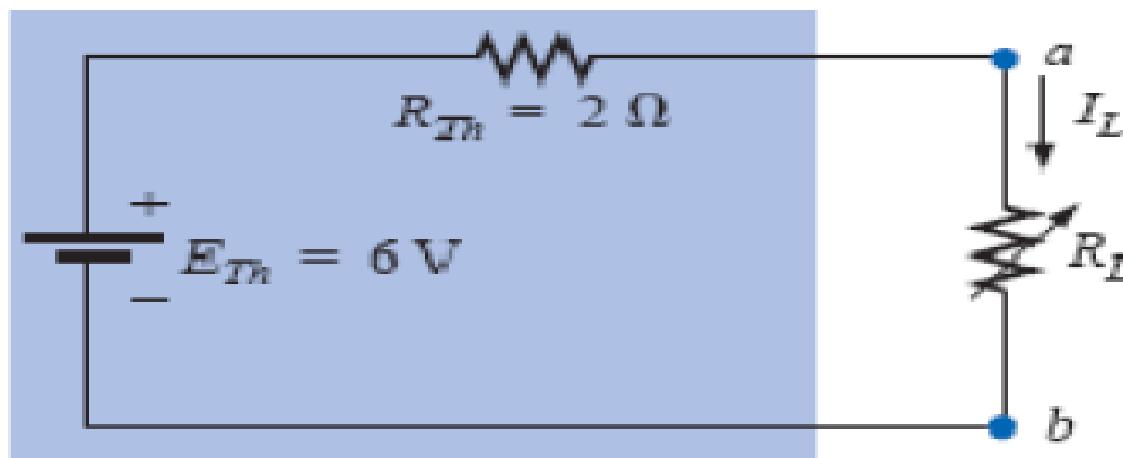
خطوة 4: من أجل حساب  $E_{Th}$  نعيد المصدر  $E_1$  إلى وضعه الأصلي، في هذه الحالة، تكون قيمة جهد الدارة المفتوحة  $E_{Th}$  بين الطرفين (المخرجين)  $a$  و  $b$  هي نفس قيمة هبوط الجهد على المقاومة  $R_2 = 6\Omega$ . و بتطبيق قانون قاسم الجهد،

$$E_{Th} = \frac{R_2 E_1}{R_2 + R_1} = \frac{(6\Omega)(9V)}{6\Omega + 3\Omega} = \frac{54V}{9\Omega} = 6V$$

نجد:



خطوة 5: نرسم دارة ثفنن المكافئة، مع إعادة المقاومة المحذوفة  $R_L$ ، كما هو مبين في الشكل



عندئذ، يكون:

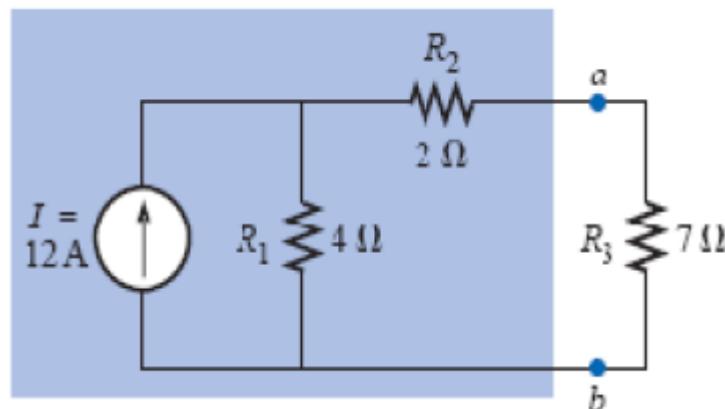
$$I_L = \frac{E_{Th}}{R_{Th} + R_L}$$

$$R_L = 2 \Omega : \quad I_L = \frac{6 \text{ V}}{2 \Omega + 2 \Omega} = 1.5 \text{ A}$$

$$R_L = 10 \Omega : \quad I_L = \frac{6 \text{ V}}{2 \Omega + 10 \Omega} = 0.5 \text{ A}$$

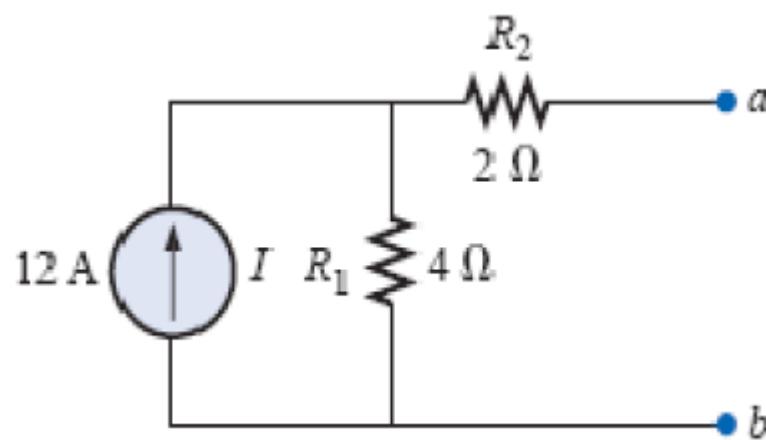
$$R_L = 100 \Omega : \quad I_L = \frac{6 \text{ V}}{2 \Omega + 100 \Omega} = 0.06 \text{ A}$$

**مثال** أوجد دارة ثفنن المكافئة للدارة في القسم المظلل من الشكل

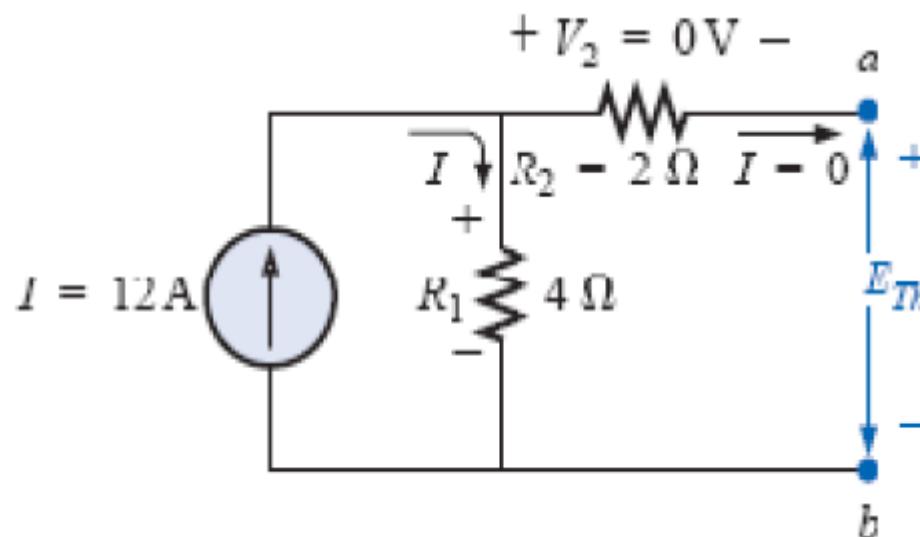


**الحل:**

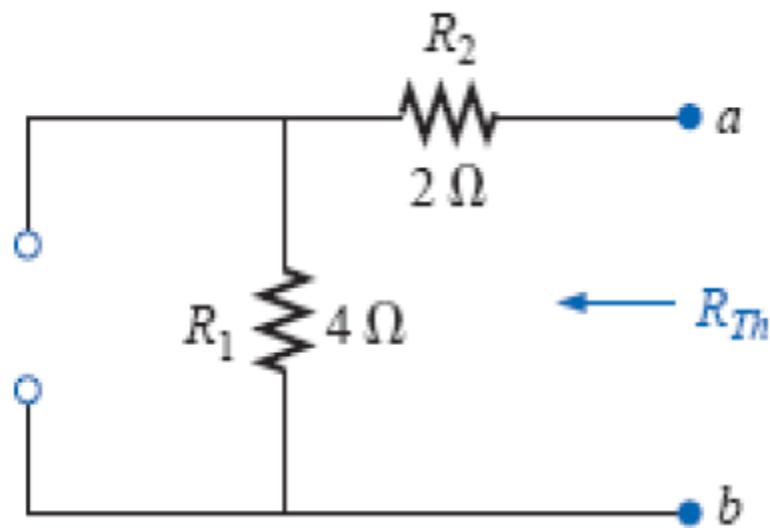
خطوة 1 و 2 : حذف مؤقت للمقاومة المتغيرة  $R_3$  وتحديد مخارج الدارة  $a$  و  $b$



خطوة 3: لحساب المقاومة المكافئة  $R_{Th}$  ، نستبدل مصدر التغذية  $I$  بدارة مكافئة مفتوحة، الشكل

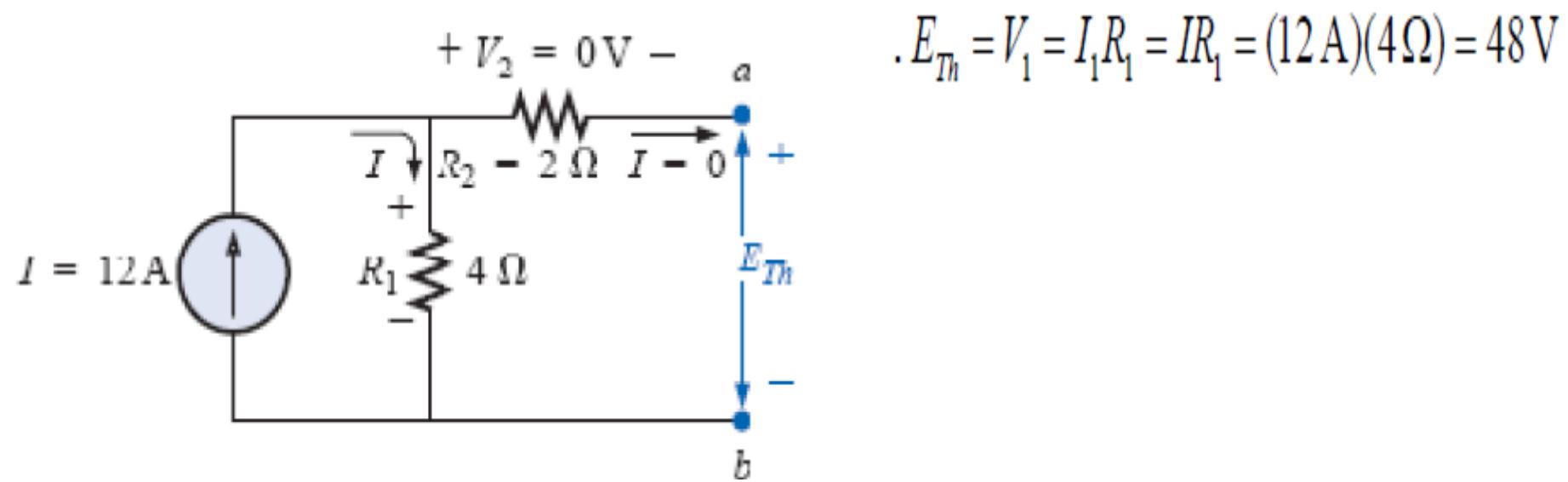


بالنتيجة، تصبح المقاومتين  $R_1$  و  $R_2$  على التسلسل، وبالتالي تكون مقاومة ثفنن المكافئة بين المخرجين  $a$  و  $b$ :

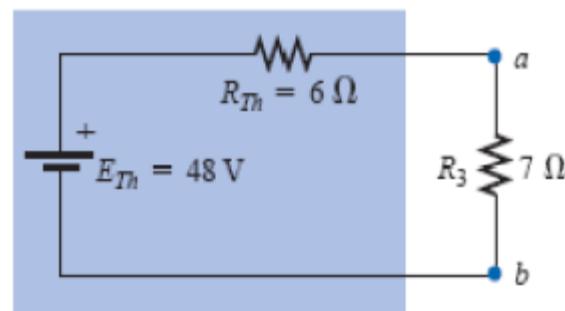


$$R_{Th} = R_1 + R_2 = 4\Omega + 2\Omega = 6\Omega$$

خطوة 4: من أجل حساب  $E_{Th}$  نعيد المصدر  $I$  إلى وضعه الأصلي، الشكل في هذه الحالة، يكون التيار المار في الدارة المفتوحة بين الطرفين (المخرجين)  $a$  و  $b$ ، وأيضاً عبر المقاومة  $R_2 = 2\Omega$ ، مساوياً للصفر. وعندئذ، يكون الجهد الموزع على طرفي المقاومة  $R_2$  مساوياً:  $V_2 = I_2 R_2 = (0)R_2 = 0$  V، وبالتالي:

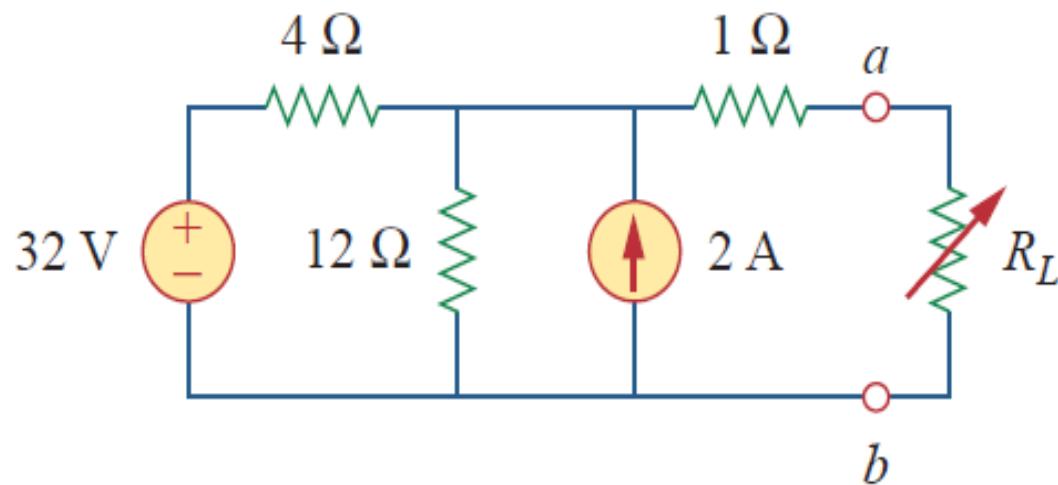


خطوة 5: نرسم دارة ثقن المكافئة، مع إعادة المقاومة المحذوفة  $R_2$ ، كما هو مبين في الشكل



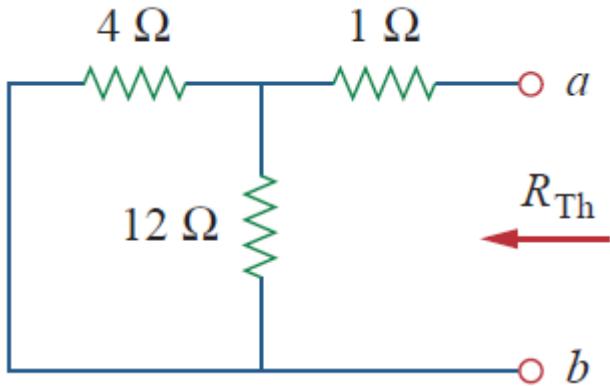
Find the Thevenin equivalent circuit of the circuit shown in Fig. to the left of the terminals  $a-b$ . Then find the current through  $R_L = 6, 16$ , and  $36 \Omega$ .

مسألة شاملة:



أوجد دارة ثفنن المكافئة للدارة الموجودة على يسارقطبين  $a$  و  $b$  ثم أوجد التيار المار في المقاومة المتغيرة من أجل القيم المطلوبة في الاعلى؟

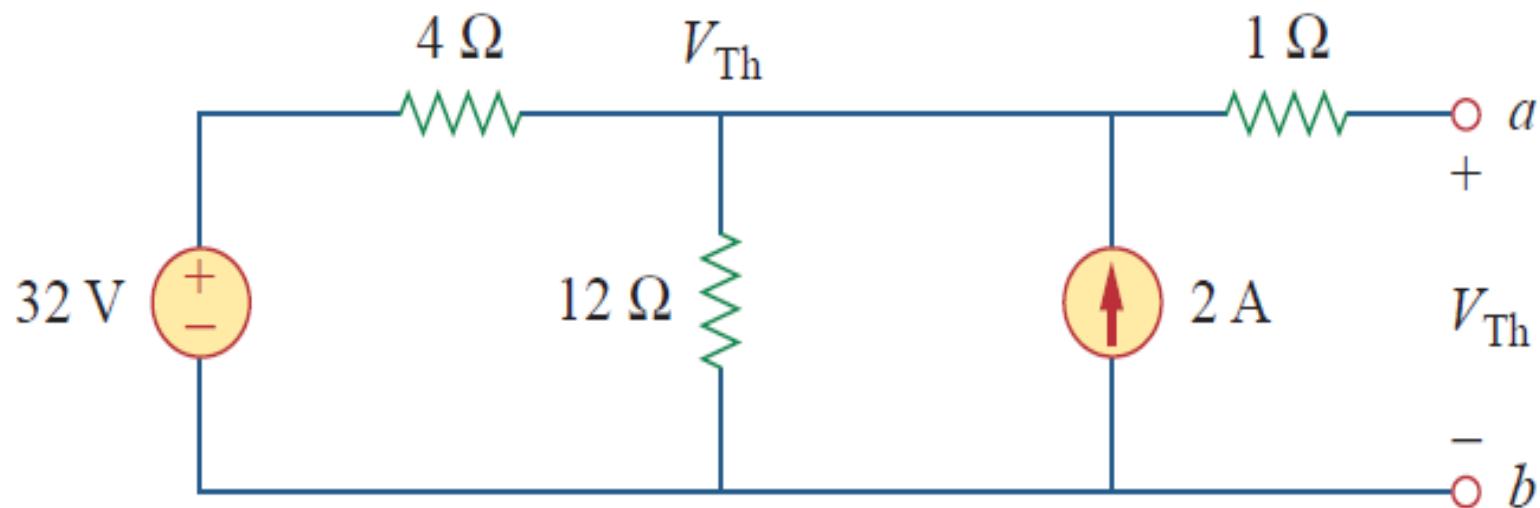
الشرح للحل  
موجود على  
صفحة  
التلغرام



أولاً: نوجد مقاومة ثفنن:

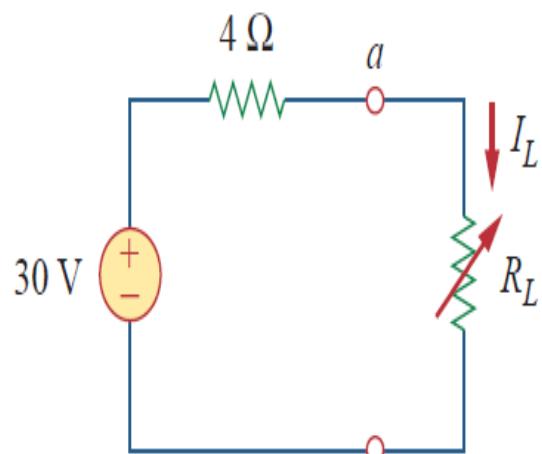
$$R_{Th} = 4 \Omega$$

ثانياً: نوجد جهد ثفنن:



$$V_{Th} = 30 \text{ V}$$

ثالثاً: نوجد التيار على طرفي المقاومة المتغيرة بعد أن تصبح الدارة كما يلي :



$$I_L = \frac{V_{\text{Th}}}{R_{\text{Th}} + R_L} = \frac{30}{4 + R_L}$$

When  $R_L = 6$ ,

$$I_L = \frac{30}{10} = 3 \text{ A}$$

When  $R_L = 16$ ,

$$I_L = \frac{30}{20} = 1.5 \text{ A}$$

When  $R_L = 36$ ,

$$I_L = \frac{30}{40} = 0.75 \text{ A}$$

# Norton's Theorem

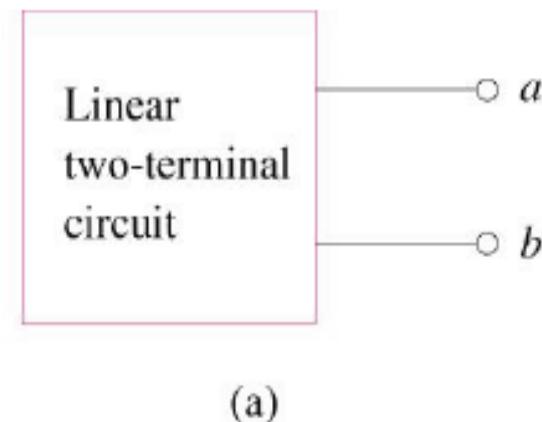
## نظرية نورتن

و تنص على أنه يمكن استبدال أي دارة خطية بقطبين (Fig. a) بدارة مكافئة (Fig. b) مولفة من منبع تيار ( $I_N$ ) و مقاومة على التفرع ( $R_N$ ).

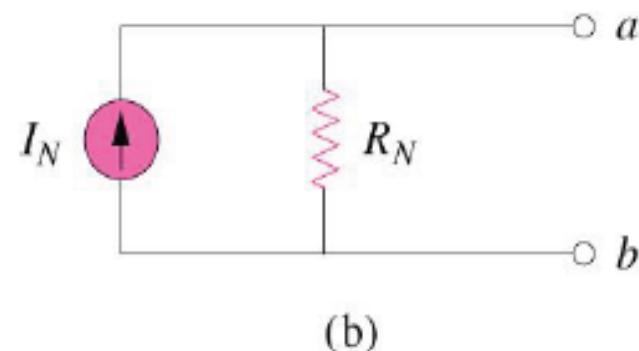
حيث أن:

- التيار ( $I_N$ ) هو تيار دارة القصر عبر القطبين.
- المقاومة ( $R_N$ ) هي مقاومة المكافئة عند القطبين عندما تكون منابع التيار ملغاة (open circuit).

$$I_N = V_{Th} / R_{Th}, \quad R_N = R_{Th}$$



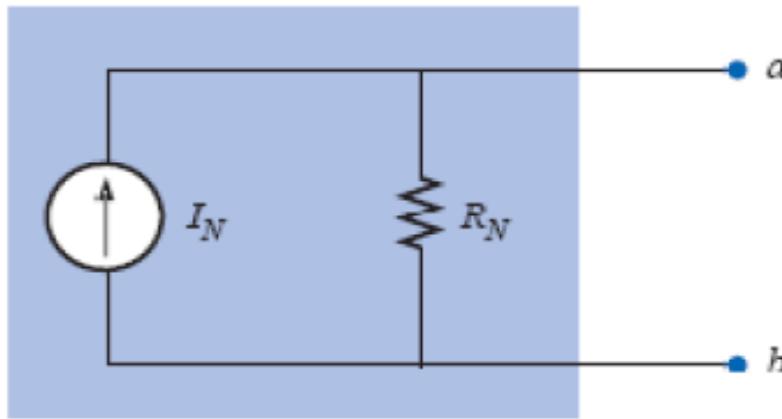
(a)



(b)

The Thevenin's and Norton equivalent circuits are related by a source transformation.

تتلخص آلية عمل نظرية نورتن وفق التالي:



1. حذف ذلك الجزء من الدارة (بشكل مؤقت) والذي من خلاله يتم إيجاد دارة نورتن المكافئة.
2. ترميز أطراف الدارة فتكون الدارة ذات مخرجان  $a$  و  $b$ .

حساب المقاومة المكافئة  $: R_N$

3. جعل جميع مصادر التغذية في الدارة مساوية للصفر، أي استبدال جميع مصادر الجهد بدارة مغلقة ومصادر التيار بدارة مفتوحة. وبالتالي حساب المقاومة الكلية الناتجة بين مخرجي الدارة  $a$  و  $b$ . وهنا نلاحظ أن  $R_N = R_{Th}$ .

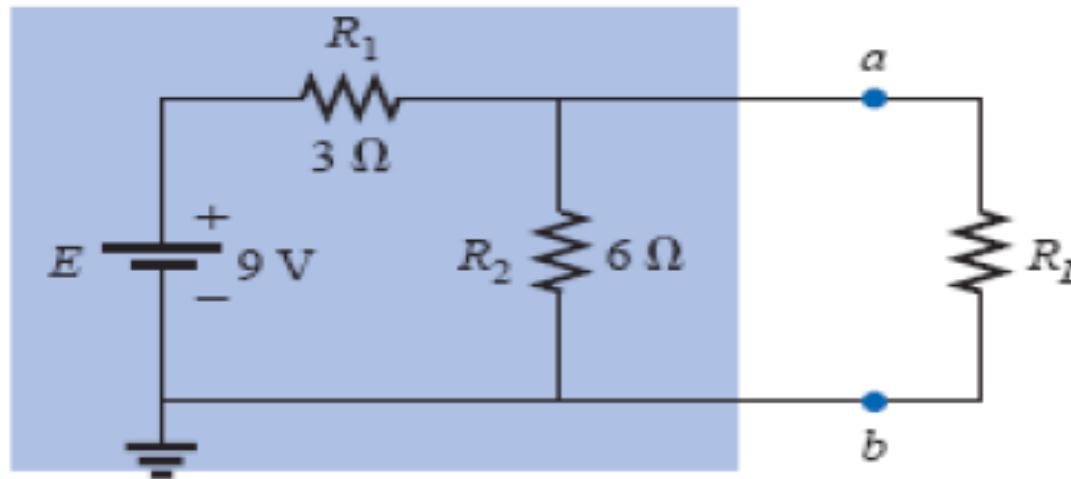
حساب مصدر التيار المكافئ  $: I_N$

4. إعادة جميع المصادر إلى حالتها الأصلية، ومن ثم إيجاد تيار الدارة المغلقة (short-circuit current) بين المخرجين  $a$  و  $b$ ، وهو ما يسمى بمصدر تيار نورتن للتغذية  $I_N$ .

5. رسم دارة نورتن المكافئة، والتي تحتوي على المقاومة المكافئة  $R_N$  مربوطة على التوازي مع المصدر  $I_N$  وكذلك الجزء الذي تم حذفه مؤقتاً في الخطوة الأولى.

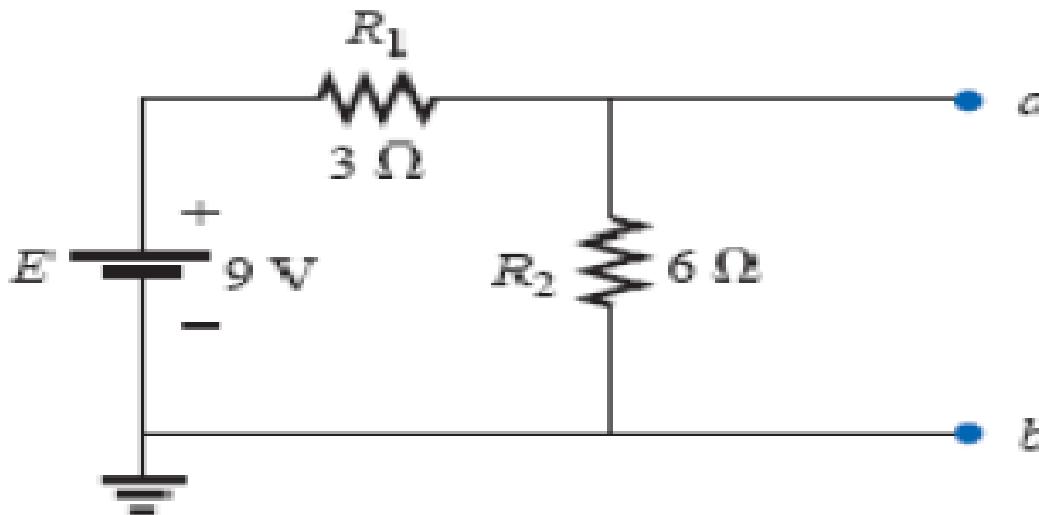
مثال

أوجد دارة نورتن المكافئة للدارة في القسم المظلل من الشكل

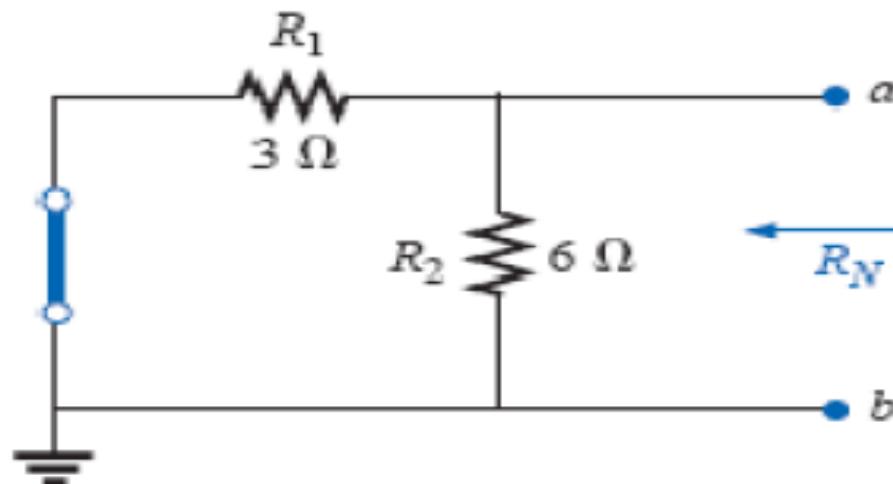


الحل:

خطوة 1 و 2: حذف مؤقت للمقاومة المتغيرة  $R_L$  وتحديد مخارج الدارة  $a$  و  $b$ ، الشكل



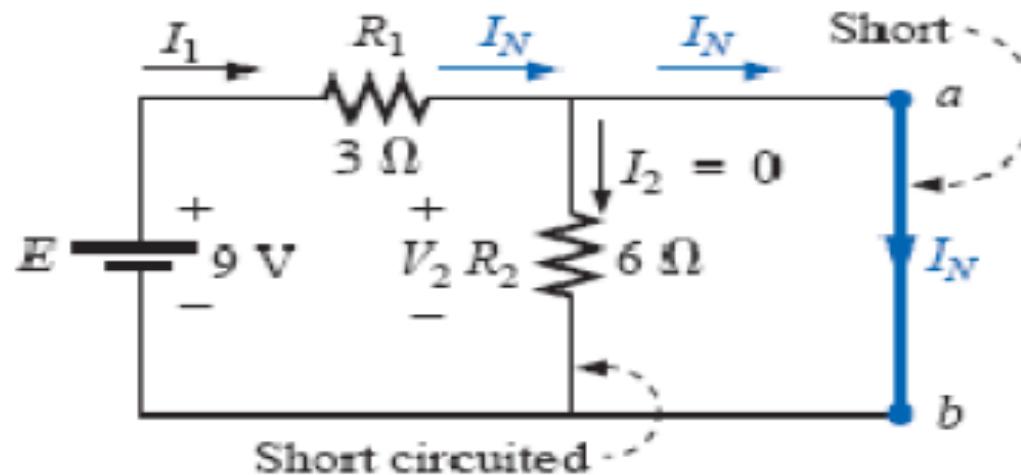
خطوة 3: حساب المقاومة المكافئة  $R_N$ : نبدل مصدر التغذية  $E$  بدارة مكافئة مغلقة، الشكل



وبالتالي، تحسب المقاومة المكافئة على النحو التالي:

$$R_N = R_1 \parallel R_2 = 3\Omega \parallel 6\Omega = \frac{(3\Omega)(6\Omega)}{3\Omega + 6\Omega} = 2\Omega$$

خطوة 4: حساب مصدر التيار المكافئ  $I_N$ : نعيد جميع المصادر الى حالتها الأصلية، أي المصدر  $E$ ، الشكل

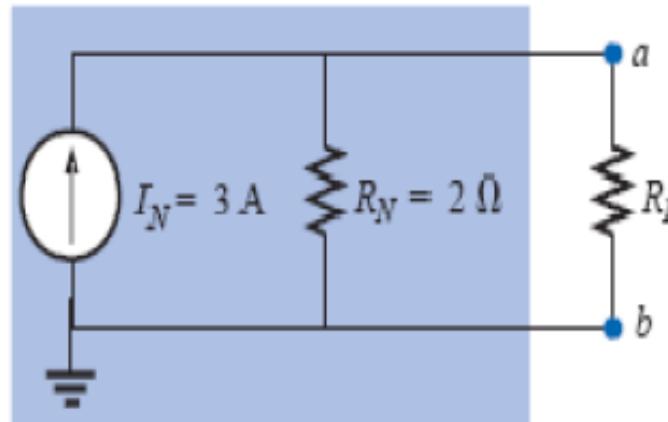


ثم نحسب قيمة تيار الدارة المغلقة  $I_N$  بين المخرجين  $a$  و  $b$ . فمن الشكل نرى بوضوح أن

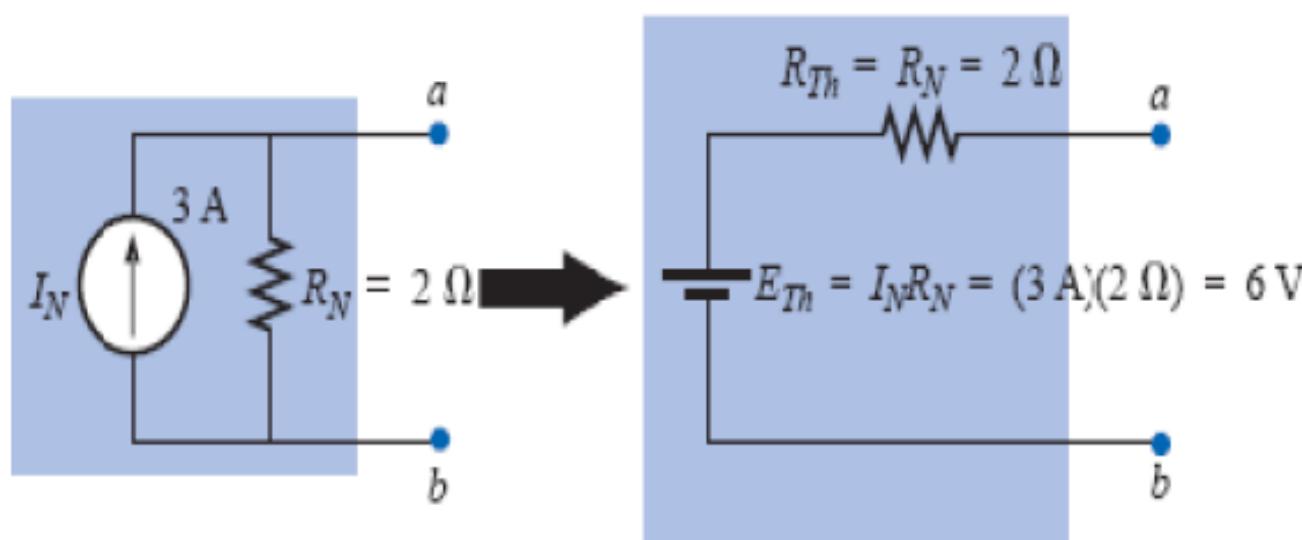
اتصال الدارة المغلقة بين الطرفين  $a$  و  $b$  على التوازي مع المقاومة  $R_2$  ويزيل تأثيرها، مما يجعل التيار  $I_2$  مساوياً للصفر. وعندئذ، يكون التيار  $I_N$  نفس التيار المار عبر المقاومة  $R_1$ ، ويظهر الجهد الكامل عبر هذه المقاومة مساوياً  $V_2 = I_2 R_2 = (0)6\Omega = 0V$ . وبالتالي،

$$I_N = \frac{E}{R_1} = \frac{9V}{3\Omega} = 3A$$

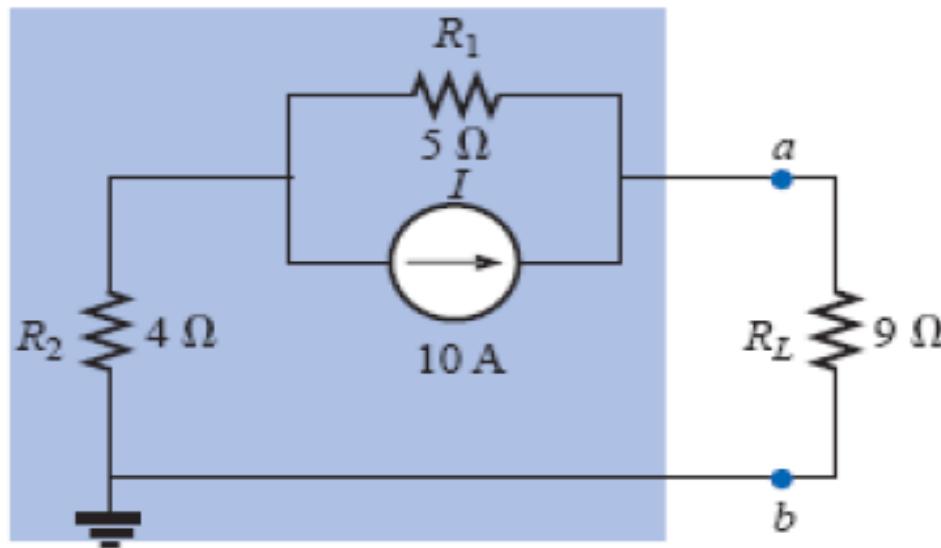
خطوة 5: نرسم دارة نورتن المكافئة، والتي تحتوي على المقاومة المكافئة  $R_N$  مربوطة على التوازي مع المصدر  $I_N$  وكذلك الجزء الذي تم حذفه مؤقتاً في الخطوة الأولى، كما هو مبين في الشكل



ومن هذه الدارة يمكن الحصول على دارة ثفنن المكافئة لدارة الشكل

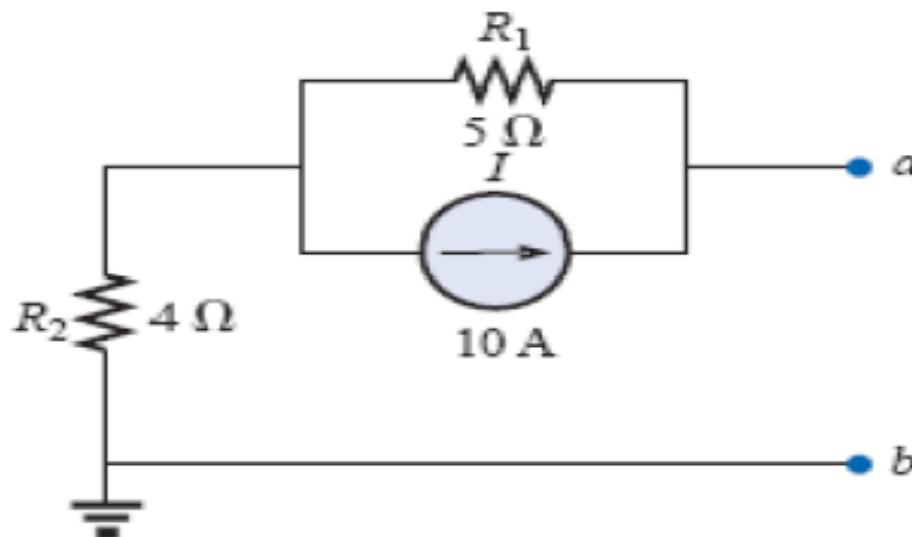


مثال أوجد دارة نورتن المكافئة للدارة في القسم المظلل من الشكل

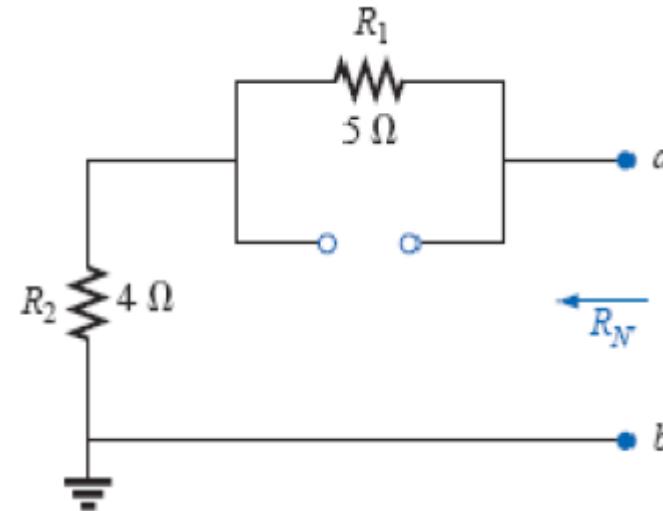


الحل:

خطوة 1 و 2: حذف مؤقت للمقاومة المتغيرة  $R_L$  وتحديد مخارج الدارة  $a$  و  $b$ ، الشكل



خطوة 3: حساب المقاومة المكافئة  $R_N$ : نستبدل مصدر التغذية  $I$  بدارة مفتوحة

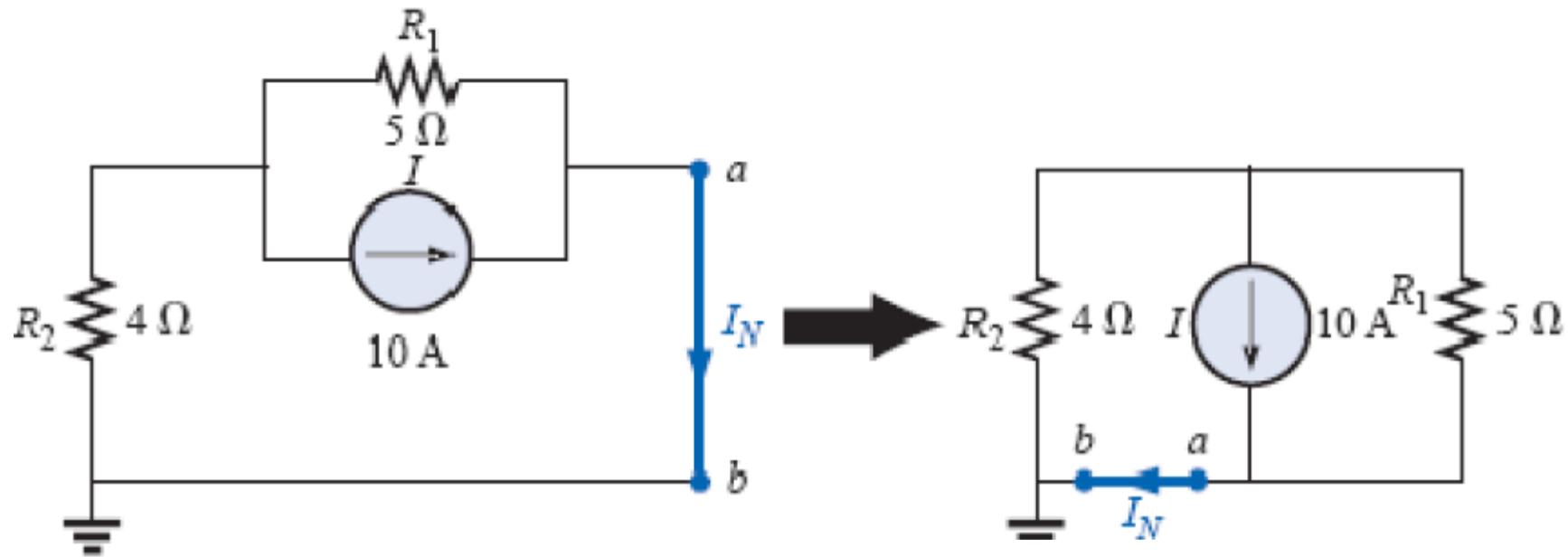


فنحصل على المقاومة المكافئة:

$$R_N = R_1 + R_2 = 5\Omega + 4\Omega = 9\Omega$$

خطوة 4: حساب مصدر التيار المكافئ  $I_N$ : نعيد جميع المصادر الى حالتها الأصلية، أي المصدر  $I$

ثم نحسب قيمة تيار الدارة المغلقة  $I_N$  بين المخرجين  $a$  و  $b$ .



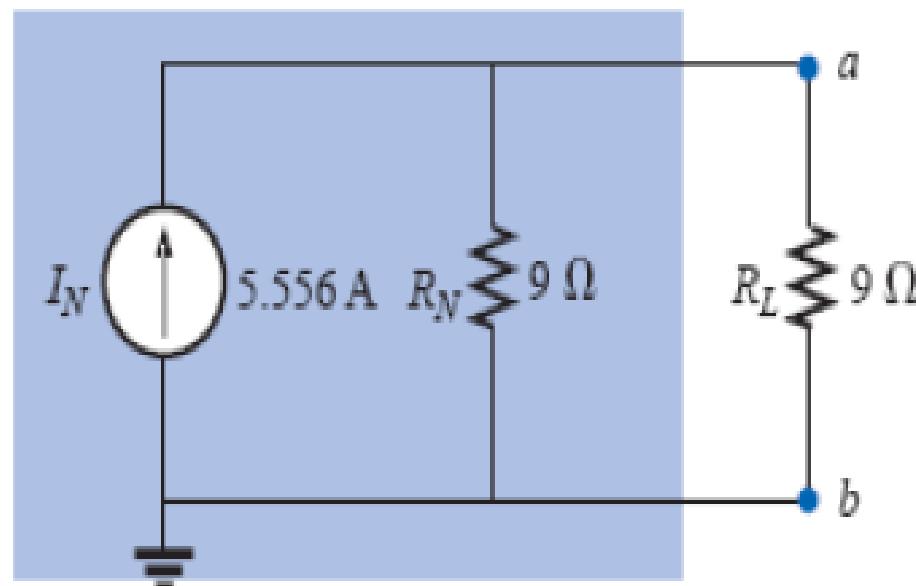
من الشكل نرى أن التيار  $I_N$  هو نفس التيار المار من المقاومة  $R_2 = 4\Omega$

باستخدام قانون قاسم التيار، نجد:

$$I_N = \frac{R_1 I}{R_1 + R_2} = \frac{(5\Omega)(10\text{ A})}{5\Omega + 4\Omega} = 5.556\text{ A}$$

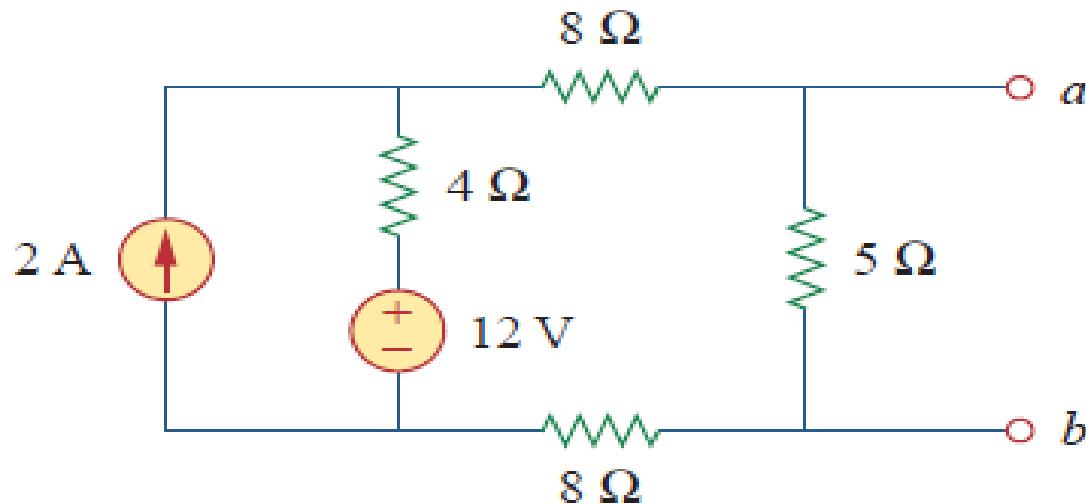
خطوة 5: نرسم دارة نورتن المكافئة، والتي تحتوي على المقاومة المكافئة  $R_N$  مربوطة على التوازي مع المصدر  $I_N$

وكذلك الجزء الذي تم حذفه مؤقتاً في الخطوة الأولى، كما هو مبين في الشكل

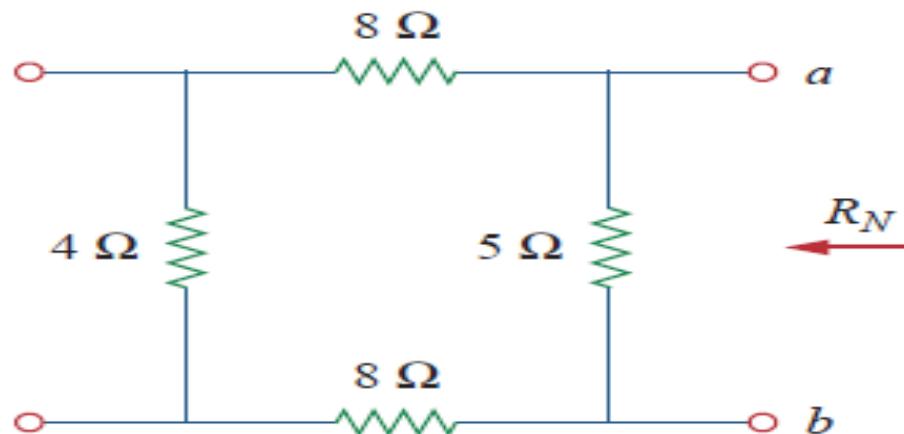


Find the Norton equivalent circuit of the circuit in at terminals  $a-b$ .

مسألة شاملة:



أوجد دارة نورتن  
المكافئة للدارة  
الموجودة على يسار  
القطبين أ و ب

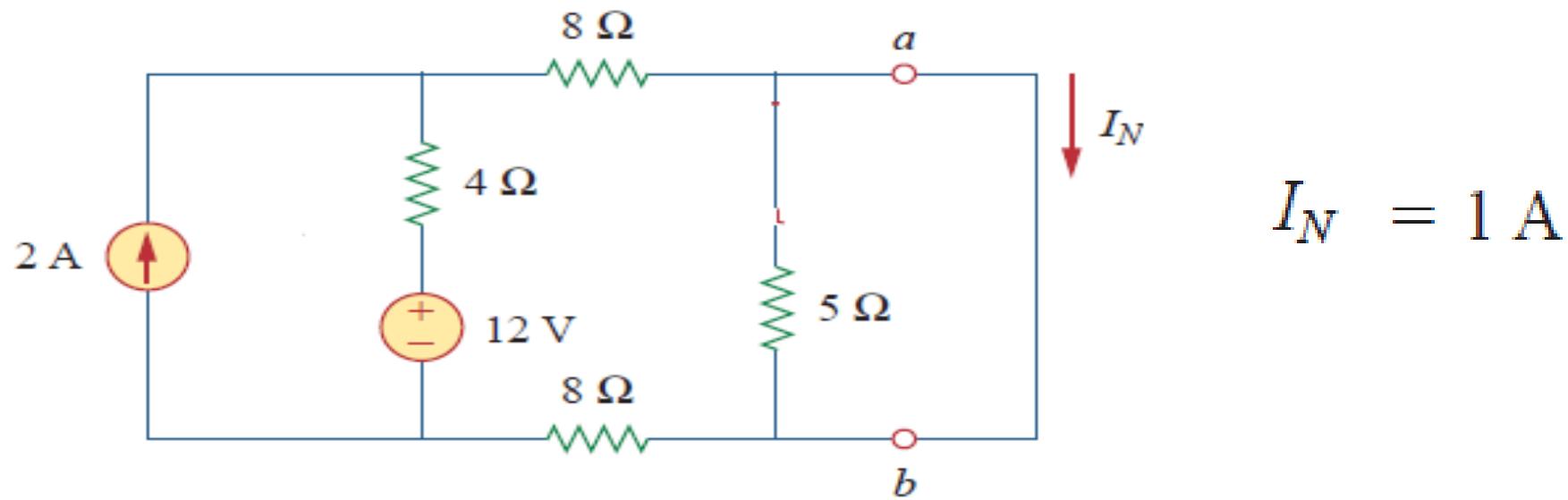


أولاً: نوجد مقاومة نورتن:

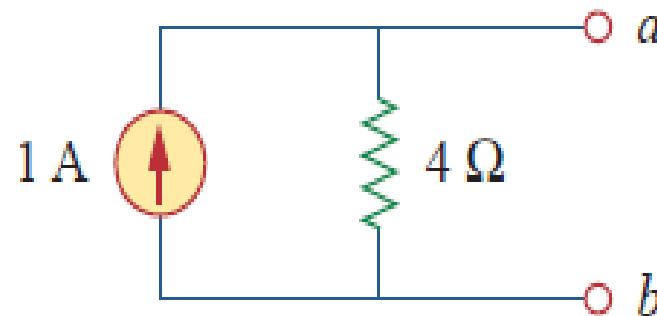
الشرح للحل  
موجود على  
صفحة التلغرام

$$R_N = 5 \parallel (8 + 4 + 8) = 5 \parallel 20 = \frac{20 \times 5}{25} = 4 \Omega$$

ثانياً: نوجد تيار نورتن باستخدام نظرية التراكم :

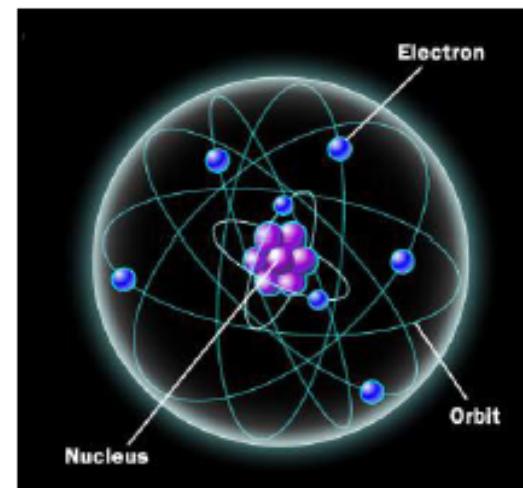
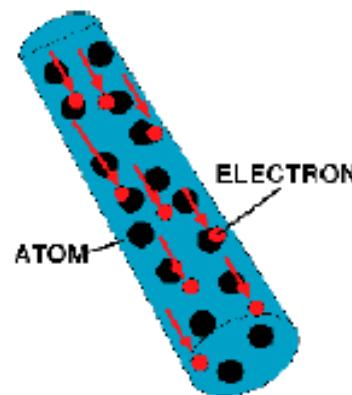


ثالثاً: تصبح الدارة كما يلي:



# What is Electricity

- أي مادة تتتألف من ذرات.
- تتتألف الذرة من نواة، الالكترونات، بروتونات و نترونات.
- تتجاذب الالكترونات و البروتونات مما يجعل الذرة متماسكة.
- تملك بعض المواد تجاذبات قوية و ترفض التخلی عن الالكترونات: مواد عازلة (الهواء و الزجاج و البلاستيك).
- و بعض المواد تملك تجاذبات ضعيفة و يمكنها التخلی عن الالكترونات: مواد ناقلة (النحاس، الفضة، الذهب و الألمنيوم).
- نتيجة مهمة: يمكن للإلكترونات الحرة أن تتحرك من ذرة إلى أخرى و هذا ما يدعى بالتيار الكهربائي.



# أنصاف النواقل **Semiconductors**

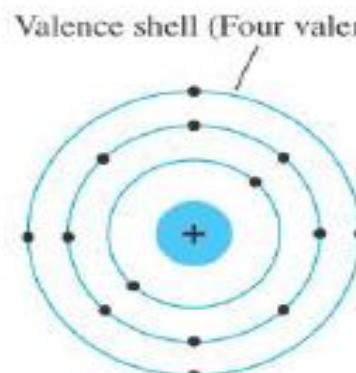
- نصف الناقل هو المادة التي خواصها ليست كخواص المواد الناقلة و لا العازلة.
- أشهر أنصاف النواقل:
- الأساسية : و هي السيلكون (Si - Silicon) و هو الأكثر شيوعا و الجرمانيوم (Ge - Germanium)
- المركبة: أي تتألف من أكثر من مادة كالفوسفور و الغاليم ( - GaP - Aluminum)، الفوسفور و الألمنيوم (Gallium phosphors phosphors)، الخ.
- يعتبر السيلكون النقي (Pure) هو المادة الأساسية التي تدخل في تصنيع أنصاف النواقل (semiconductor) (ديود، الترانزستور). يمكن تعديل ناقلة أنصاف النواقل من خلال إضافة الشوائب إليها (impurities).

# Atomic structure of Semiconductors

## البنية الذرية لأنصاف النواقل

للفهم

Valence shell (Four valence electrons)



Silicon

(a)

Valence electron

Shells

Orbiting electrons

Nucleus

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

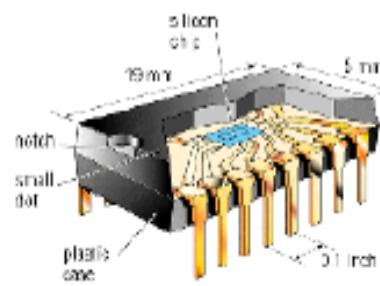
+

# What's so special about Silicon?

► يتميز السيليكون بأنه رخيص السعر و يملك خواص ميكانيكية و كيميائية و الالكترونية متميزة.

► المادة معروفة و متوفرة (من الرمل).

► يدخل السيليكون في تصنيع الدارات (الشراوح) المتكاملة:

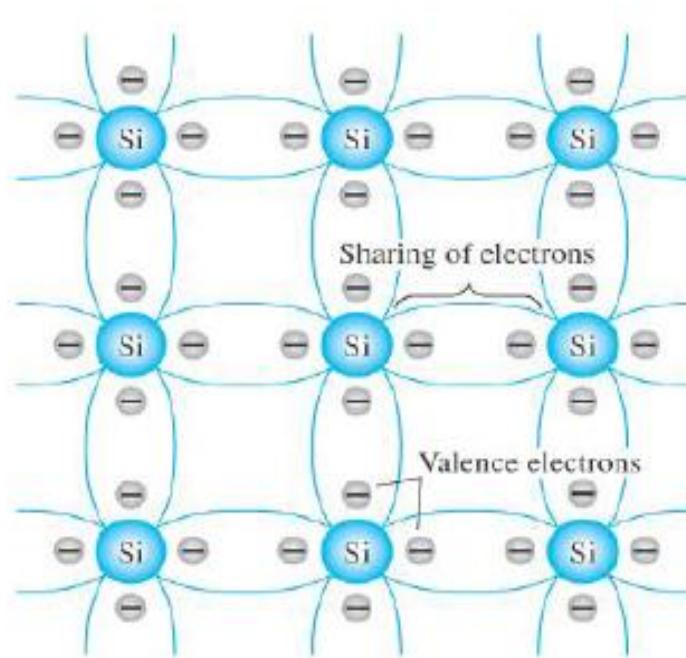


IC

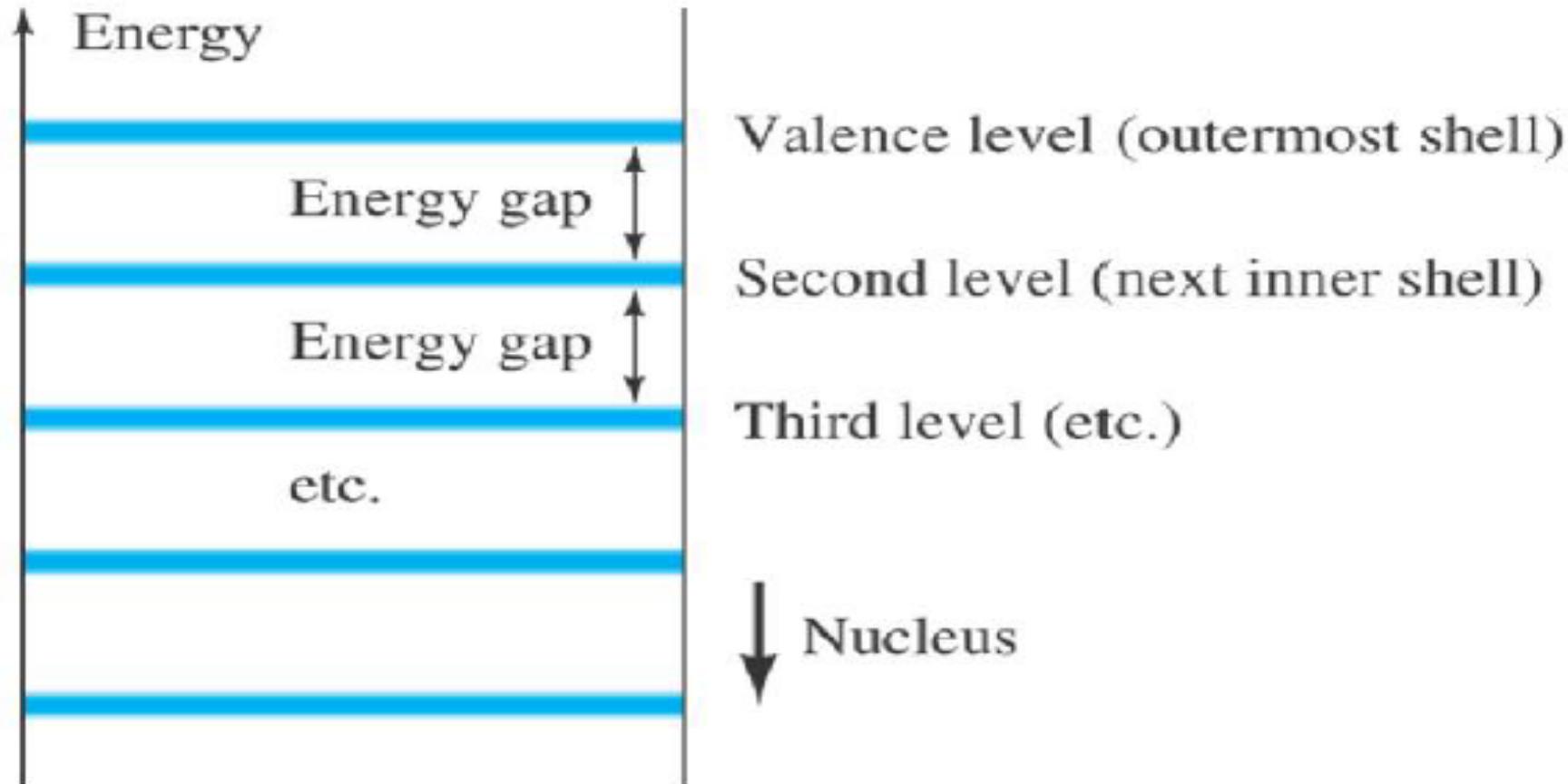
# Nature of Intrinsic Silicon

## طبيعة السيلكون النقي

- يسمى السيلكون بدون عملية إشابة (doping) بالسيلكون النقي (pure) (intrinsic).
- يملك السيلكون على أربع الالكترونات تكافئ و التي تشكل أربع روابط مع ذرات السيلكون المجاورة كما هو موضح.



# Energy levels سويات الطاقة

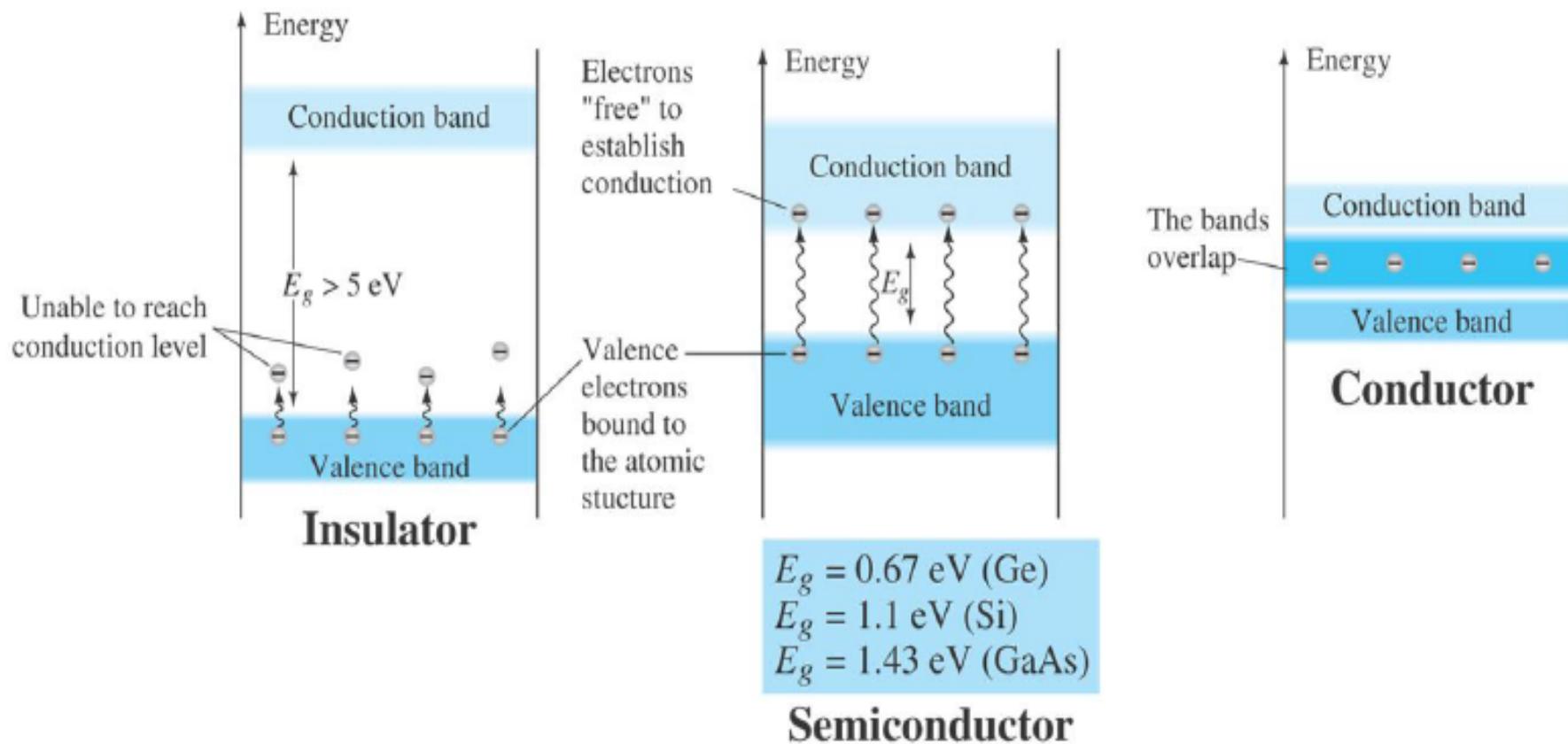


(a)

**Discrete levels in isolated atomic structures**

# Insulators, Semiconductors, and Metals

لِفْلِم



(b)

Conduction and valence bands of an insulator, a semiconductor, and a conductor

# Insulators, Semiconductors, and Metals

- يحدد التباعد بين مدار (سوية) التكافؤ و مدار الناقلة خواص المولد.
  - العوازل: تملك فراغ طافي كبير.
    - لا تستطيع الالكترونات الانتقال من سوية التكافؤ إلى سوية الناقلة.
    - لا تمرر تيار.
  - التواقل: لديها فراغ طافي صغير جدا.
    - يمكن للالكترونات أن تقفز بسهولة إلى سوية الناقلة نتيجة الطاقة الحرارية.
    - تمرر التيار بسهولة.
  - أنصاف التواقل: لديها فراغ طافي متوسط.
    - فقط بعض الالكترونات يمكنها القفز إلى سوية الناقلة تاركتا ورائها ما يسمى بالثقوب (holes) و يعرف الثقب على أنه مكان شاغر للكثرون في سوية التكافؤ.
    - تمرر تيار صغير.

# Hole - Electron Pairs

## زوج الالكترون ثقب

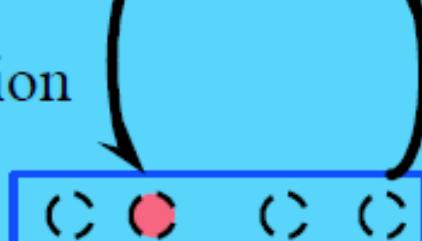
- في بعض الأحيان فإن الطاقة الحرارية كافية لجعل الالكترون يقفز من سوية التكافؤ إلى سوية الناقلية و هذا ما يمثل مفهوم زوج الالكترون ثقب وفق الشكل.
- من جهة أخرى، يمكن لالكترونات بالعودة (الهبوط) من سوية الناقلية إلى سوية التكافؤ للتتحد مع التفوب ملغيتا بذلك أزواج الالكترون ثقب.

### Conduction Band



pair elimination

pair creation



### Valence Band

○ hole

● electron

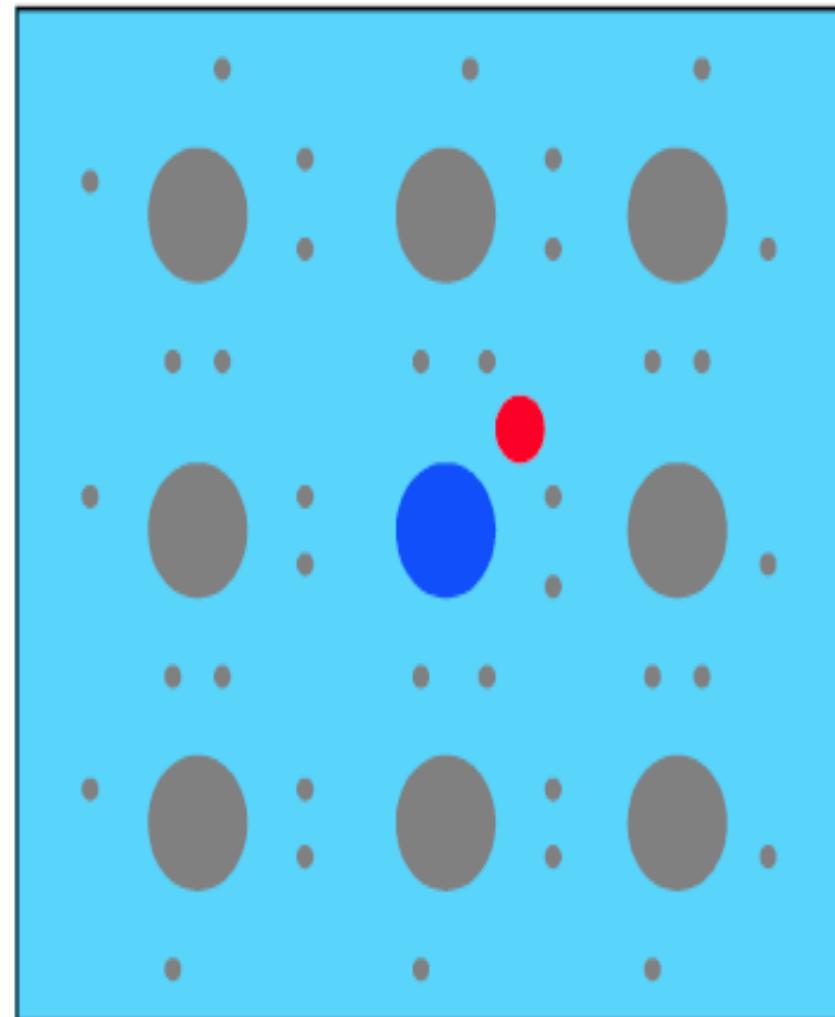
# Improving Conduction by Doping

## تحسين الناقلة من خلال الإشبابة

- يمكن زيادة ناقلة أنصاف النواقل من خلال إضافة شوائب و ذلك من خلال زيادة عدد حوامل الشحنة (إضافة الالكترونات أو ثقوب زائد).
- العناصر (الشوائب) التي تملك في مدارها الأخير 5 الالكترونات تضيف (contribute) الالكترون زائد (extra electron) و تسمى بالشائبة المعطية أو المانحة للالكترون (donor dopant).
- العناصر التي تحوي 3 الالكترونات تكتب (accept) الالكترون من السيلكون و تسمى بالشائبة الأخذة (المختلفة) (acceptor dopant).

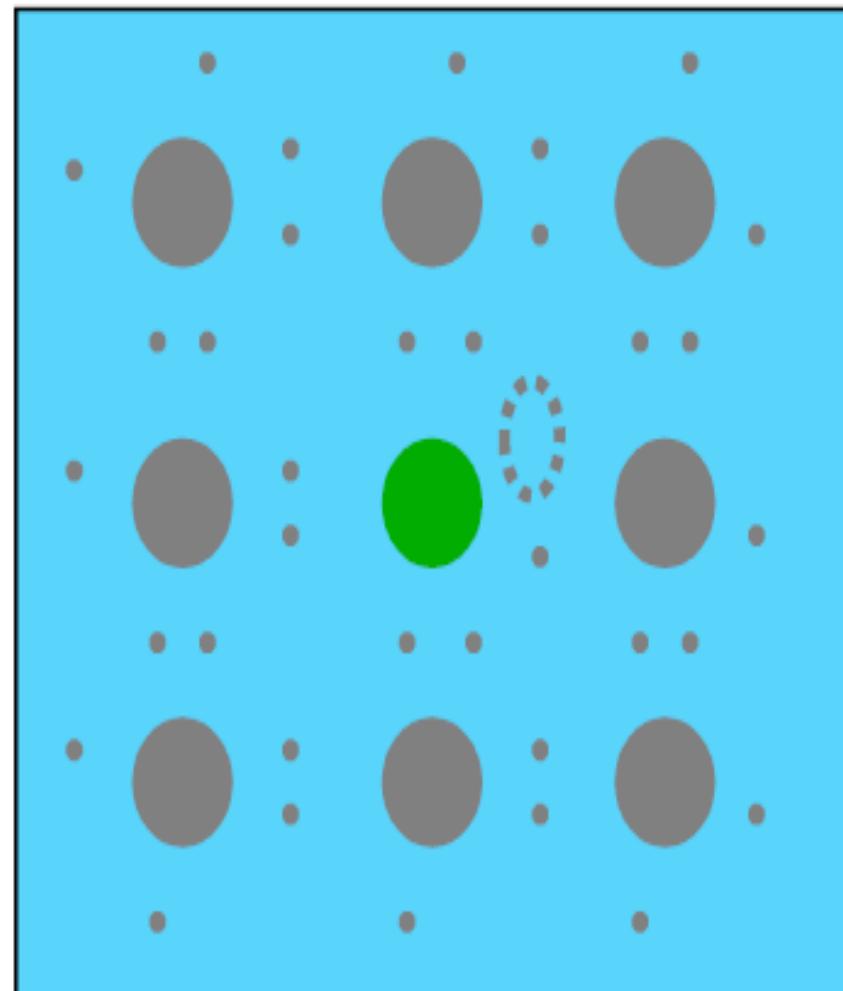
# Improving Conduction by Doping

- يعتبر الفوسفور من الشوائب المانحة (donor). (dopants)
- إذا أضيف الفوسفور إلى بنية السيليكون فسيكون هناك الكترون زائد (أخر) ليتحرك من خلال التيار الكهربائي.
- و هذا بدوره يعطينا سيليكون من النوع (n-<sup>type</sup>) و يمكن بزيادة الإشارة أن نصل إلى النوع (n<sup>+</sup>).



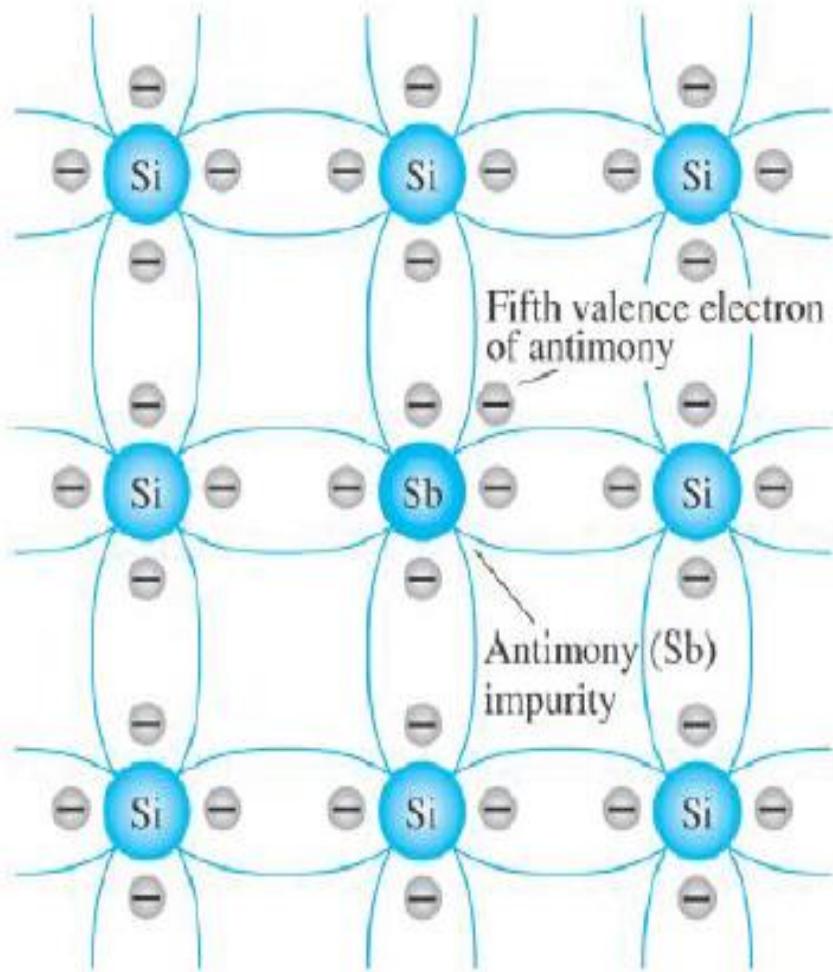
# Improving Conduction by Doping

- يملك البورون أو الغاليوم على 3 الالكترونات في مداره الأخير و بالتالي سيكون لدينا ثقب عندما تضاف ذرة منه إلى بنية السيليكون.
- يعتبر البورون شائبة متقبلة (acceptor dopant).
- و هذا يشكل سيليكون مشاب من نوع **p-type**.

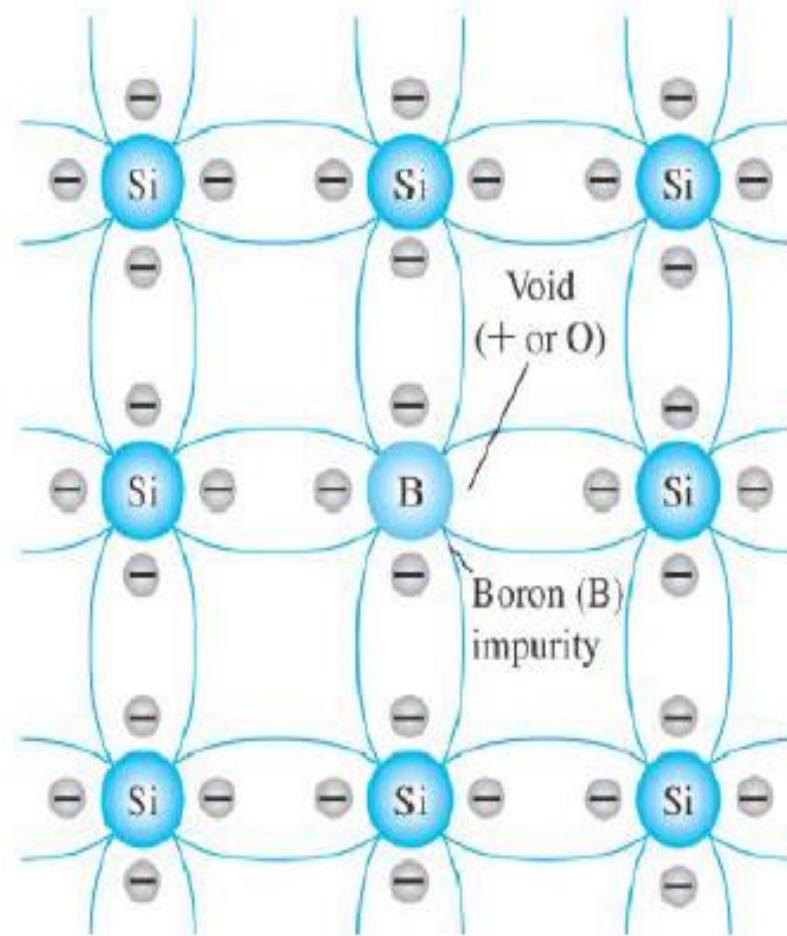


# N, P Impurities

## شوائب، شكل يوضح نمطى الاشابة



Antimony impurity in n-type material

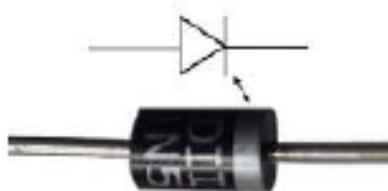


Boron impurity in p-type material

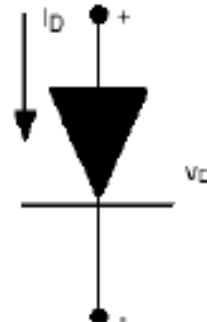
# الديود P-N Junction أو يسمى وصلة Diode

- تعرف هذه الوصلة أيضاً بالديود.
- يتم تشكيل هذه الوصلة بوضع على تماs طبقتين من النوعين p-type و n-type وفق الشكل و هذا يتم من خلال عملية الانتشار و ليس بلصقهما.
- عملياً يتم ذلك من خلال إشابة طبقة نوع n-type الغنية بالالكترونات بشوائب من نوع p-type غنية بالثقوب (أو العكس) من خلال عملية الانتشار (diffusion). تتم هذه العملية في جهاز خاص مخلٍ من الهواء.
- **قاعدة:** تنتقل حوامل الشحنة دوماً من التركيز المرتفع إلى التركيز المنخفض.

## Physical Model



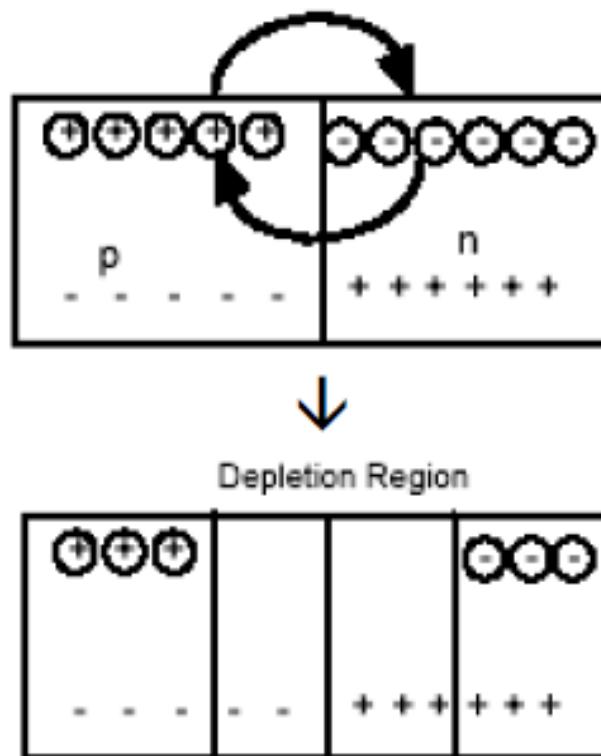
## Circuit Symbol



الشكل العملي للديود

# P-N Junction

- يتشكل في منطقة التماس بين هاتين الطبقتين منطقة خالية من الشحنات تسمى منطقة النضوب (depletion region). وفق الشكل.
- يتشكل في هذه المنطقة حقل كهربائي (مكثفة). و لهذه المنطقة مقاومة نتيجة عدم وجود الشحنات فيها و هذه المنطقة (المقاومة) قد تكبر أو تصغر حسب نوع الانحياز كما سنرى.

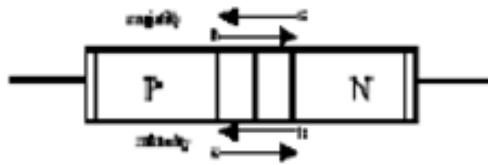


# Biasing the P-N Diode

## انحصار الديود

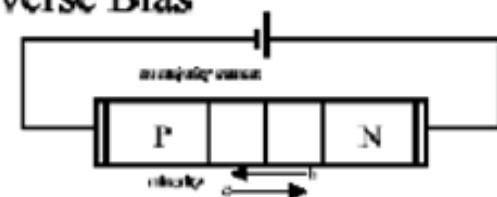
لا انحصار

No Bias



يمكن قراءة صفحة 121 + 122 + 123 + 124 من كتاب العملي من أجل الفهم أكثر للموضوع

Reverse Bias



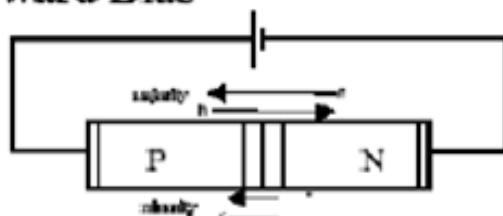
انحصار عكسي Reverse Bias

و هنا عكس حالة الانحصار الأمامي و هنا لا يمرر الديود إلا تيار تسلبي صغير جداً

انحصار أمامي Forward Bias

و فيه يطبق القطب الموجب لمتبع الجهد على الطرف (P) و القطب السالب على الطرف (N). و هنا يمرر الديود التيار.

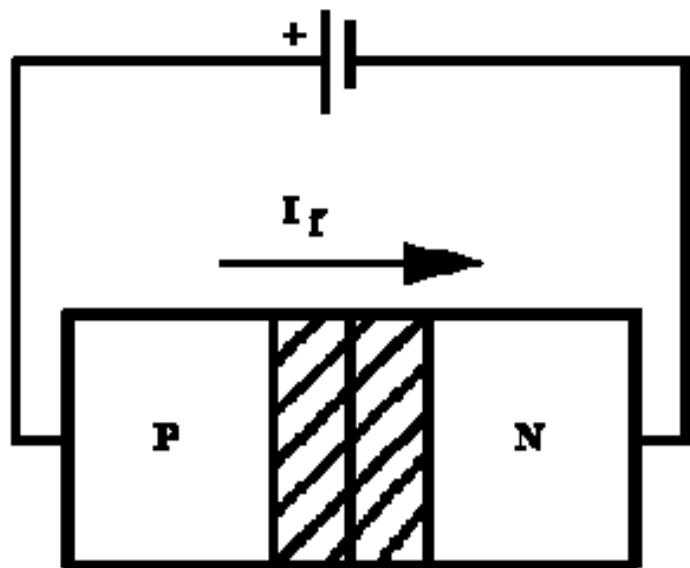
Forward Bias



# P-N Junction – Forward Bias

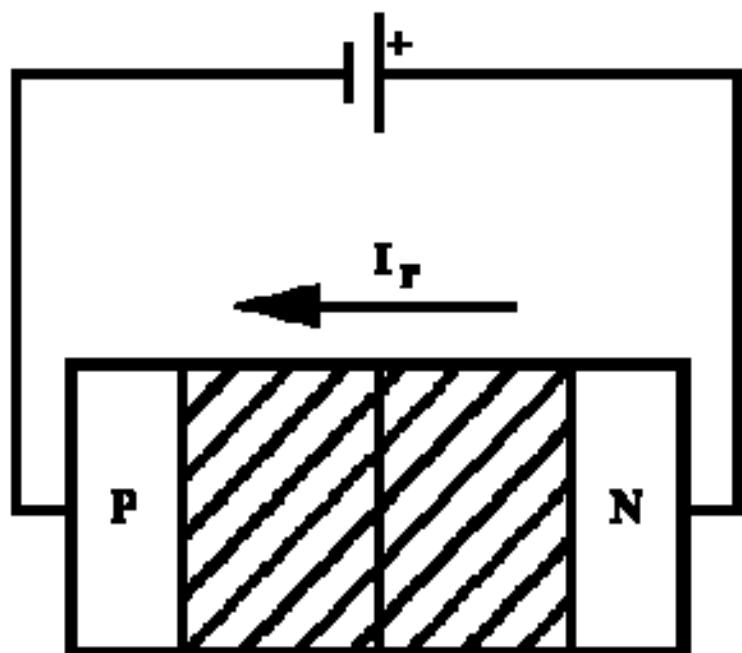
## الانحصار الأمامي

- في حالة الانحصار الأمامي، فإن الثقوب تتحرك مبتعدة عن الطرف الموجب للمنبع بينما الإلكترونات تبتعد عن الطرف السالب للمنبع.
- وبالتالي فإن عرض منطقة النضوب تصبح صغيرة. و عليه فإن مقاومة الديود تقل.
- بازدياد الجهد المطبق حتى نصل إلى جهد حرث تلاشي عنده منطقة النضوب و يمر التيار الأمامي ( $I_f$ ) في الدارة بكل سهولة.



# الانحصار العكسي P-N Junction – Reverse Bias

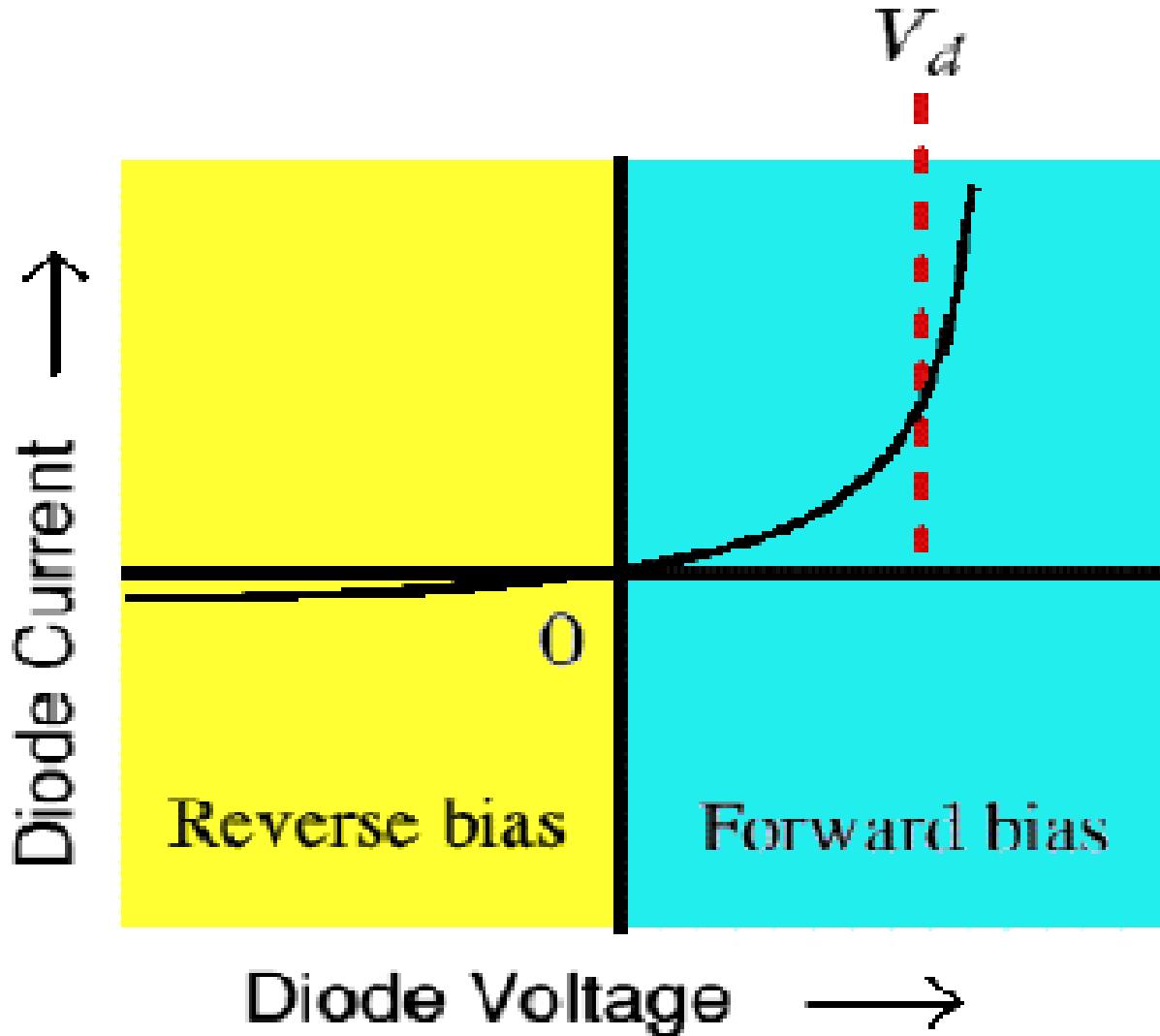
- في حالة الانحصار العكسي، فإن الالكترونات تقترب من الطرف الموجب للمنبع بينما الثقوب تتجه إلى القطب السالب.
  - وبالتالي يزداد عرض منطقة النضوب.
  - التيار المار هو تيار صغير جداً و يسمى تيار التسريب (leakage current) أو تيار الجرف (drift current) أو تيار الانحصار العكسي (reverse current) (I<sub>r</sub>).



# P-N Junction - V-I characteristics

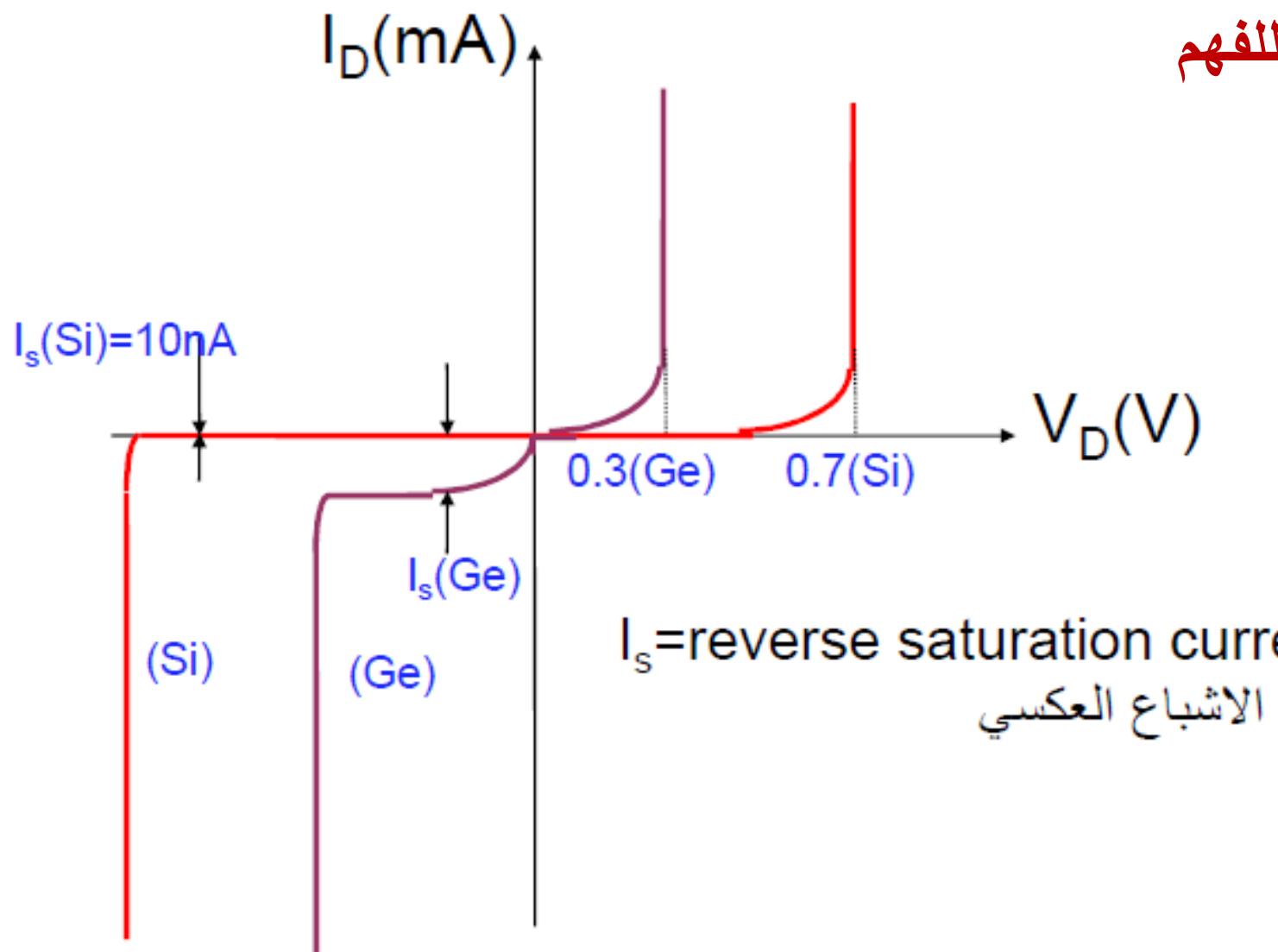
## خواص الجهد - التيار (مخطط خواص الديود)

علاقة الجهد بالتيار في الديود أو ما يسمى بخصائص V-I.



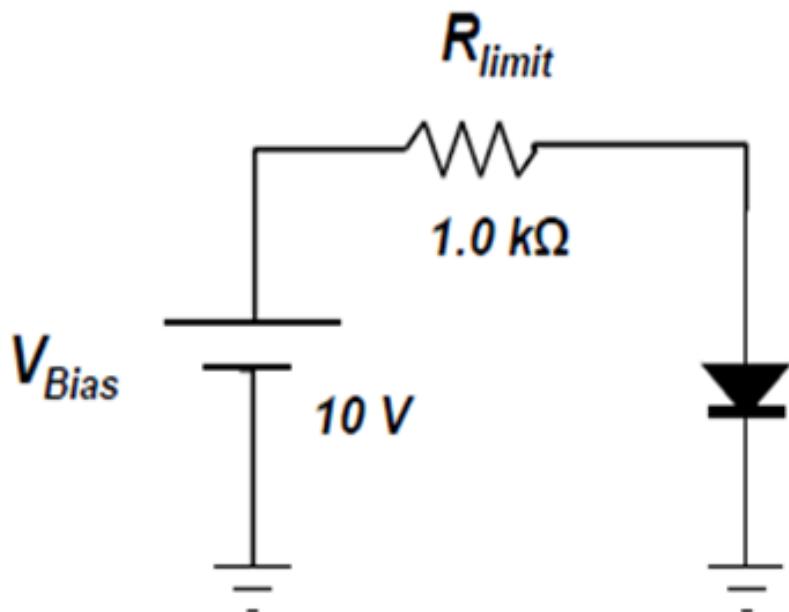
# Comparison of Si and Ge semiconductor diodes

مقارنة بين نوعي الديود



# Example

حدد قيمة جهد الانحياز الأمامي ( $V_f$ ) و تيار الانحياز الأمامي ( $I_f$ ) للديود الموضح بالشكل . أوجد أيضاً الجهد المطبق على مقاومة التحديد (تحديد مرور التيار الكبير و هي مقاومة لحماية الديود)



## الموديل العملي Practical model

$$V_F = 0.7V \text{ (Si)}$$

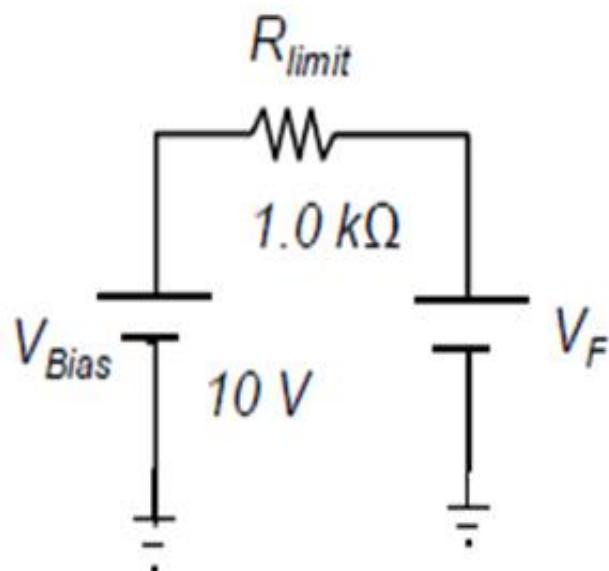
$$I_F = (10V - 0.7V) / 1k$$

$$= 9.3 / 1k$$

$$= 9.3mA$$

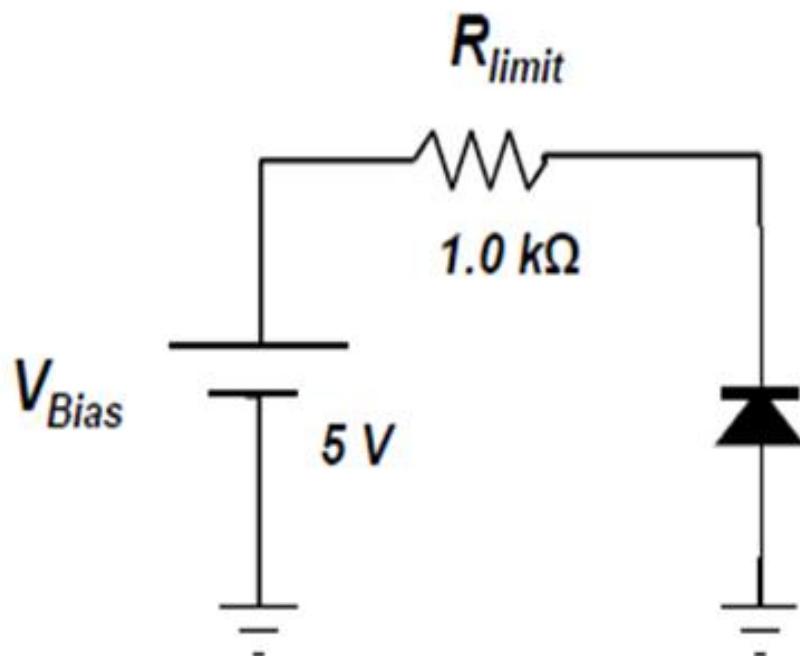
$$V_{R_{limit}} = (9.3mA)(1k)$$

$$= 9.3V$$



# Example

حدد جهد و تيار الانحياز العكسي ( $V_R$ ) و ( $I_R$ ) لليود الموضح في الشكل . أيضاً أوجد قيمة الجهد الهاابط على مقاومة الحماية (التحديد)



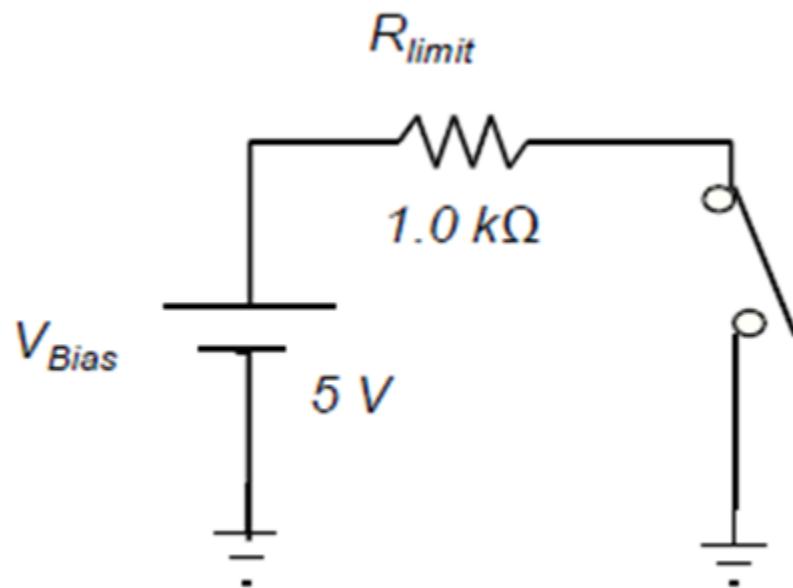
# الديود العملي

## Practical model

$$V_D = V_{Bias} = 5 \text{ V}$$

$$I_D = 0 \text{ A}$$

$$V_{Rlimit} = 0 \text{ V}$$



# Summary

Forward Biasing

Reverse Biasing

Practical Diode

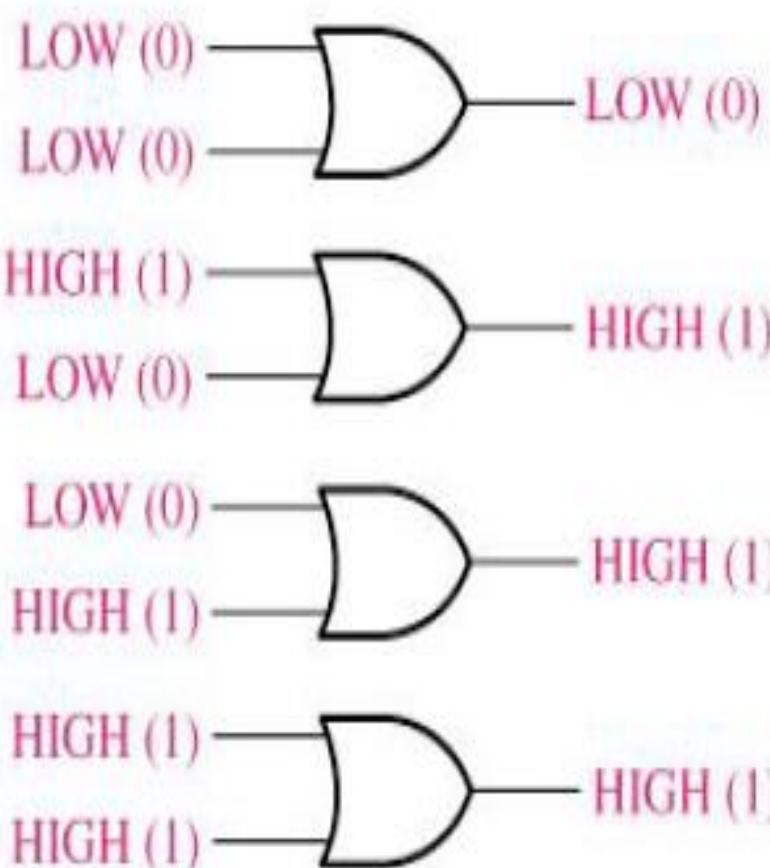
$$V_k = 0.7 \text{ v}$$



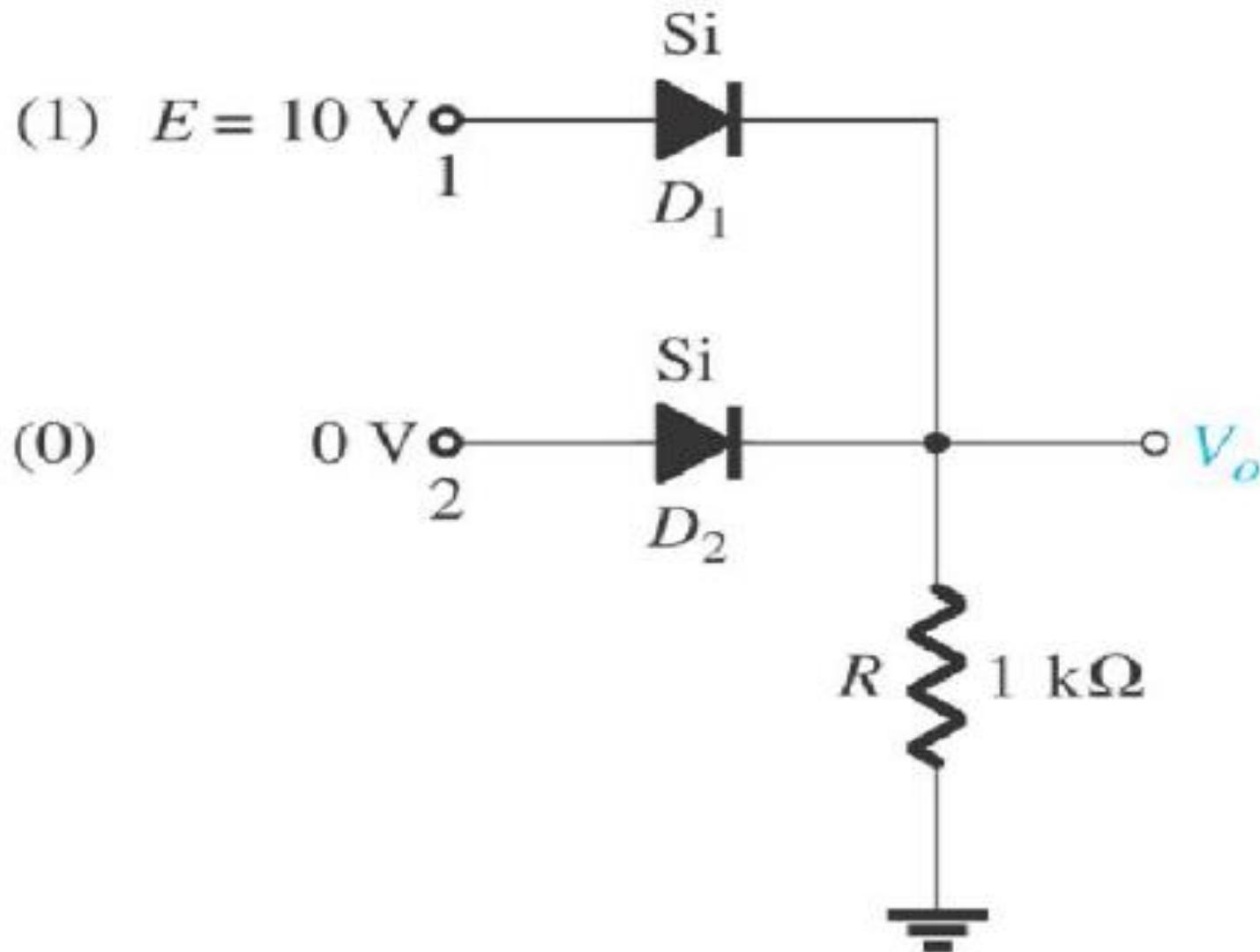
# OR Gate

## تطبيقات الديود

- **مبدأ عمل البوابة:**
  - عندما يأخذ أي مدخل قيمة عليا (1) فإن الخرج يكون كذلك (1).
  - عندما تأخذ قيم كل المدخل كل قيمة الدنيا (0) فيأخذ الخرج القيمة الدنيا (0).

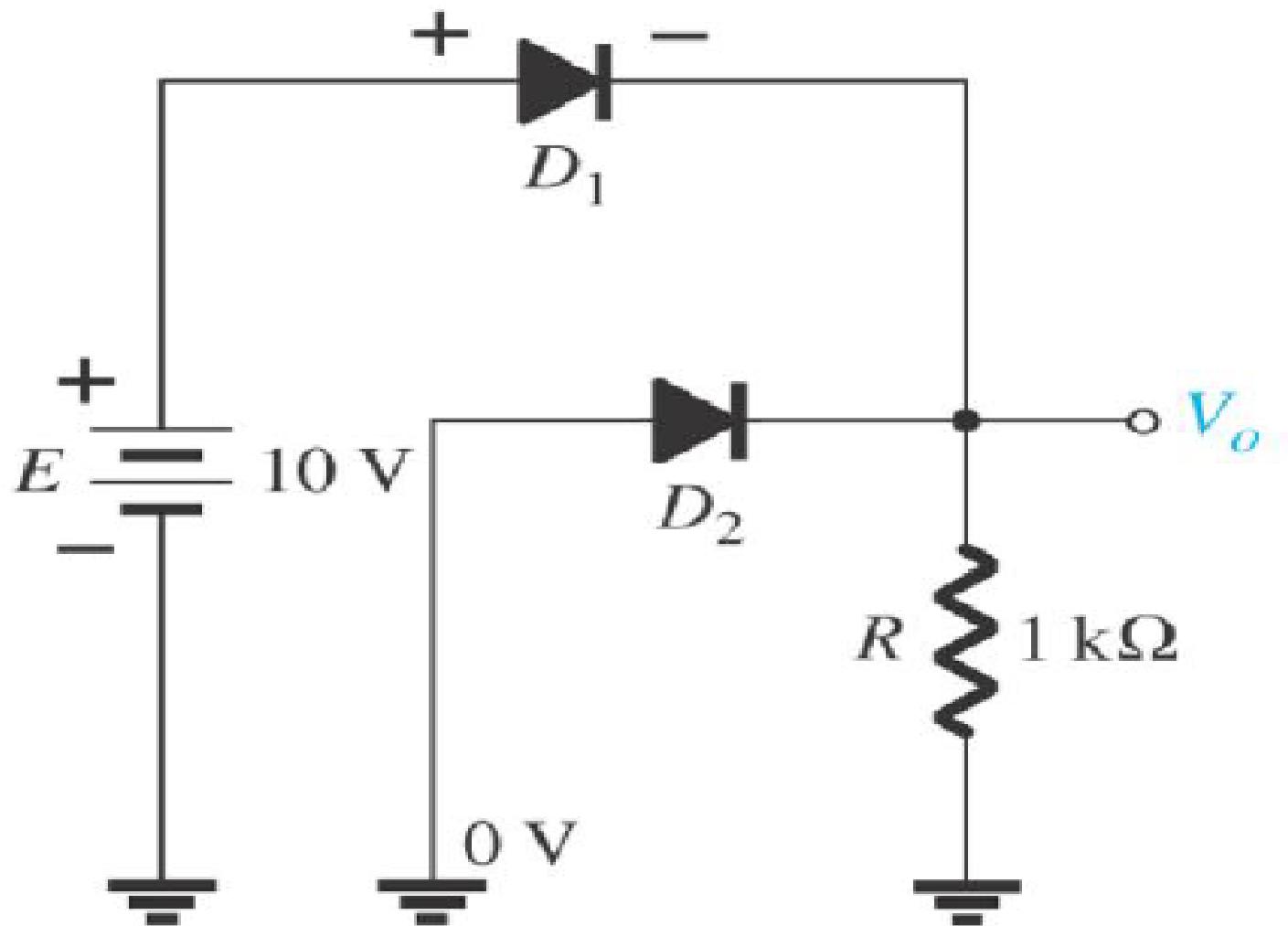


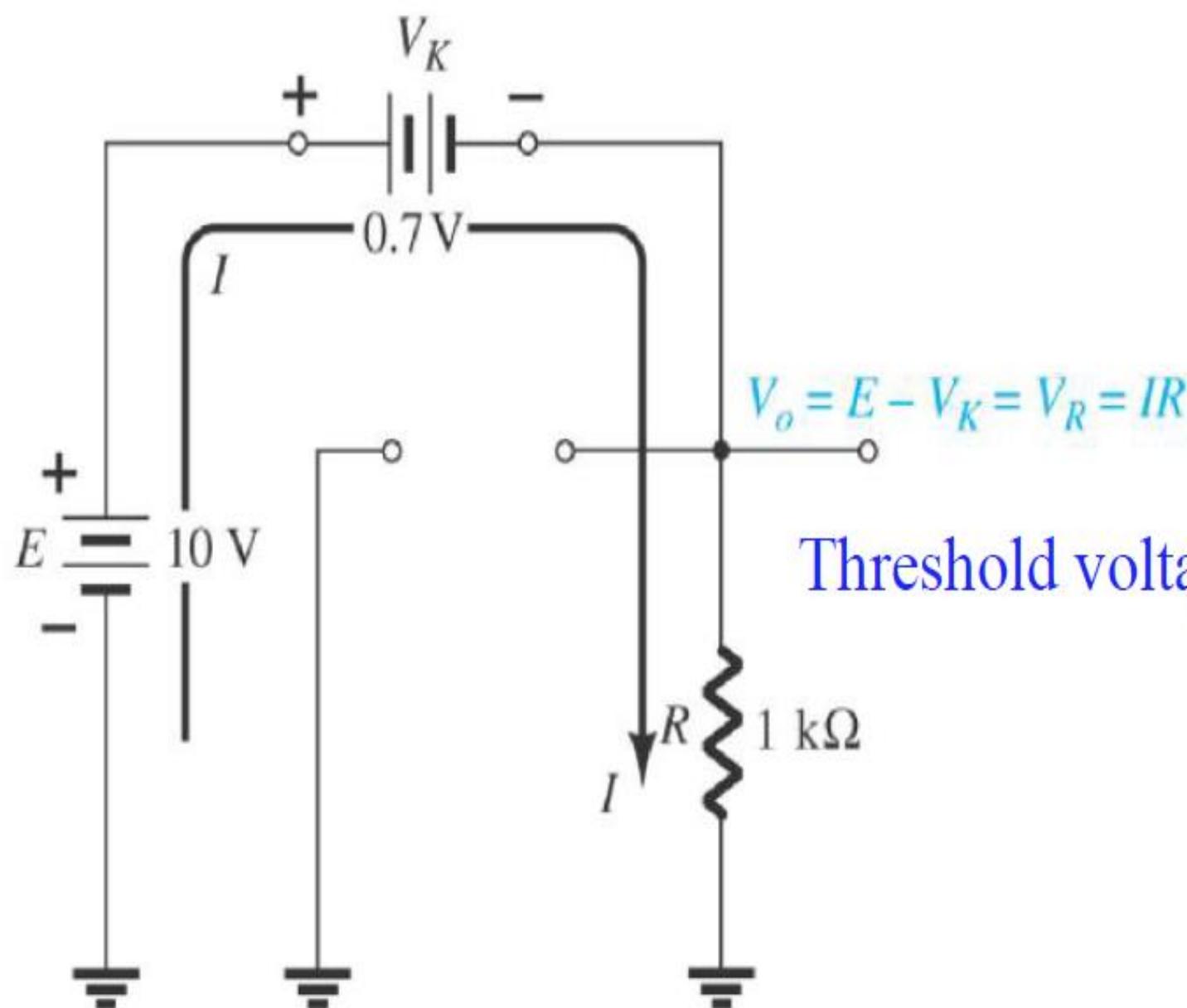
## مثال: احسب جهد الخرج للبوابة OR Gate



# Redrawn network of OR Gate

يمكن رسم الدارة السابقة على النحو:



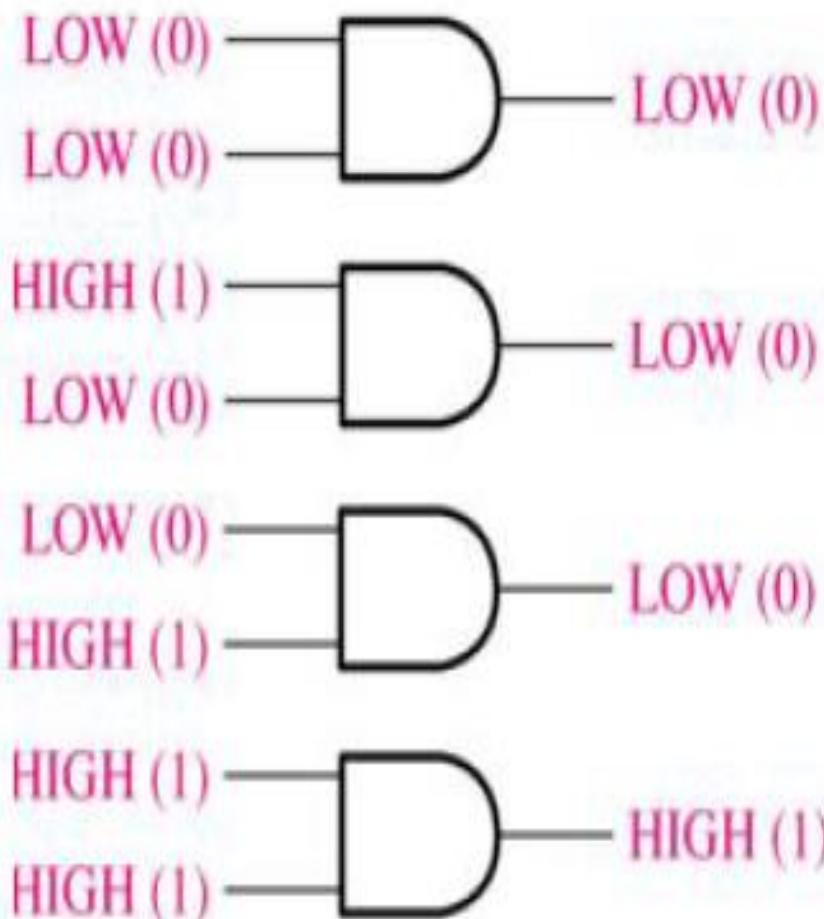


$$V_o = E - V_K = 9.3 \text{ V}$$

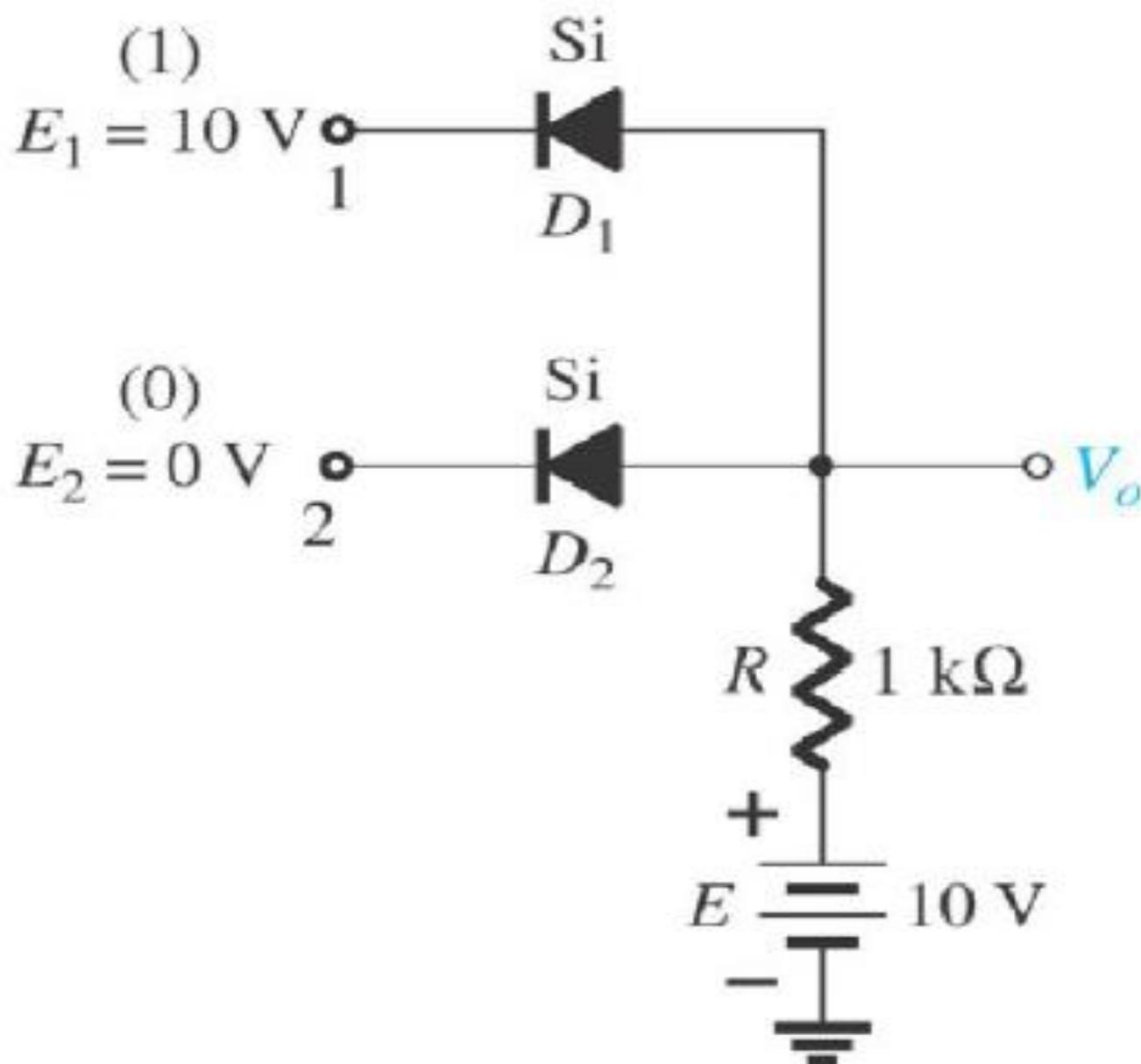
# AND Gate

## تطبيقات الديود

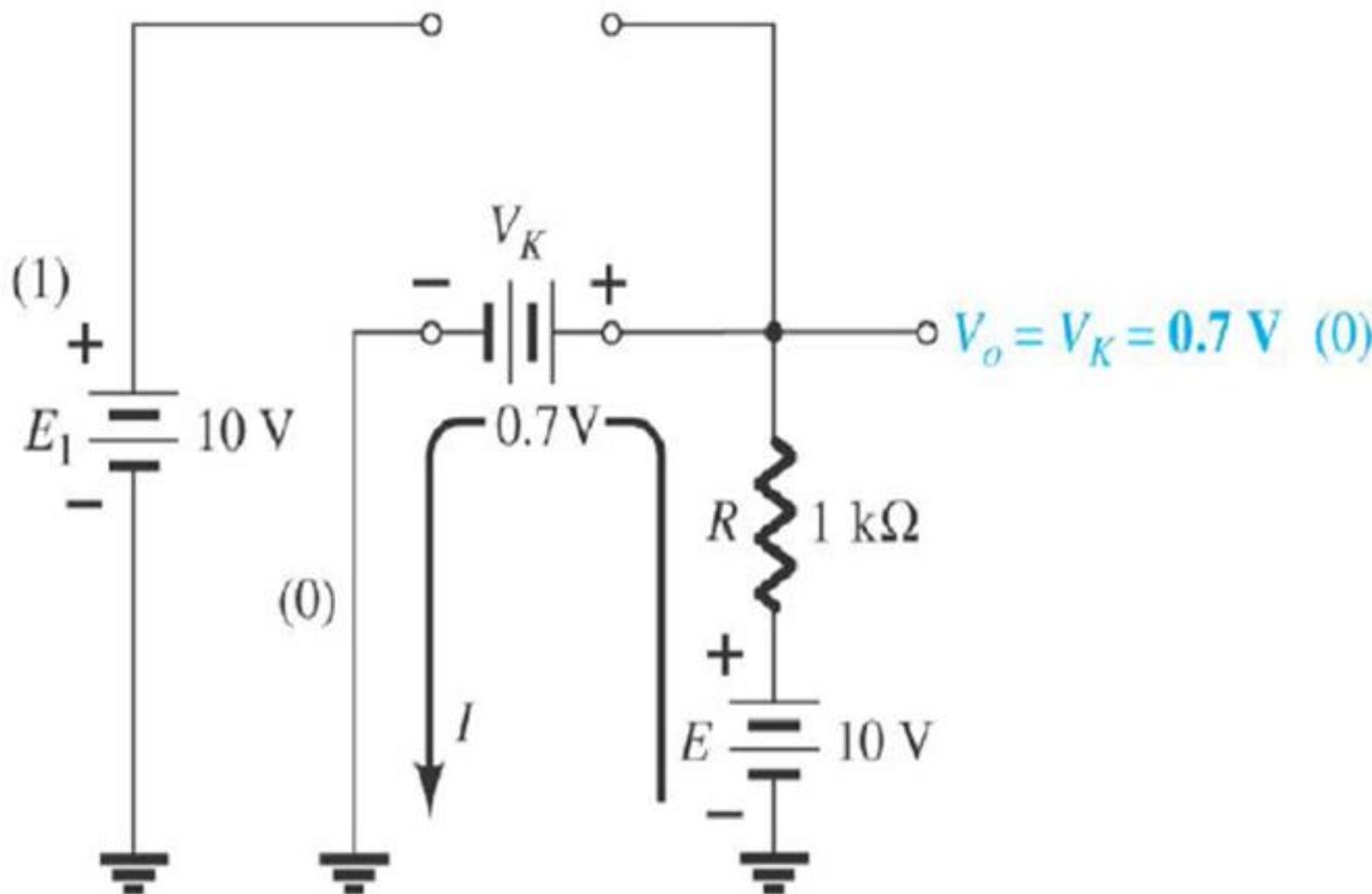
- **مبدأ عمل البوابة**:  
- عندما يأخذ أي مدخل قيمة دنيا (0) فإن  
الخرج يكون (0).  
- عندما تأخذ قيم كل المداخل القيم العليا  
(1) فيأخذ الخرج القيمة العليا (1).



# مثال: احسب جهد الخرج للبوابة AND Gate



# Assumed diode states for AND Gate

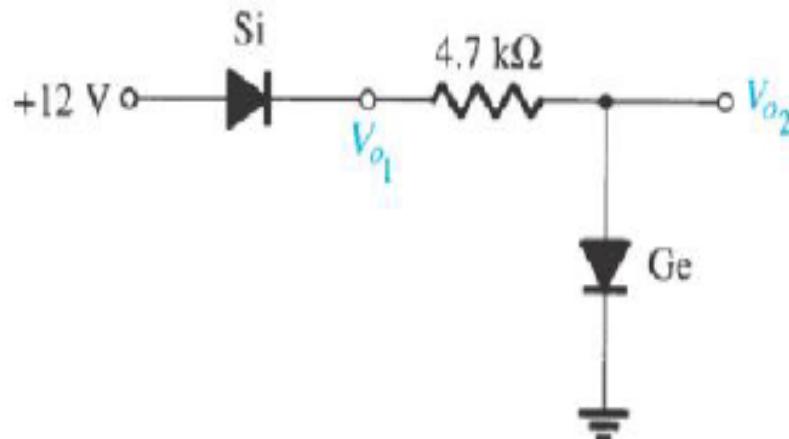


$$V_o = V_k = E - V_R = 10 - 9.3 = 0.7 \text{ V}$$

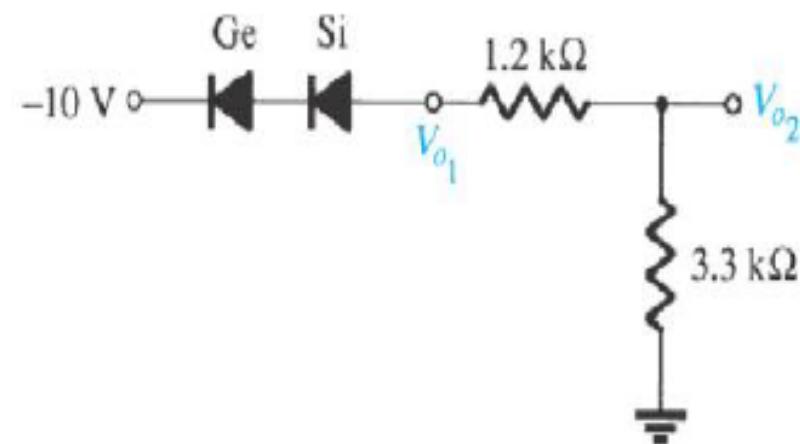
الشرح لحل المشاكل  
الثمانية موجود على  
صفحة التلغرام

## Problem 1

الانتباه لجهة التيار في  
الدارة حسب هبوط  
الجهد.



(a)



(b)

$$V_{o1} = 12 - 0.7 = 11.3 \text{ V}$$

$$V_{o2} = 0.3 \text{ V}$$

$$I = (12 - 0.7 - 0.3) / 4.7 = 2.3 \text{ mA}$$

$$V_{o1} = -10 + 0.7 + 0.3 = -9 \text{ V}$$

$$I = 9 / (4.5) = 2 \text{ mA}$$

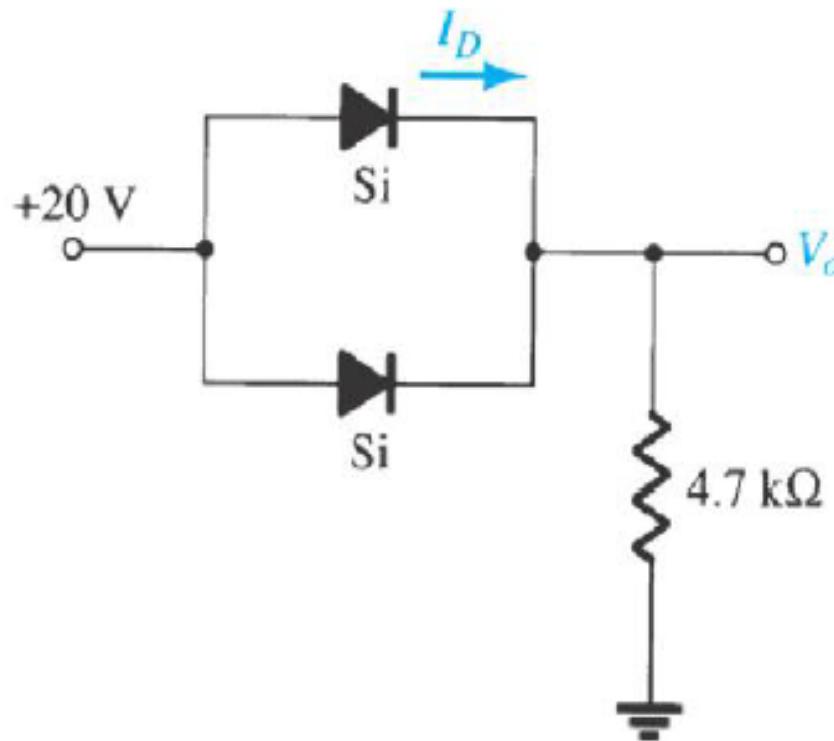
$$V_{o2} = -9 + 1.2 \times 2 = -6.6 \text{ V}$$

يتم حساب التيار الكلي ومن أجل حساب تيار الفرع الواحد نقسم التيار الكلي على 2

## Problems 2

نعتبر فرع

الانحياز العكسي  
غير موجود لأنه  
لا يمرر التيار

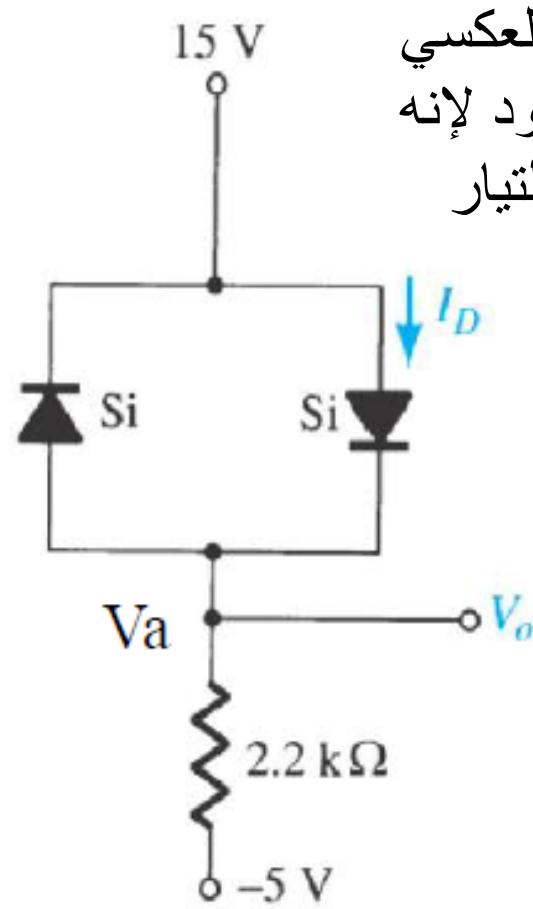


(a)

$$I = (20 - 0.7) / 4.7 = 4.11 \text{ mA}$$

$$I_D = I / 2$$

$$V_o = 20 - 0.7 = 19.3 \text{ V}$$



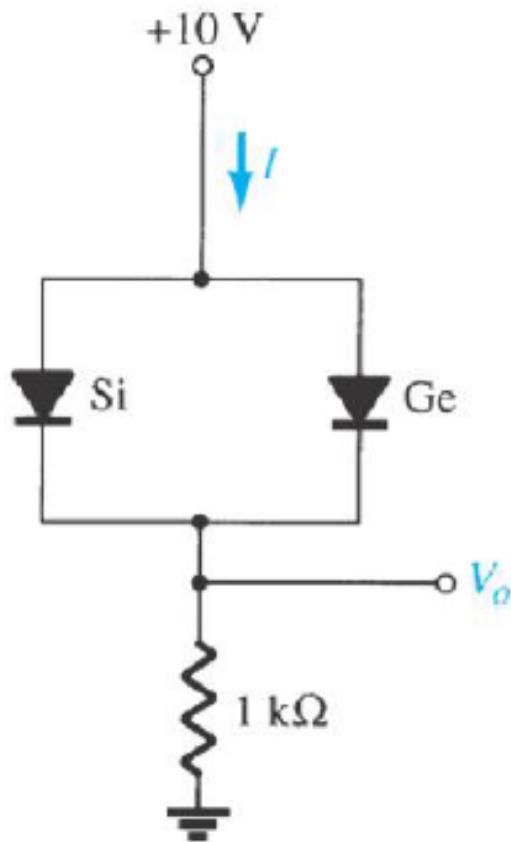
(b)

$$I_D = (15 - (-5)) / 2.2 = 8.7 \text{ mA}$$

$$V_o = 2.2 \times 8.7 = 19.3 \text{ V}, V_a = 15 - 0.7 = 14.3 \text{ V}$$

$$V_o = (V_a - (-5)) = 14.3 + 5 = 19.3 \text{ V}$$

التيار يختار  
الطريق  
الأسهل ذو  
المقاومة  
الأقل وهو  
الجرمانيوم

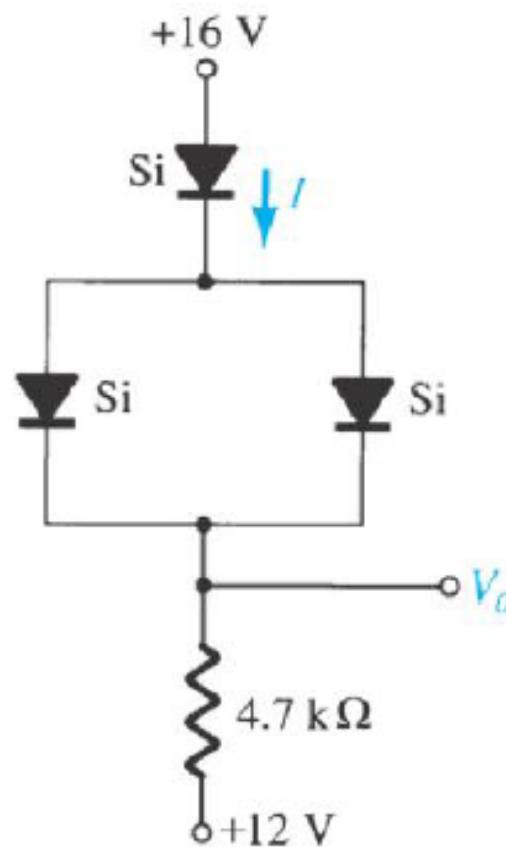


(a)

$$I = (10 - 0.3) / 1k = 9.7 \text{ mA}$$

$$V_o = 9.7 \times 1 = 9.7 \text{ V} = 10 - 0.3 = 9.7 \text{ V}$$

### Problem 3



(b)

$$I = (16 - 1.4 - 12) / 4.7k = 0.55 \text{ mA}$$

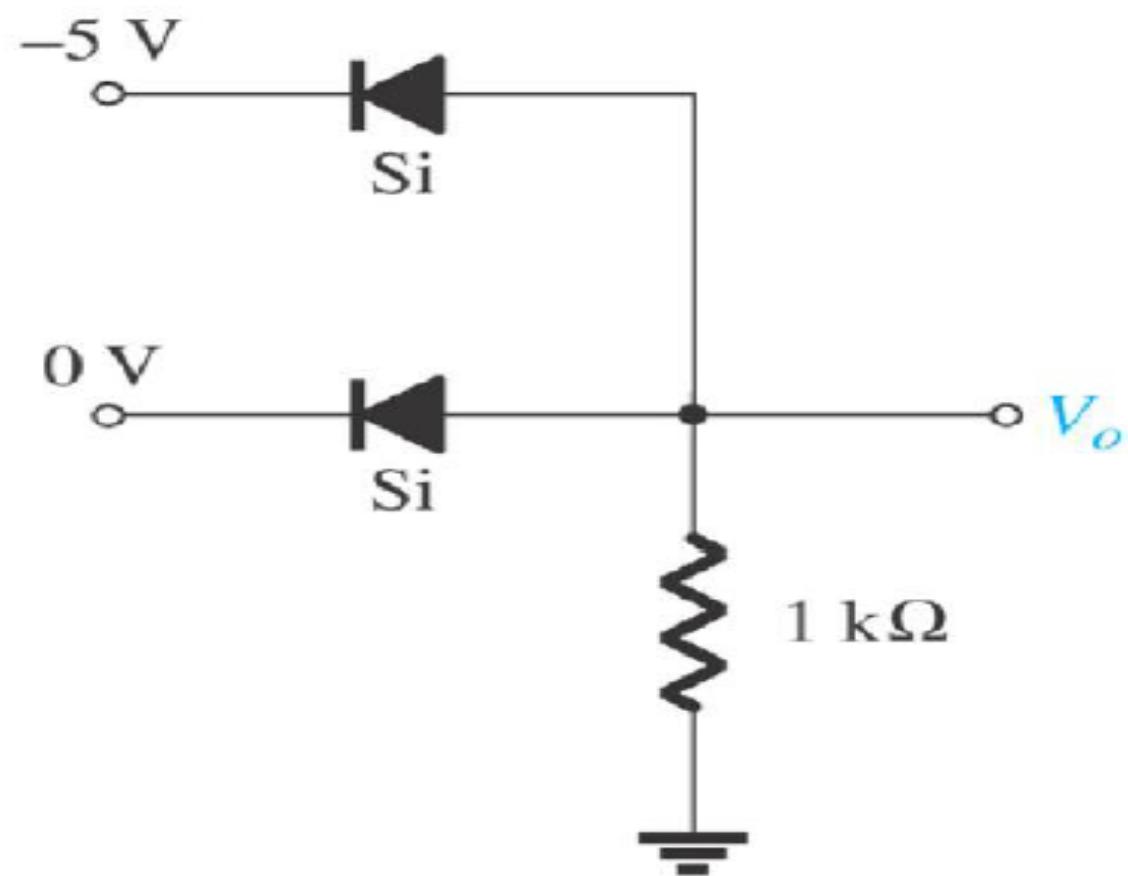
$$V_o = 16 - 1.4 = 14.6 \text{ V}$$

$$V_R = V_o - 12 = 2.6 \text{ V} = I \cdot R$$

عند حساب  
التيار على  
الفرع الواحد  
نقسم التيار  
الكلي على 2

نحسب جهد  
الخرج باستخدام  
الفرع ذو الجهد  
المختلف لأن  
الطرق التي  
جهدها متساوي  
تفني بعضها  
البعض

## Problem 4

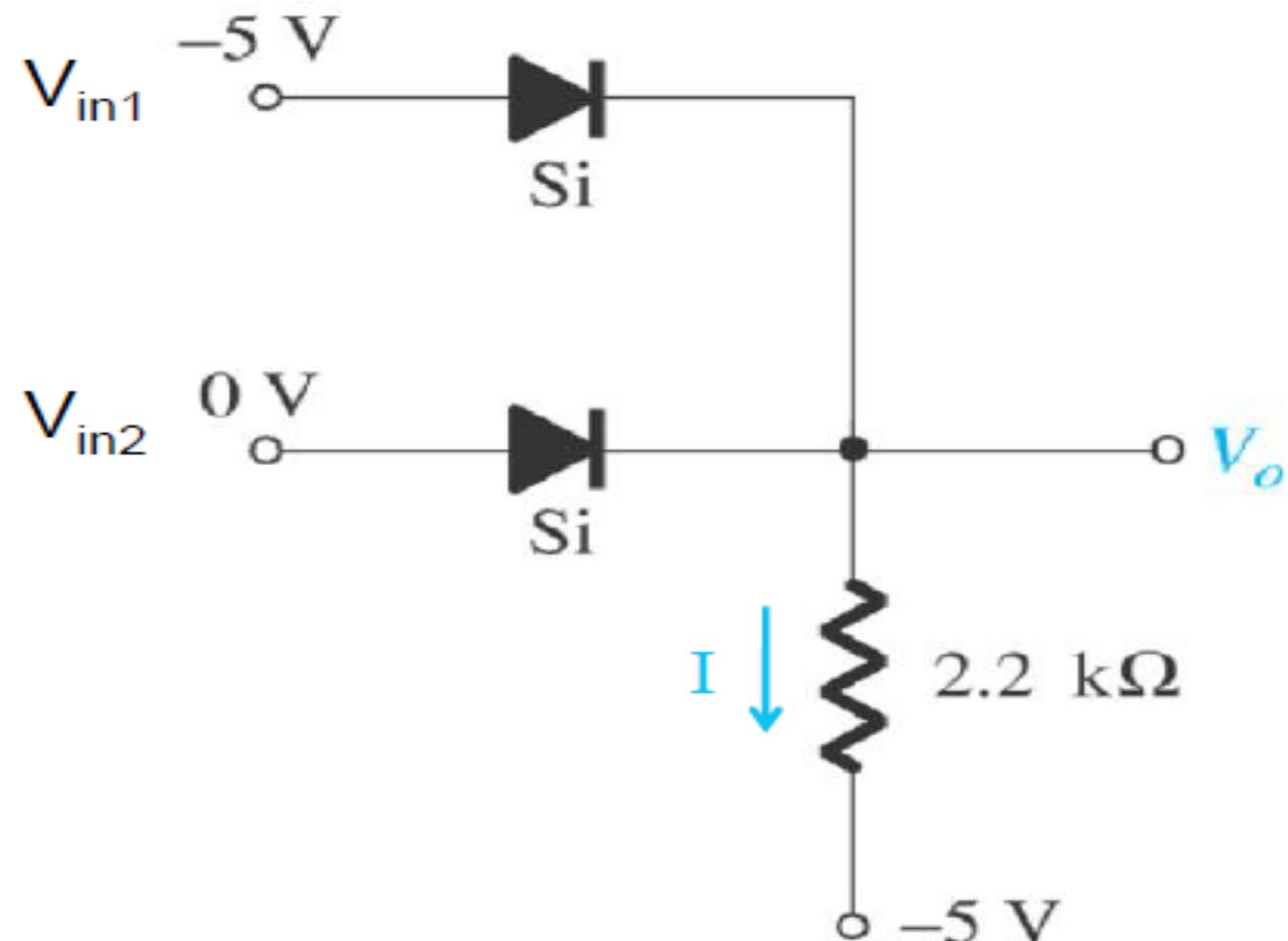


$$V_o = -5 + 0.7 = -4.3 \text{ V}$$

$$I = V_o / R = -4.3 \text{ mA}$$

نحسب جهد  
الخرج باستخدام  
الفرع ذو الجهد  
المختلف لأن  
الطرق التي  
جهدها متساوي  
تفني بعضها  
البعض

## Problem 5

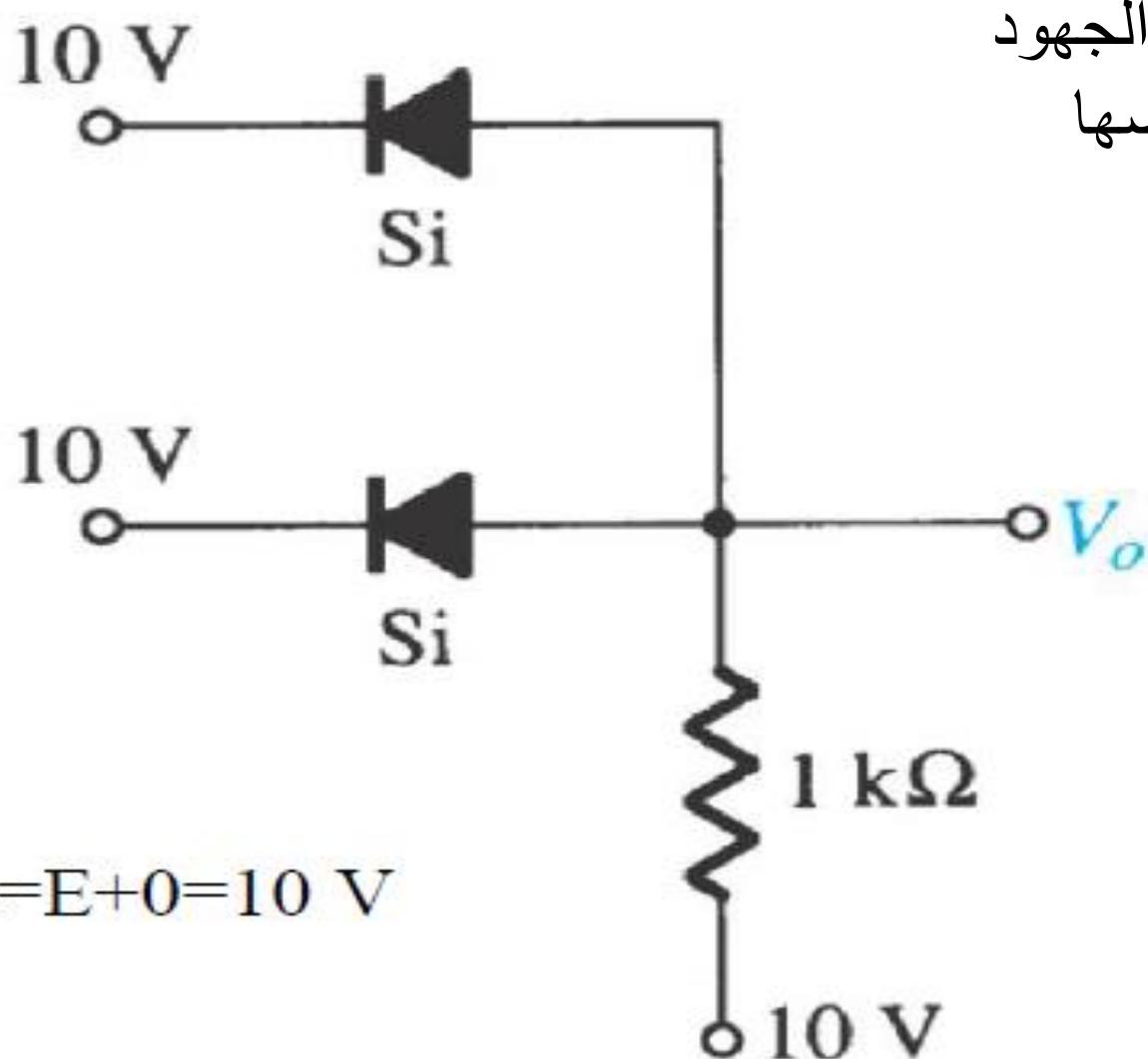


$$V_o = -0.7\text{ V}$$

$$I = V_R / R = (0 - (-5) - 0.7) / 2.2 = 1.95\text{ mA}$$

## Problem 6

التيار هنا يساوي الصفر والجهود تفني بعضها البعض

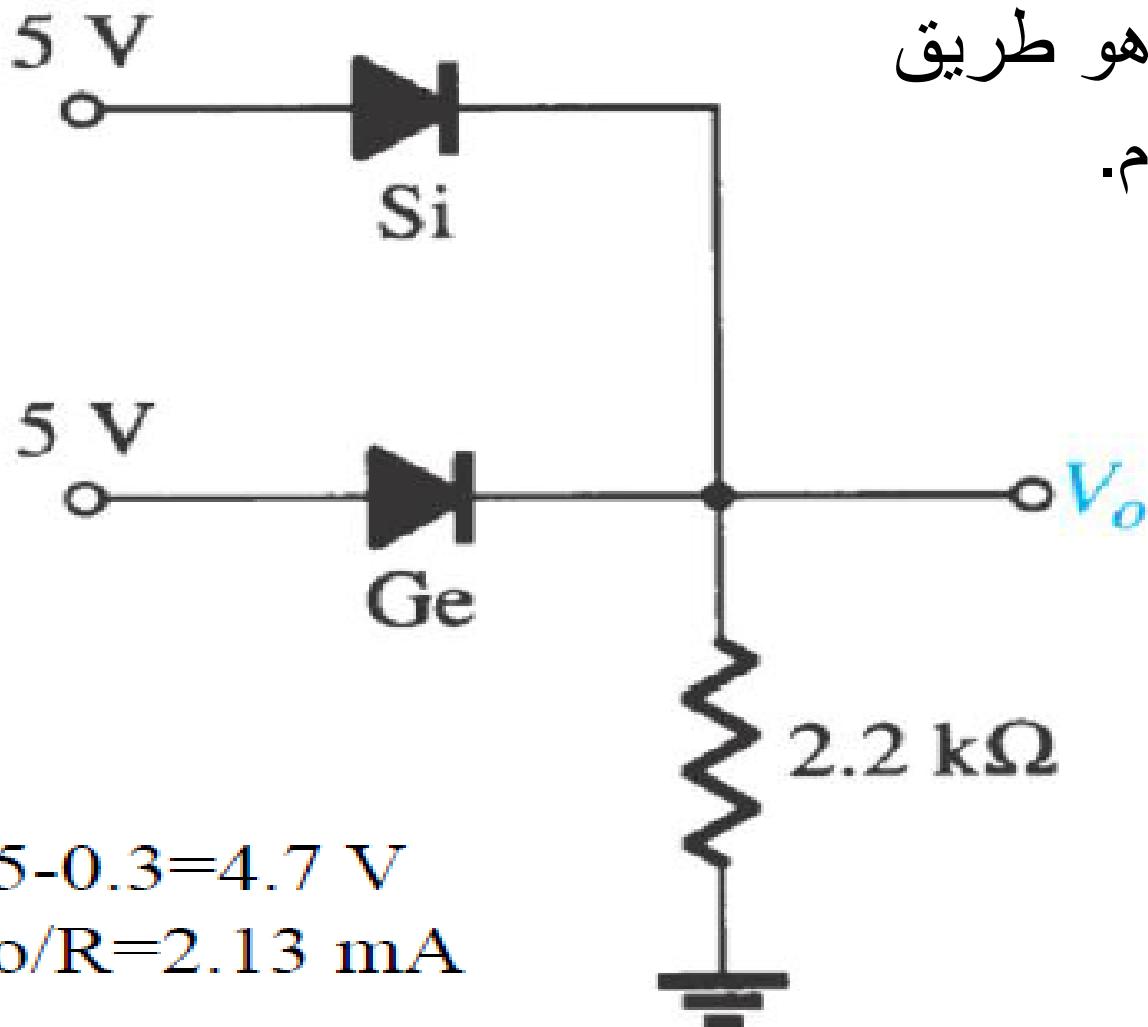


$$V_o = E + I \cdot R = E + 0 = 10 \text{ V}$$

$$I = 0 \text{ mA}$$

التيار يختار الطريق ذو المقاومة الأقل أي يختار الطريق الأسهل وهو طريق الجرمانيوم.

## Problem 7

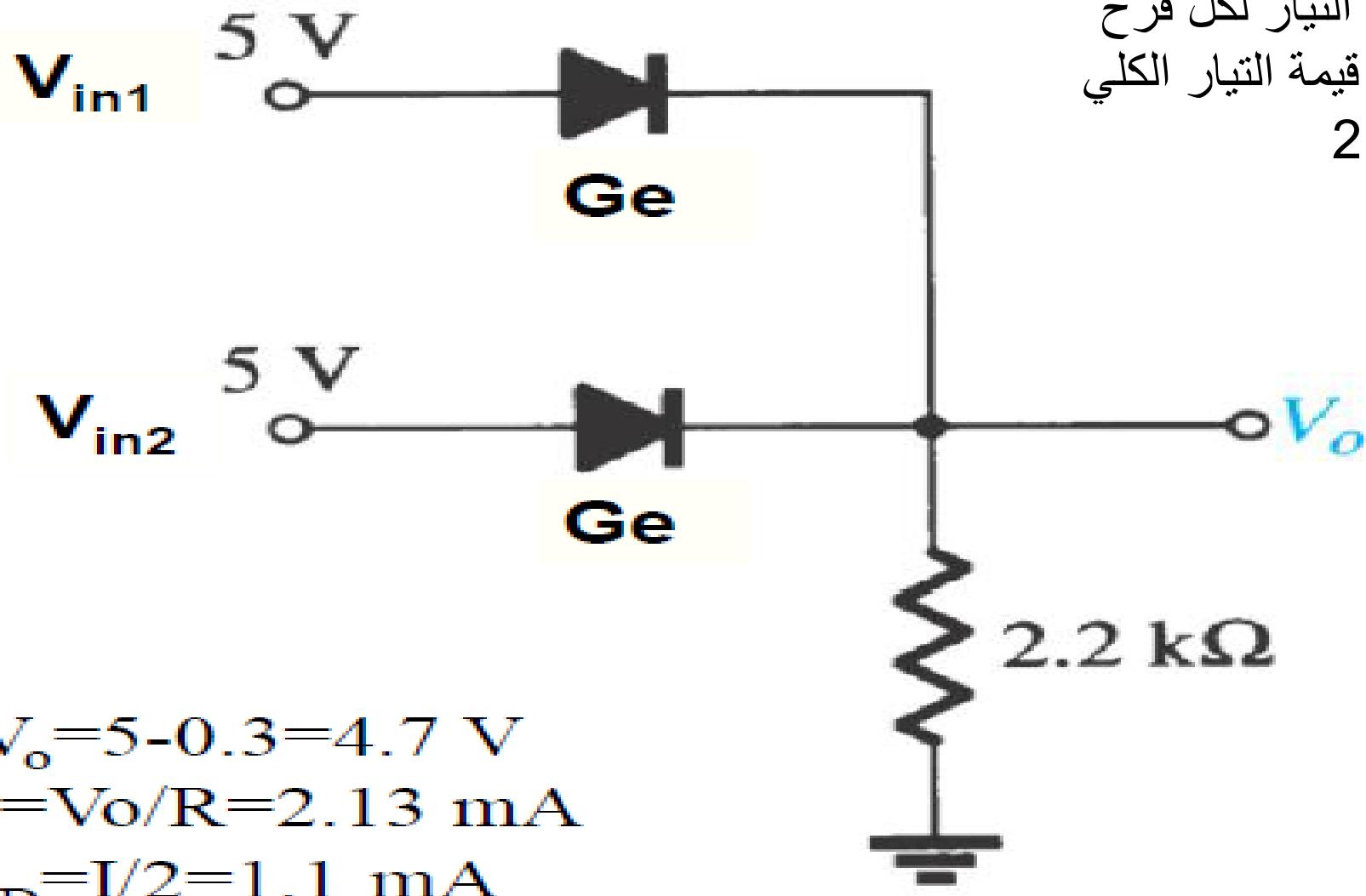


$$V_o = 5 - 0.3 = 4.7 \text{ V}$$

$$I = V_o / R = 2.13 \text{ mA}$$

نحسب الجهد على فرع واحد من الفرعين و عند طلب التيار لكل فرع نقسم قيمة التيار الكلي على 2

## Problem 8



# الترانزستور BJT

## أنواع الترانزستور BJT

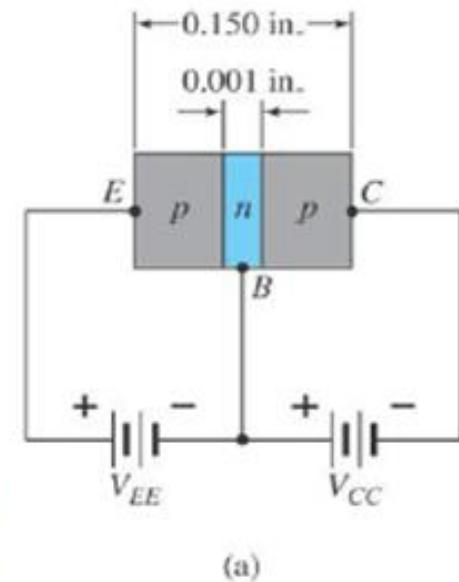
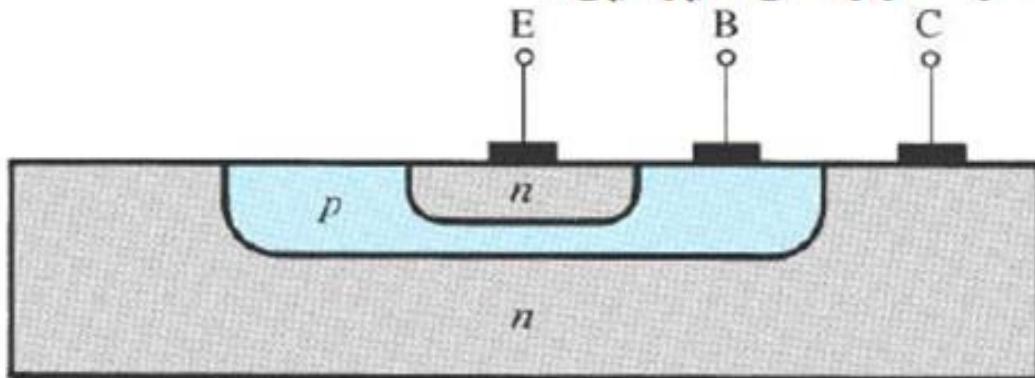
(a) pnp; (b) npn

• ترانزستور الوصلة ثنائية القطبية:

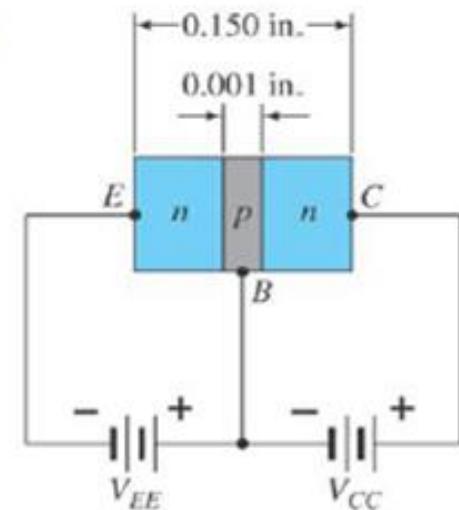
**BJT: Bipolar Junction Transistor**

• وصلة الدخل (BE) منحازة أمامياً أما وصلة الخرج (BC) فمنحازة عكسيًا في كلا نوعي الترانزستور.

• يتكون الترانزستور من ديودين.



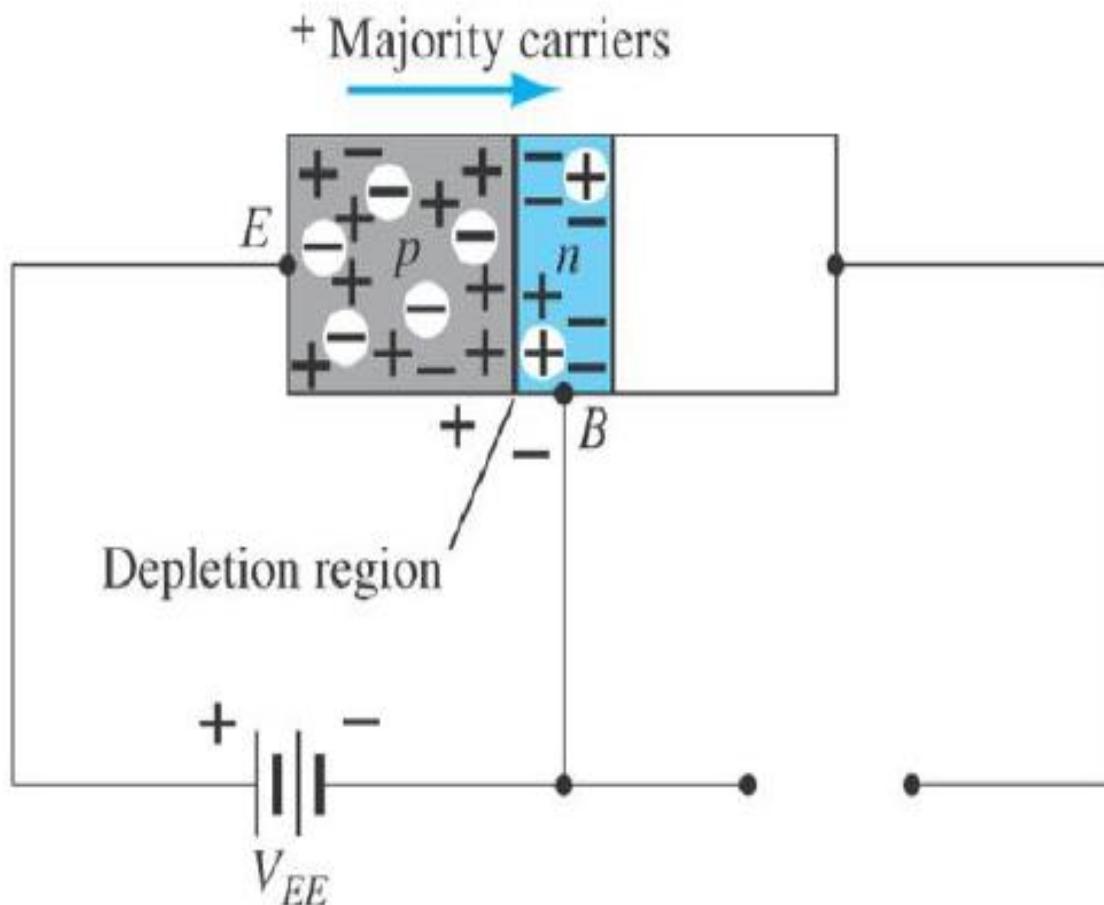
(a)



# Forward-biased junction of a pnp transistor

## انحياز أمامي في الدخل في النوع PNP

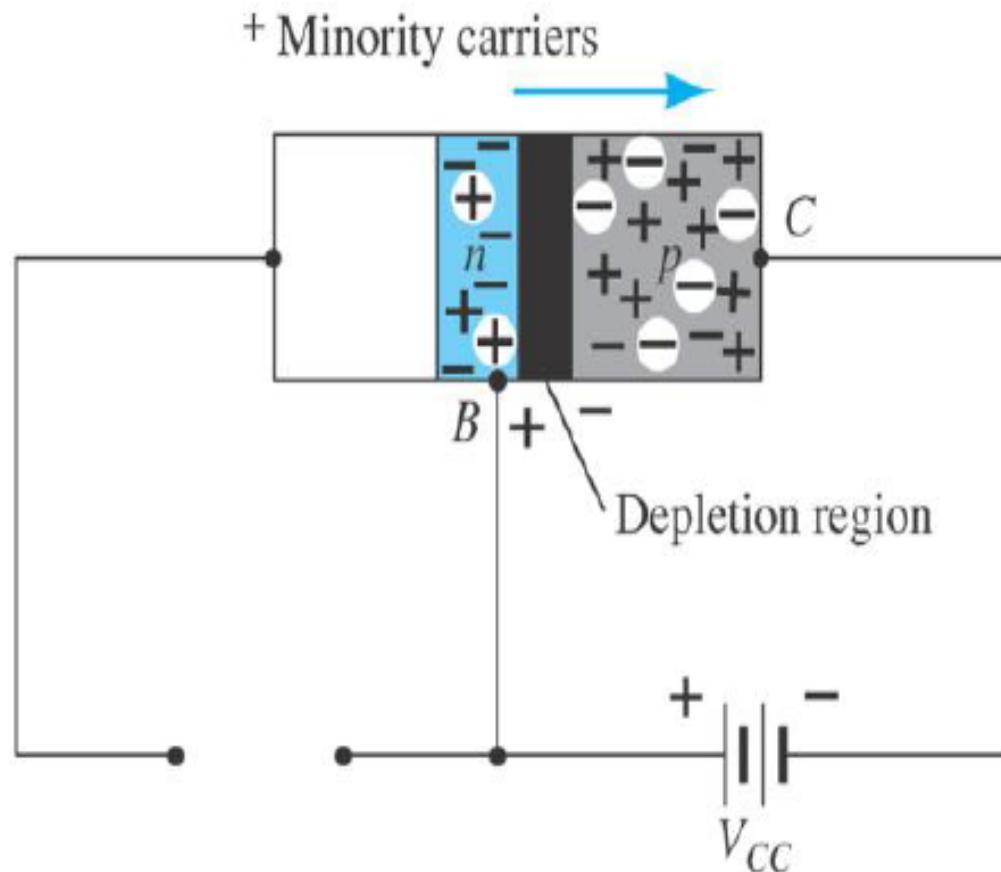
وصلة الدخل (BE) منحازة أمامياً و يكون لدينا تيار أمامي من الحوامل الأكثريّة و هي الثقوب.



# Reverse-biased junction of a pnp transistor

## انحياز عكسي في وصلة الخرج

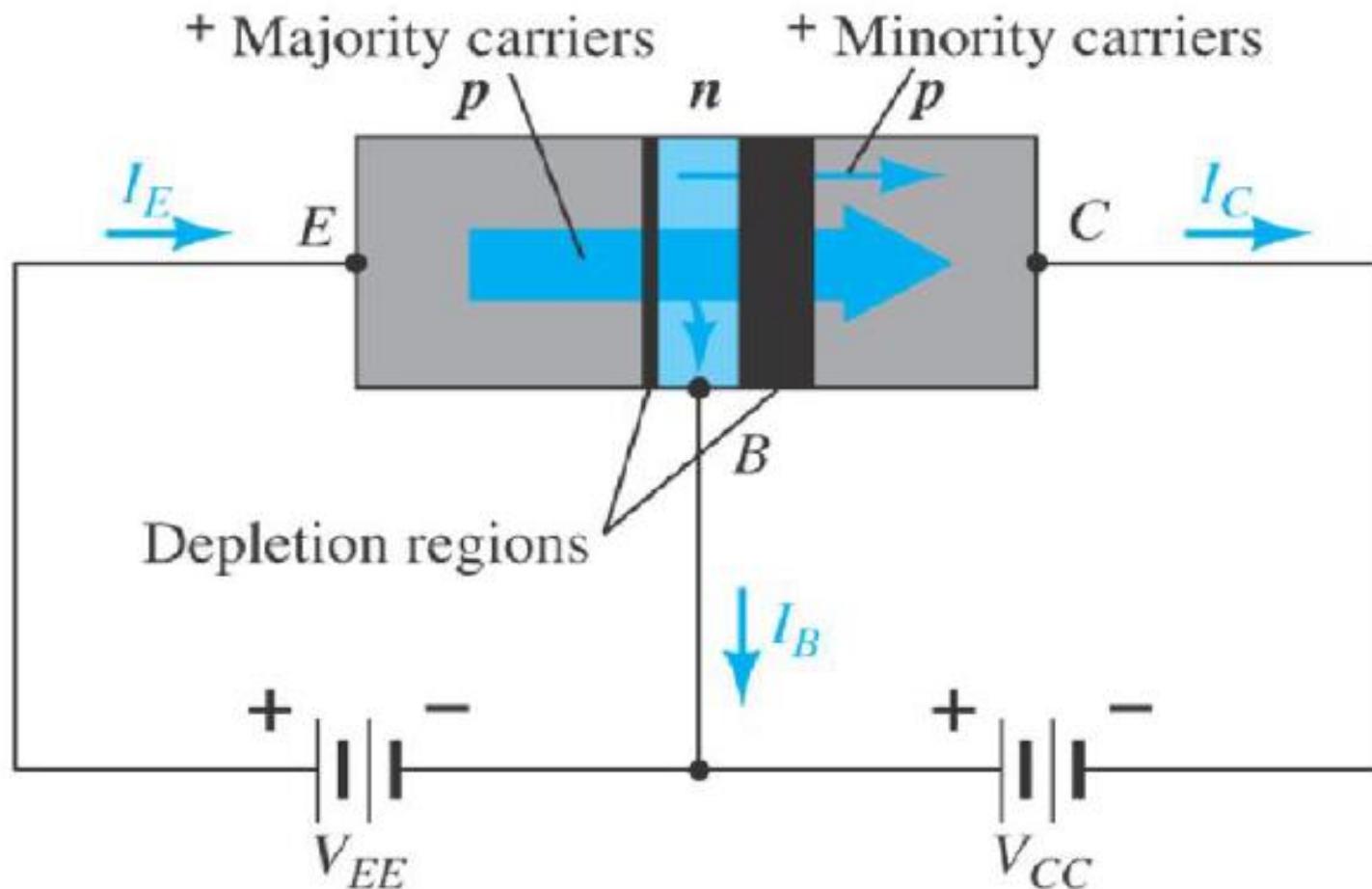
وصلة الخرج (BC) منحازة عكسيًا  
و يكون لدينا تيار من الحوامل الأقلية  
و هي الالكترونات.



# Majority and minority carrier flow of a pnp transistor

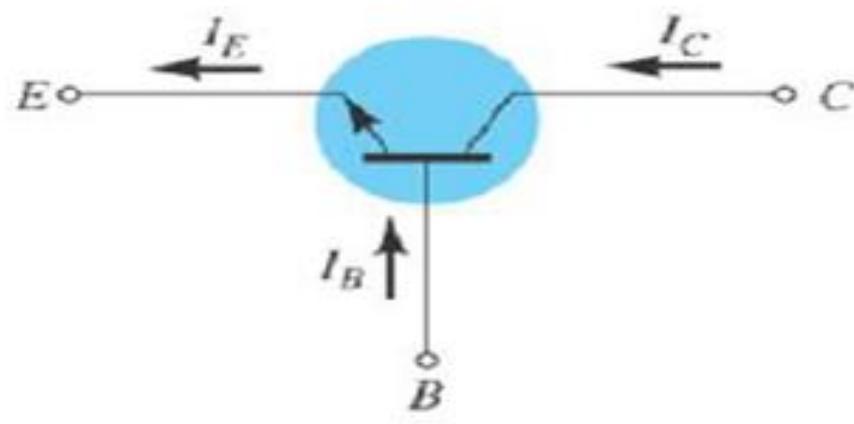
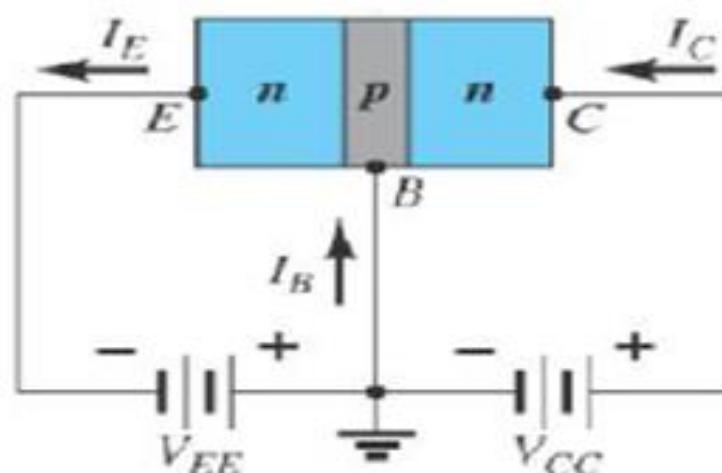
للفهم

جريان حوامل الشحنة الأكثرية و الأقلية



في الترانزستور في منطقة الانحياز العكسي والتي تكون فيها منطقة الاستنزاف (أو الانحياز أو المنطقة المحرمة) عريضة. وإن عدد كبير من حوامل الشحنات الأعظمية (الالكترونات أو الثقوب) سوف تنتشر عبر وصلة (الباعث - قاعدة) كونها منحازة أمامياً. هذه الالكترونات (أو الثقوب) تدخل منطقة القاعدة ويكون لديها خياران. يمكن أن تخرج من منطقة القاعدة خلال الوصلة إلى منبع الجهد الخارجي أو يمكن أن تستمر بالتدفق إلى منطقة المجمع عبر المنطقة المحرمة العريضة للوصلة المنحازة عكسيًا. نحن سنتوقع عادة أن الجزء الأكبر من هذا التيار سيعود إلى المنبع. ولكن لأن منطقة القاعدة رقيقة جداً فإن هذه الالكترونات ستحتاج لقطع مسافة أقل لتجذب إلى الكمون الموجب لوصيلة المجمع وحقيقة فإن جزء صغيراً من الالكترونات (أو حاملات الشحنة) سيترك القاعدة خلال وصلة المنبع وسيتدفق الجزء الأكبر إلى المجمع.

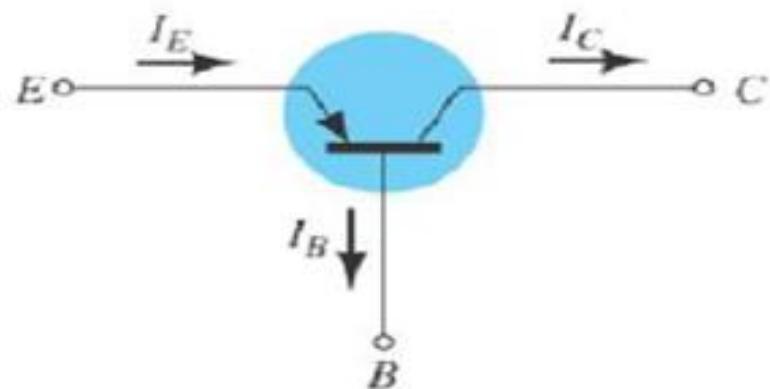
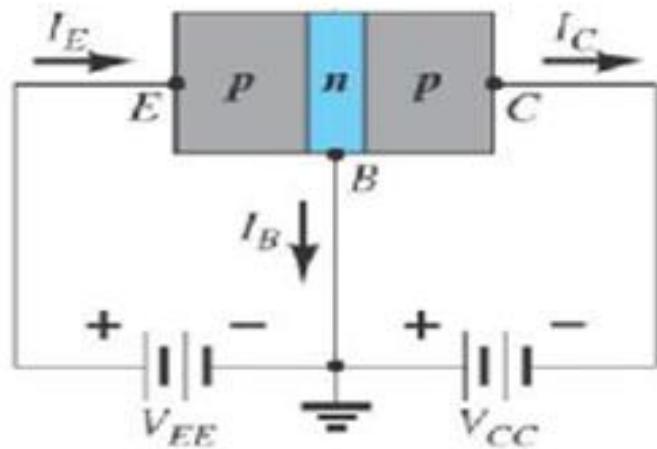
## الترانزستور NPN ذي القاعدة المشتركة



(b)

جهة السهم في رمز الترانزستور تشير إلى الطبقة (N)

# الترانزستور PNP ذي القاعدة المشتركة

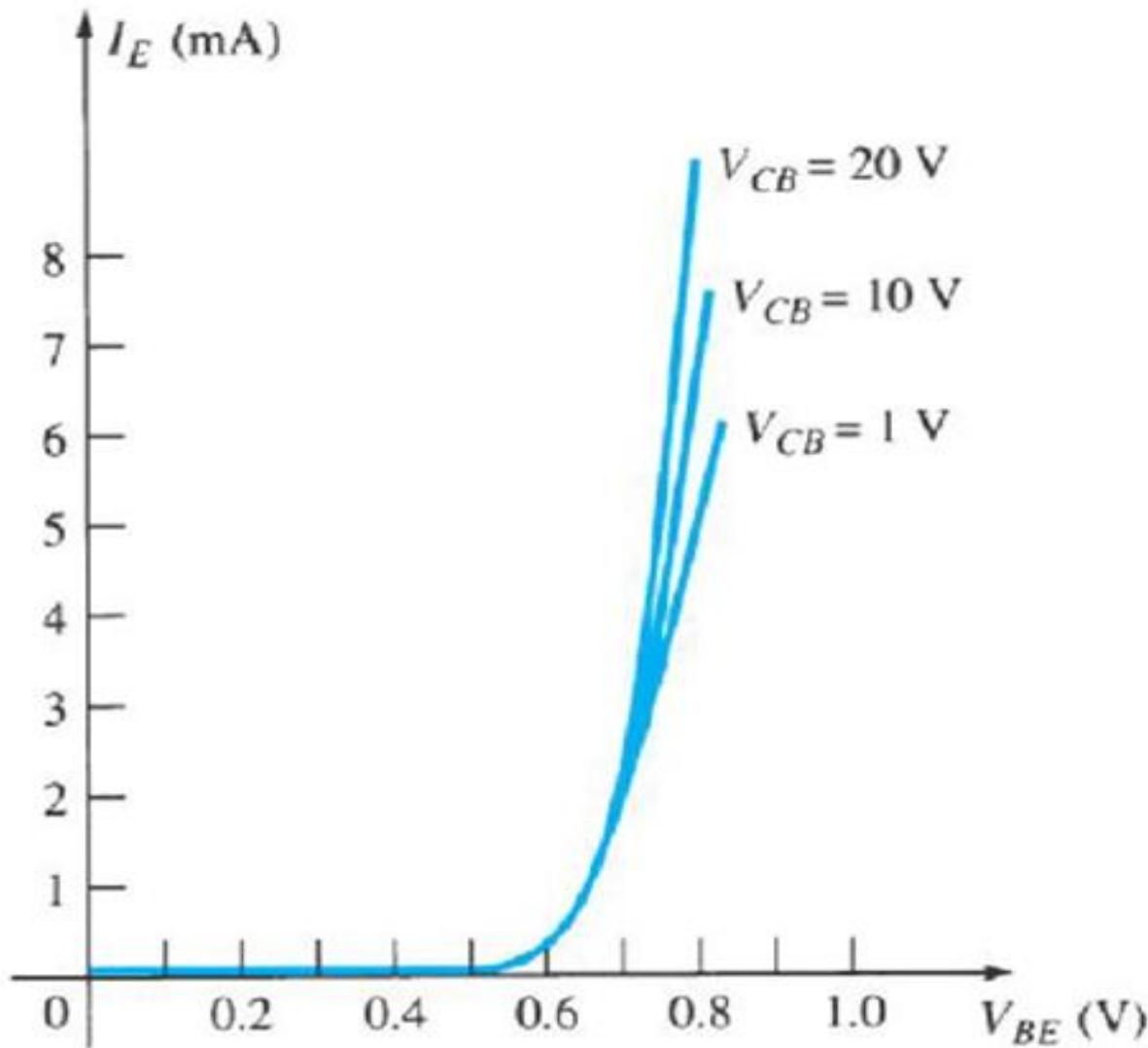


(a)

# Input characteristics for a common-base silicon transistor amplifier

للفهم

## خواص الدخل

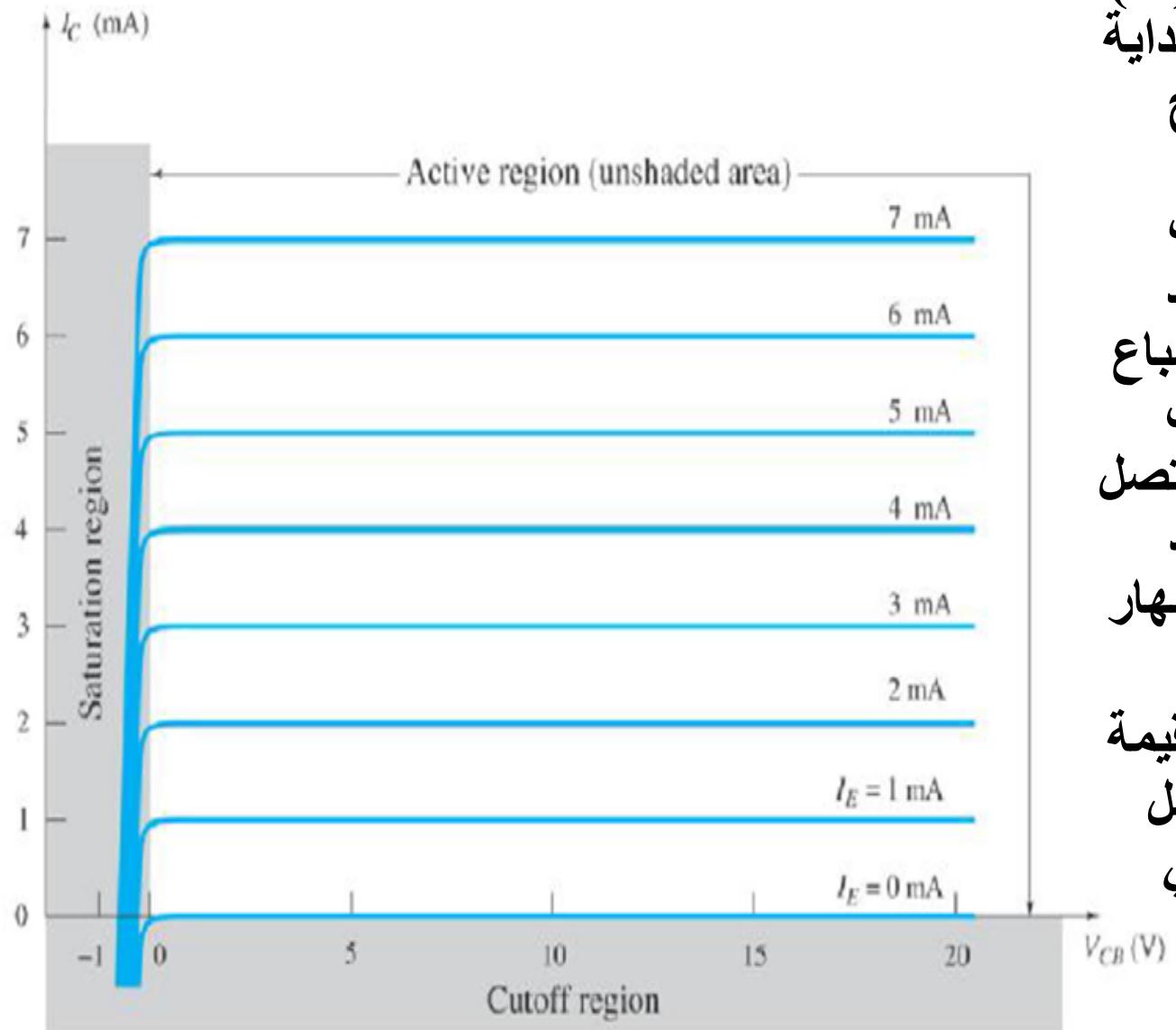


ندرس خواص الترانزستور في هذه الحالة تكون دارة الدخل في هذه التشكيلة من الباعث والقاعدة والوصلة باعث قاعدة (B-E) منحازة أمامياً فإن المنحنى المميز لدارة الدخل هو منحنى تيار الدخل ( $I_E$ ) كتابع لفلطية الدخل ( $V_{BE}$ ) وهو منحنى (I-V) لديود تقليدي حسب الشكل

# Output characteristics for a common-base transistor amplifier

## خصائص الخرج

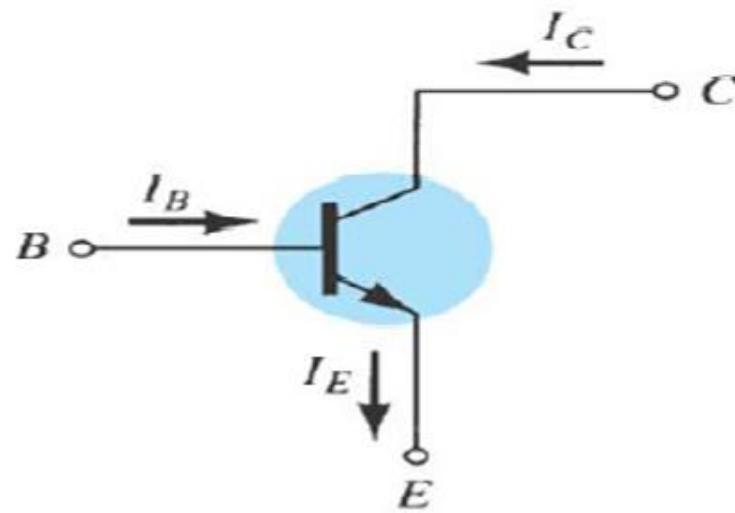
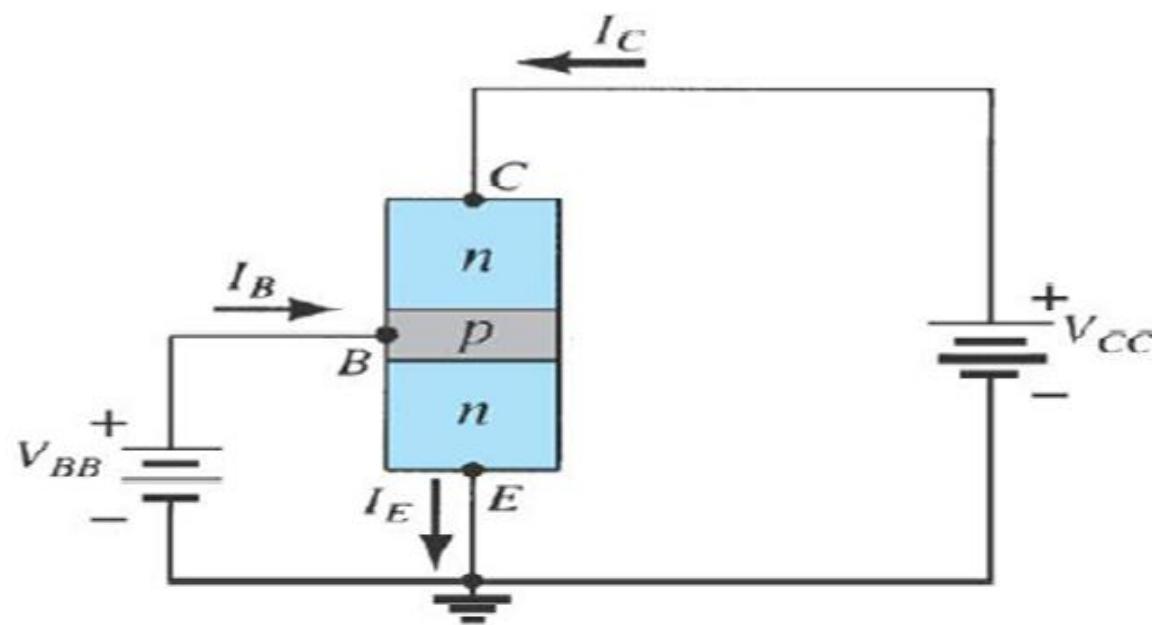
للفهم



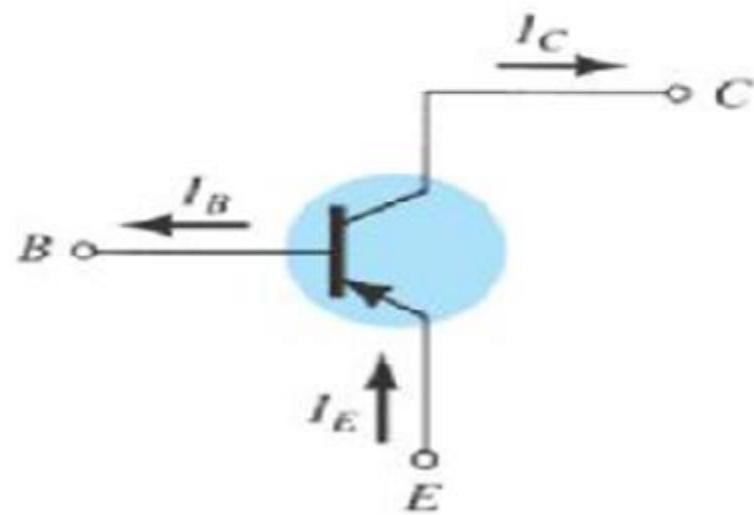
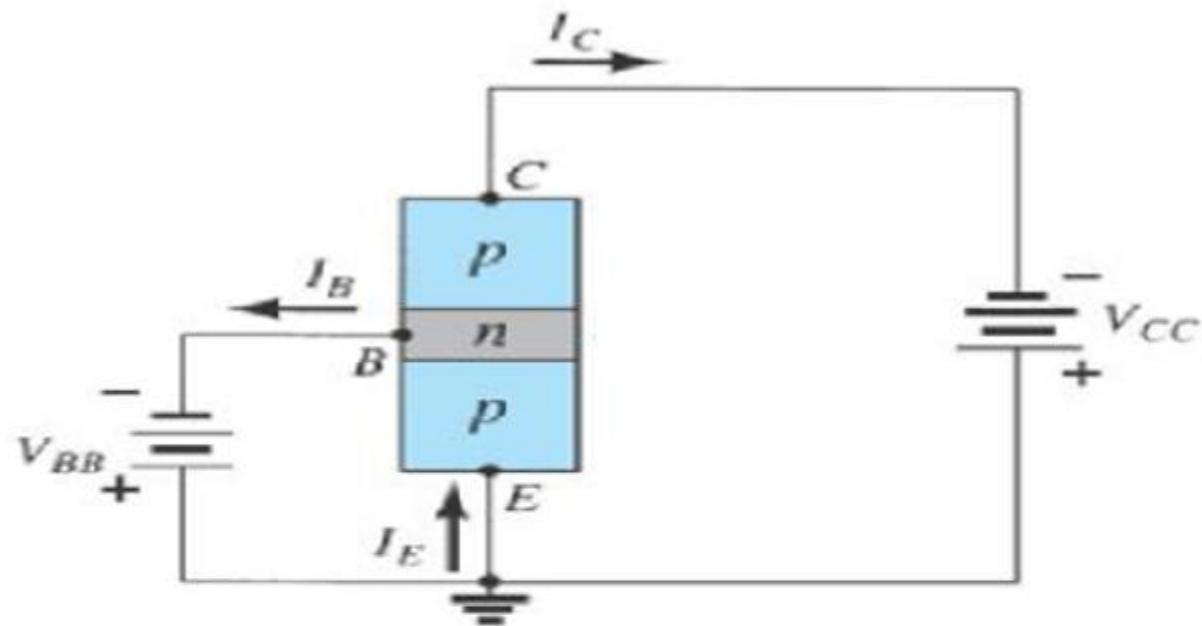
ولدراسة خواص دارة الخرج  
فسنفترض بداية أن تيار القاعدة  
ثابت (IB) وندرس المنحنى (IC)   
تابع لفلطية الخرج (VCE) بداية  
عند قيم صغيرة لفلطية الخرج  
يواجهه التيار (IC) المقاومة  
الأومية للوصلة (B-C) وبذلك  
تكون التغيرات خطية وبعد حد  
معين يصل التيار إلى حد الإشباع  
(تجاز جميع حوامل الشحنات  
المولدة في الباعث القاعدة وتصل  
إلى المجمع) فيثبت (IC) وبعد  
قيمة معينة للفلطية (VCE) ينها  
الترانزستور.

فإذا زدنا قيمة التيار (IB) (قيمة  
ثابتة أعلى من السابقة) نحصل  
على منحنى يقع فوق المنحنى  
السابق حسب الشكل.

# تشكيله الباعث المشترك في ترانزستور NPN



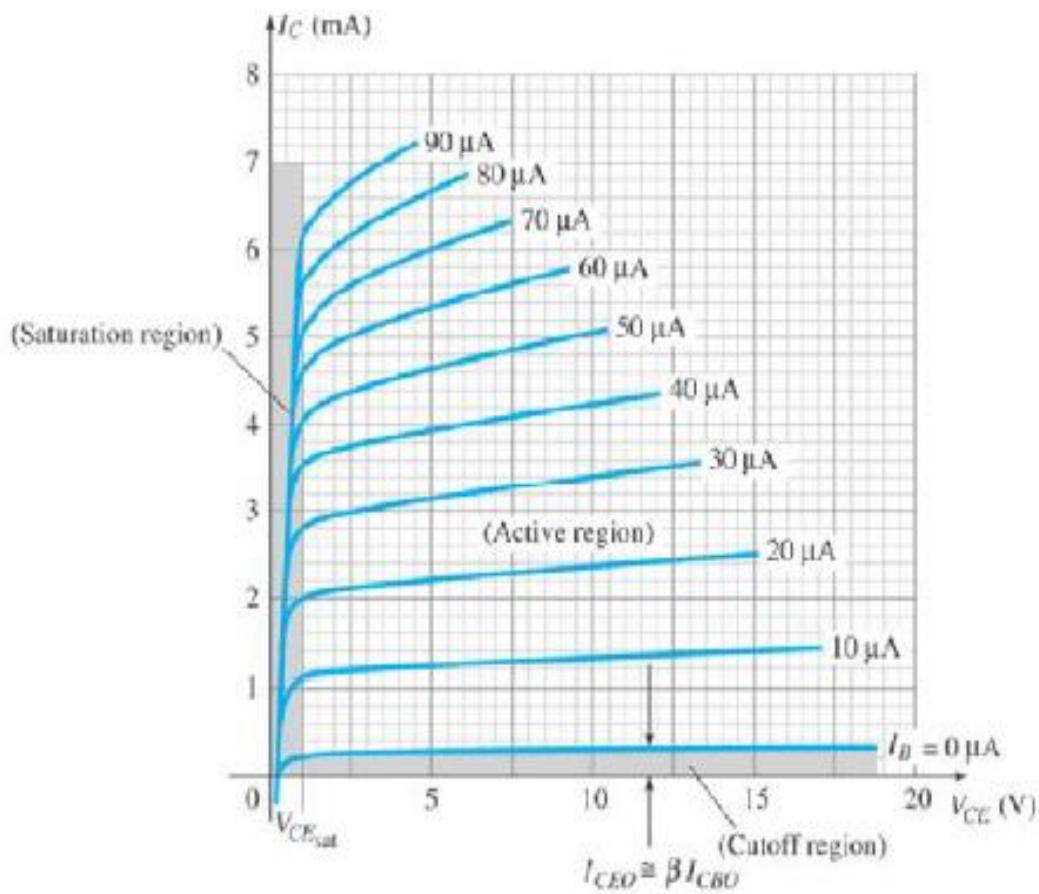
# تشكيله المعاين المشترك في ترانزستور PNP



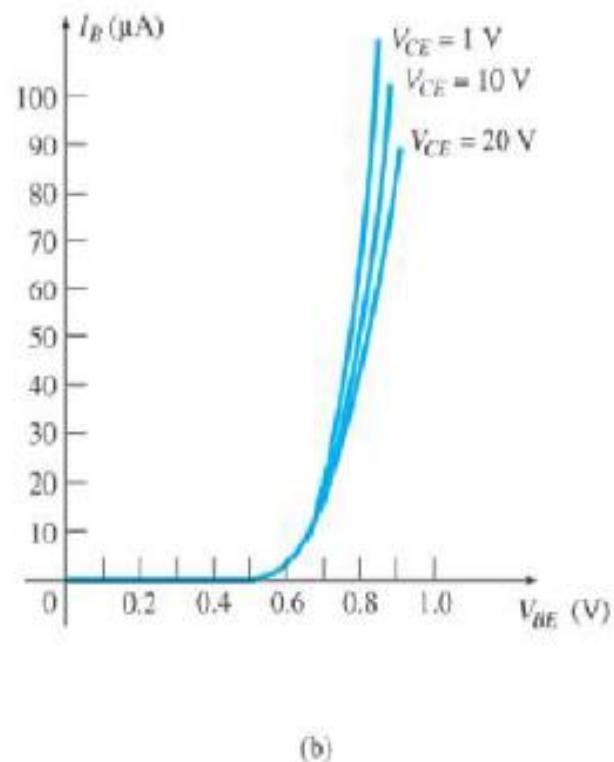
# Characteristics of a silicon transistor in the common-emitter configuration: (a) collector characteristics; (b) base characteristics

للفهم

خصائص الدخل و الخرج في الترانزستور ذو الباعث المشترك



(a)



(b)

# معاملات الترانزستور و علاقاته

$\beta$  هي عامل التضخيم بين المجمع والقاعدة في حالة التيار المستمر وتساوي النسبة بين تيار المجمع المستمر وتيار القاعدة المستمر

$$IE = IC + IB$$

$$IC = \beta IB$$

$$\beta = Ic/Ib$$

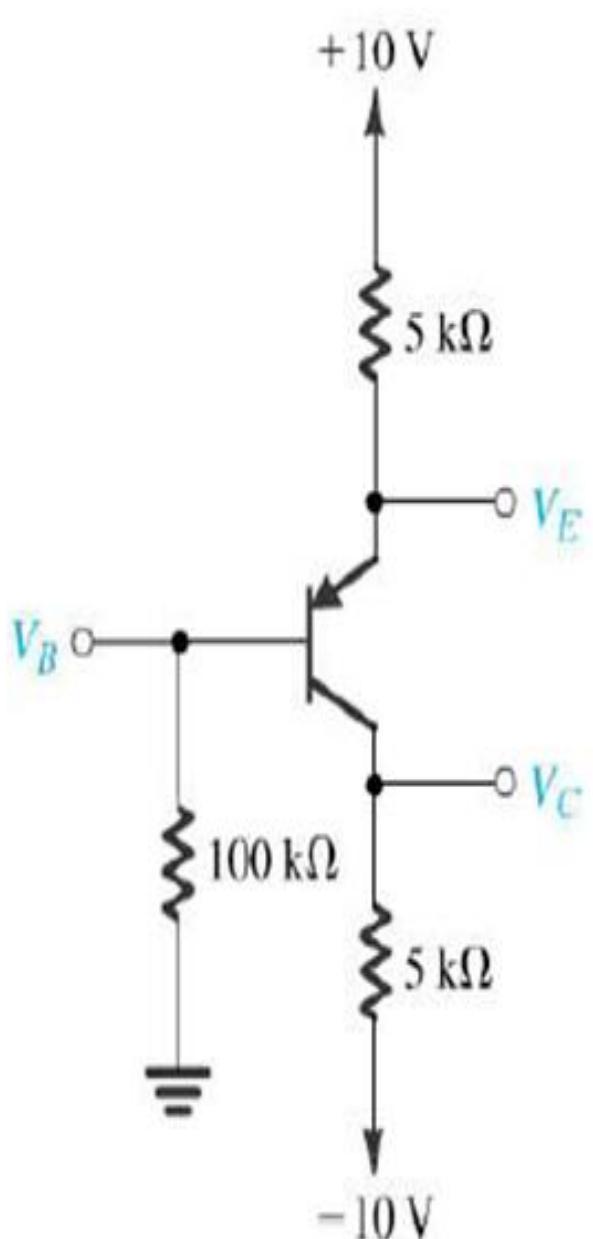
$$IE = IB + \beta IB = (1 + \beta) IB$$

في الدارة المبينة، احسب قيمة  $\beta$  للترانزستور و ما هي قيمة جهد المجمع  $V_C$  إذا علمت

أن:  $V_B = 1\text{ V}$ ,  $V_E = 1.7\text{ V}$

الأجوبة:

$\beta = 165$ ,  $V_C = -1.75\text{ V}$



ترانزستور NPN له كسب تيار للتيار المستمر (Beta) بالقيمة . 200 احسب  
 تيار القاعدة المطلوب لتوسيع تيار 4mA لحمل أومي resistive load  
 الحل:

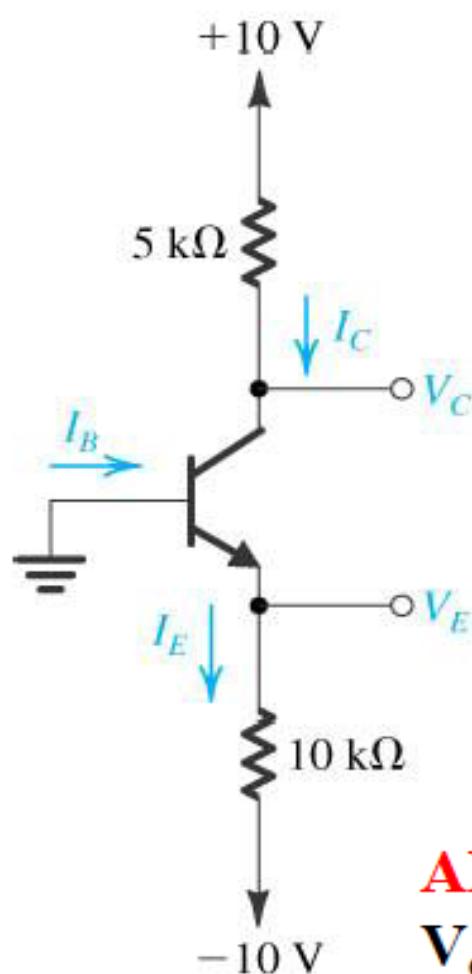
$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{4 \times 10^{-3}}{200} = 20\mu A$$

ترانزستور NPN له جهد انحياز قاعدة مستمر V<sub>b</sub> بالقيمة 10V ومقاومة دخل القاعدة R<sub>b</sub> بالقيمة 100KΩ ما هي قيمة تيار القاعدة الداخل إلى الترانزستور

$$I_B = \frac{V_B - V_{BE}}{R_B} = \frac{10 - 0.7}{100k\Omega} = 93\mu A$$

# مسألة

- إذا علمت أن  $(\beta=50)$  و  $(V_E = -0.7V)$  أوجد:  $I_E$ ,  $I_B$ ,  $I_C$  and  $V_C$  and  $V_{CE}$



**ANS:**  $I_E = 0.93\text{mA}$ ,  $I_B = 18.23 \mu\text{A}$ ,  $I_C = 0.91 \text{mA}$ ,  
 $V_C = 5.45 \text{V}$ ,  $V_{CE} = 6.15 \text{V}$