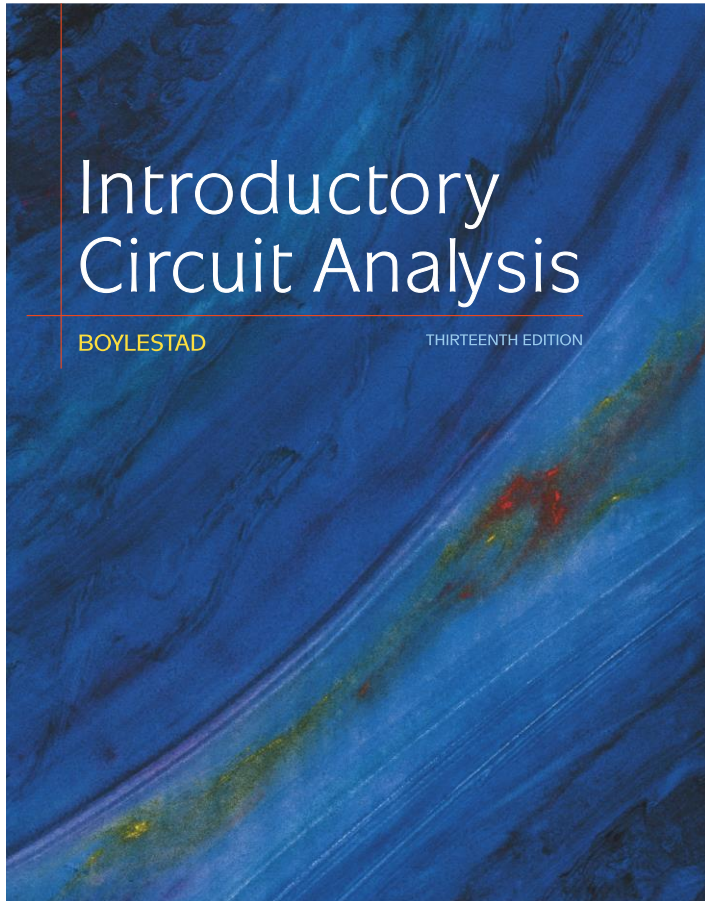


# Devre Analizine Giriş



## **BÖLÜM 6** **PARALEL DC DEVRELERİ**

**BMB2012 – Elektronik Devreler ve Aygıtlar**  
**Ders Notları**  
**Bursa Uludağ Üniversitesi**  
**Bilgisayar Mühendisliği Bölümü**  
**2023-2024 Bahar Yarıyılı**

**Çeviren ve Düzenleyen:**  
**Prof. Dr. Kemal FİDANBOYLU**

# BÖLÜM HEDEFLERİ (1)

- Paralel bir devrenin özelliklerini ve her bir elemana giden voltaj, akım ve gücün nasıl hesaplanacağını anlamak.
- Kirchhoff'un akım kanununu ve elektrik devrelerinin analizindeki önemini net bir şekilde anlamak.

# BÖLÜM HEDEFLERİ (2)

- Kaynak akımının paralel elemanlar arasında nasıl bölüneceğinin ve akım bölücü kuralının nasıl düzgün bir şekilde uygulanacağını anlamak.
- Açık ve kısa devrelerin bir şebekenin davranışı üzerindeki etkisini anlamak.

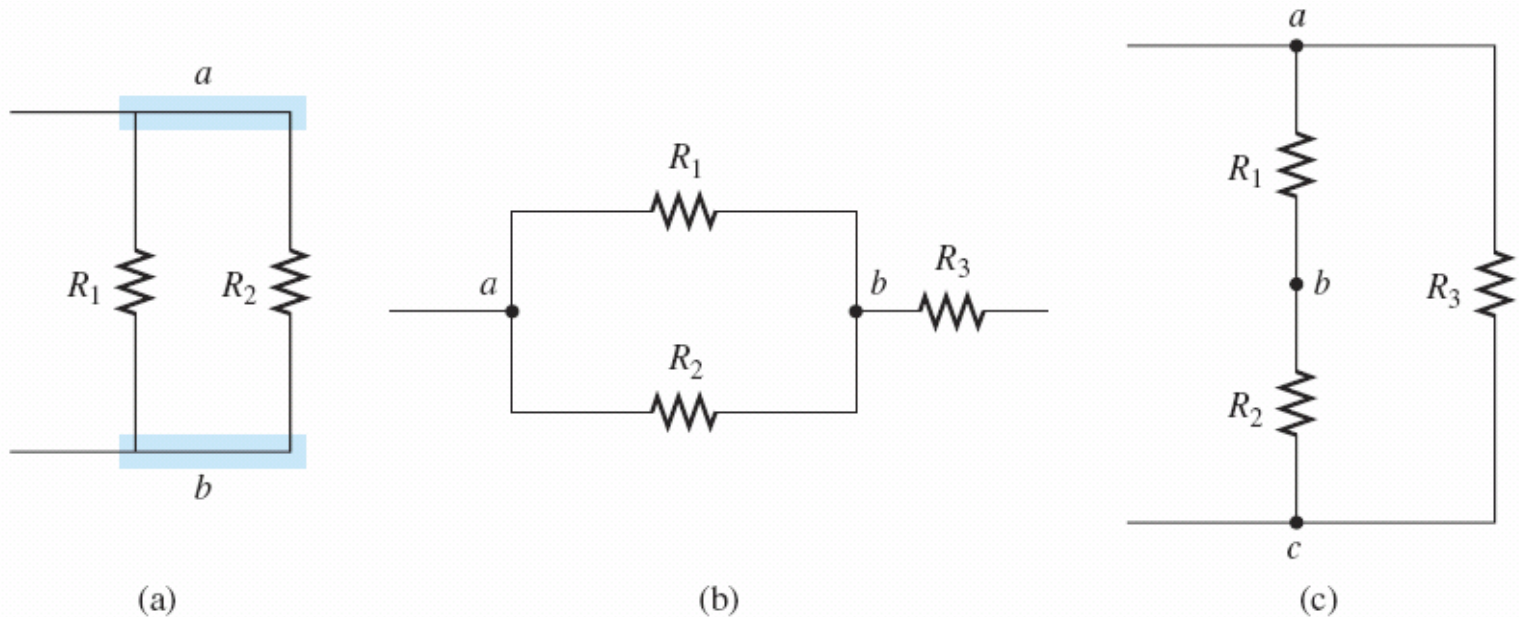
# GİRİŞ

- Seri ve paralel olmak üzere iki şebeke yapılandırması, en karmaşık şebeke yapılarından bazılarının çerçevesini oluşturur.
- Her birinin net bir şekilde anlaşılması, daha karmaşık yöntemler ve şebekeler incelenirken çok büyük faydalar sağlayacaktır.

# PARALEL DİRENÇLER (1)

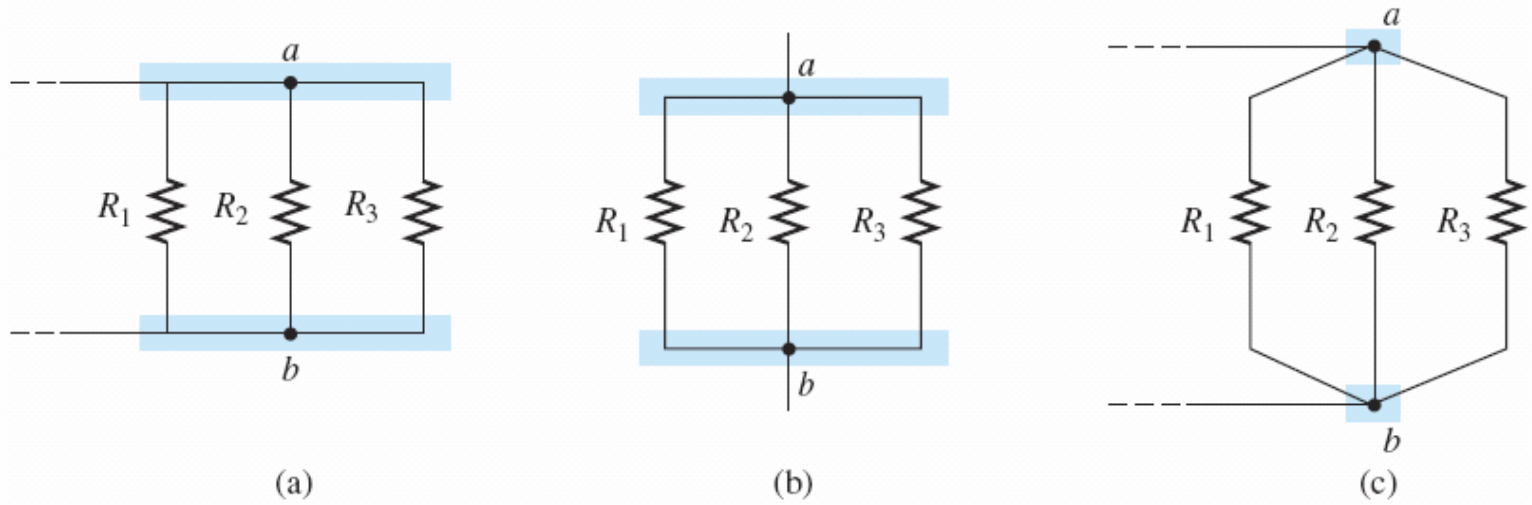
- Paralel terimi, çoğu kişinin genel özelliklerinin farkında olduğu iki unsur arasındaki fiziksel bir düzenlemeyi tanımlamak için sıklıkla kullanılır.
  - Genel olarak, iki eleman, branş veya devre ortak iki noktaya sahipse paraleldir.

# PARALEL DİRENÇLER (2)



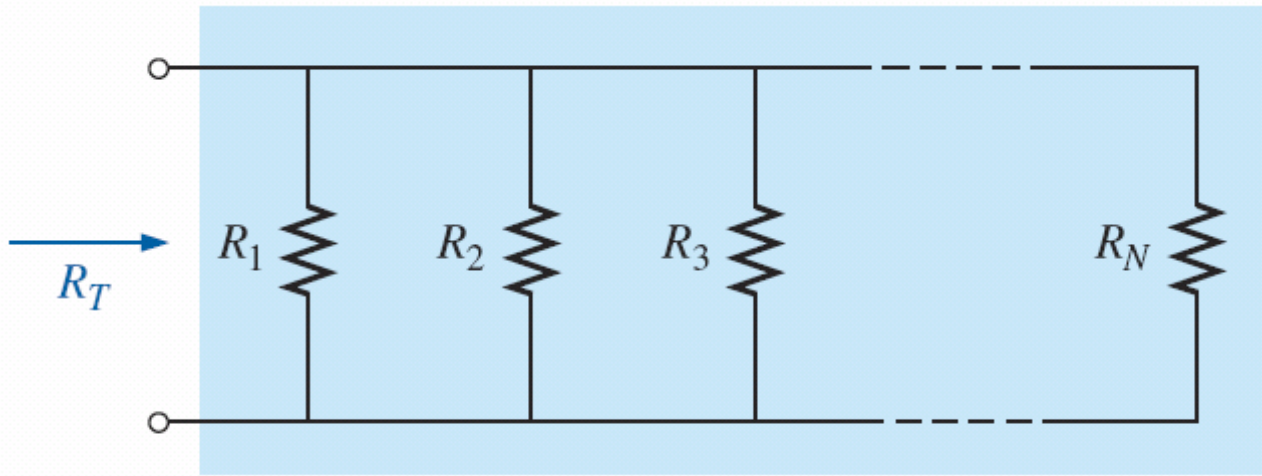
**Şekil 6.1** (a) Paralel bağlı dirençler; (b)  $R_1$  ve  $R_2$  dirençleri birbirine paralel olarak bağlıdır; (c)  $R_3$  direnci birbirine seri olarak bağlı olan  $R_1$  ve  $R_2$  dirençlerine paralel olarak bağlıdır.

# PARALEL DİRENÇLER (3)



**Şekil 6.2** Paralel bağlı üç direncin şematik gösterimi.

# PARALLEL DİRENÇLER (4)



**Şekil 6.3** *Dirençlerin paralel kombinasyonu.*

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

$$G_T = G_1 + G_2 + G_3 + \cdots + G_N$$

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

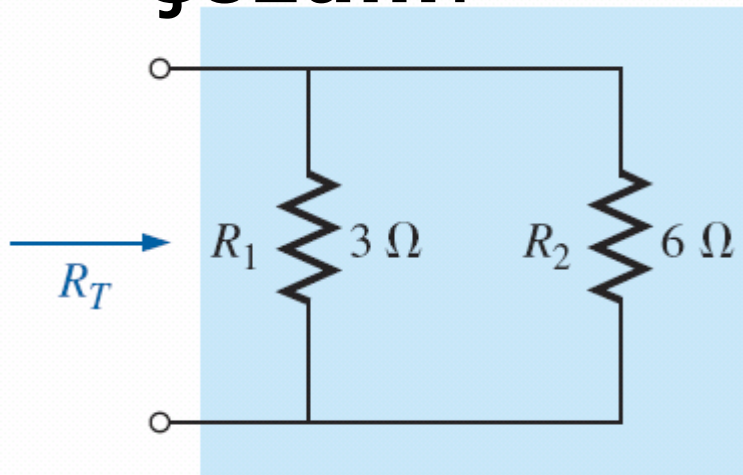
$$G = I/R$$



# PARALEL DİRENÇLER (5)

- **Örnek 6.1:** (a) Şekil 6.4'teki paralel şebekenin toplam iletkenliğini bulun; (b) Şık (a) ve Denklem (6.3)'ün sonuçlarını kullanarak toplam direnci bulun.

- **Çözüm:**



$$\text{a. } G_1 = \frac{1}{R_1} = \frac{1}{3\ \Omega} = 0.333\ \text{S}, \quad G_2 = \frac{1}{R_2} = \frac{1}{6\ \Omega} = 0.167\ \text{S}$$

$$G_T = G_1 + G_2 = 0.333\ \text{S} + 0.167\ \text{S} = \mathbf{0.5\ \text{S}}$$

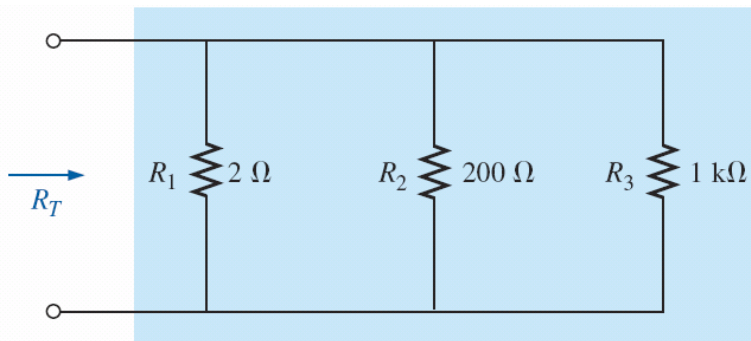
$$\text{b. } R_T = \frac{1}{G_T} = \frac{1}{0.5\ \text{S}} = \mathbf{2\ \Omega}$$

$$\begin{aligned} R_T &= \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{1}{\frac{1}{3\ \Omega} + \frac{1}{6\ \Omega}} \\ &= \frac{1}{0.333\ \text{S} + 0.167\ \text{S}} = \frac{1}{0.5\ \text{S}} = \mathbf{2\ \Omega} \end{aligned}$$

**Şekil 6.4** Örnek 6.1 için paralel bağlı dirençler.

# PARALEL DİRENÇLER (6)

- **Örnek 6.2:** (a) İnceleme ile, Şekil 6.5'teki hangi paralel eleman en az iletkenliğe sahiptir? Şebekenin toplam iletkenliğini belirleyin ve sonucunuzun doğru olup olmadığını kontrol edin;



(b) Şık (a)'nın sonuçlarından ve denklem (6.3)'ü uygulayarak toplam direnci belirleyin.

**Şekil 6.5** Örnek 6.2 için paralel bağlı dirençler.

# PARALEL DİRENÇLER (7)

- **Çözüm:**

(a) 1 k $\Omega$  direnç en büyük dirence ve dolayısıyla yük akışına (iletkenlik düzeyi) en büyük engel olduğundan, en düşük iletkenlik düzeyine sahip olacaktır.

$$G_1 = \frac{1}{R_1} = \frac{1}{2 \Omega} = 0.5 \text{ S}, G_2 = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{200 \Omega} = 0.005 \text{ S} = 5 \text{ mS}$$

$$G_3 = \frac{1}{R_3} = \frac{1}{1 \text{ k}\Omega} = \frac{1}{1000 \Omega} = 0.001 \text{ S} = 1 \text{ mS}$$

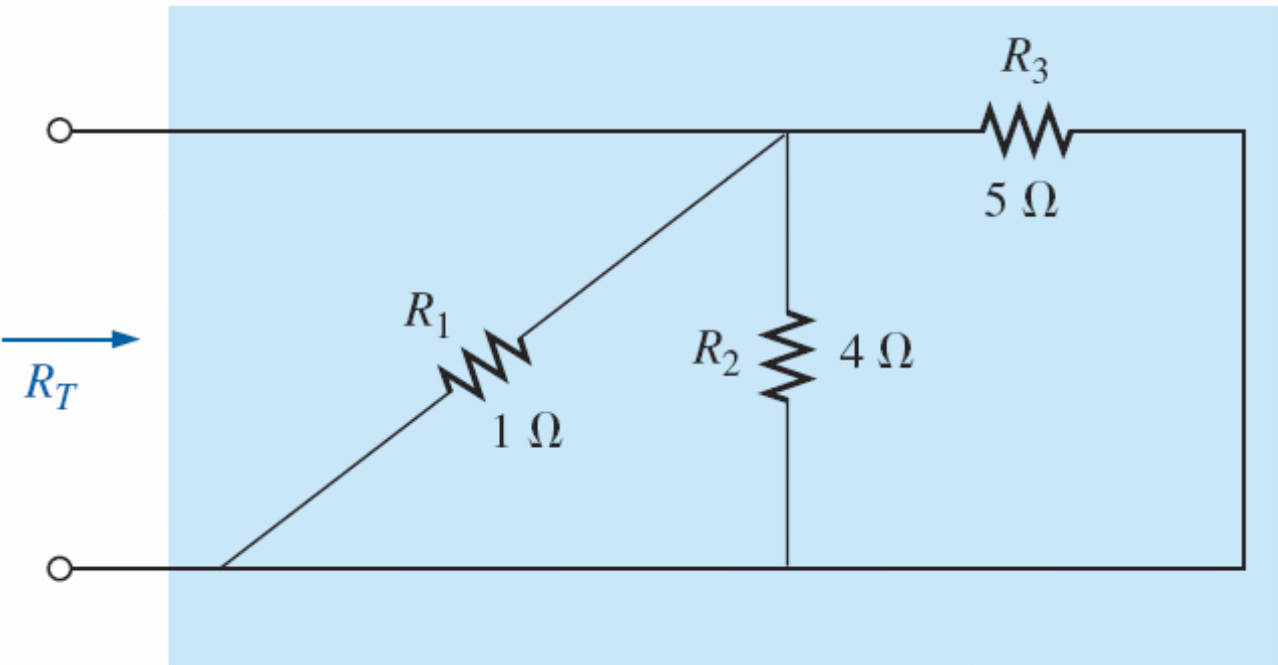
$$G_T = G_1 + G_2 + G_3 = 0.5 \text{ S} + 5 \text{ mS} + 1 \text{ mS} \\ = \mathbf{506 \text{ mS}}$$

$$\text{b. } R_T = \frac{1}{G_T} = \frac{1}{506 \text{ mS}} = \mathbf{1.976 \Omega}$$

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{1}{\frac{1}{2 \Omega} + \frac{1}{200 \Omega} + \frac{1}{1 \text{ k}\Omega}} \\ = \frac{1}{0.5 \text{ S} + 0.005 \text{ S} + 0.001 \text{ S}} = \frac{1}{0.506 \text{ S}} = \mathbf{1.98 \Omega}$$

# PARALEL DİRENÇLER (8)

- **Örnek 6.3:** Şekil 6.6'daki konfigürasyonun toplam direncini bulun.

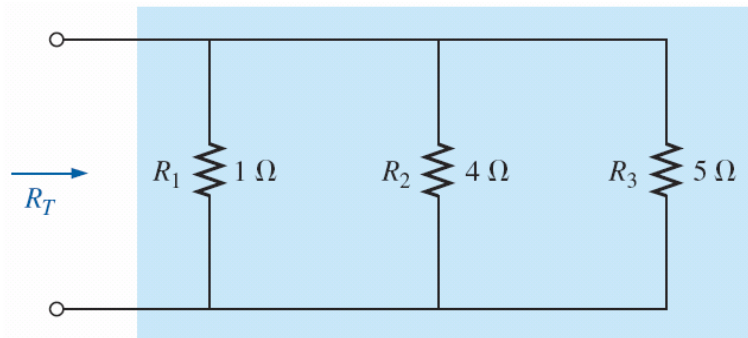


**Şekil 6.6** Örnek 6.3'te analiz edilecek devre.

# PARALEL DİRENÇLER (9)

- **Çözüm:**

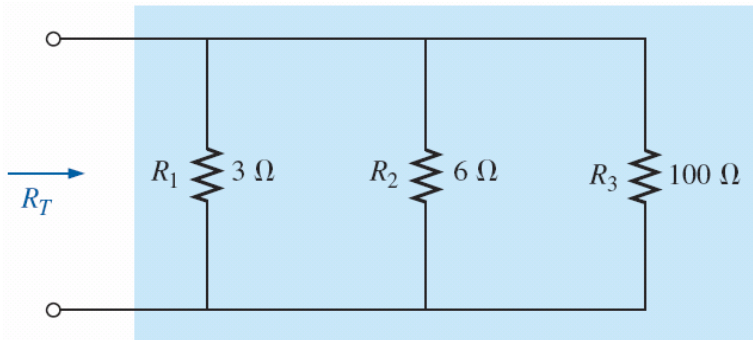
$$\begin{aligned} R_T &= \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{1}{\frac{1}{1\ \Omega} + \frac{1}{4\ \Omega} + \frac{1}{5\ \Omega}} \\ &= \frac{1}{1\ \text{S} + 0.25\ \text{S} + 0.2\ \text{S}} = \frac{1}{1.45\ \text{S}} \cong \mathbf{0.69\ \Omega} \end{aligned}$$



**Şekil 6.7** Şekil 6.6'daki devrenin yeniden çizilmiş hali.

# PARALEL DİRENÇLER (10)

- **Örnek 6.4:** (a) Şekil 6.8'de gösterildiği gibi Örnek 6.1'deki paralel dirençlere paralel olarak  $100\ \Omega$ 'luk başka bir direnç eklenmesinin etkisi nedir?



(b) Şekil 6.8'deki konfigürasyona paralel  $1\ \Omega$  direnç eklemenin etkisi nedir?

**Şekil 6.8** Şekil 6.4'teki şebekeye paralel olarak  $100\ \Omega$  direnç eklenmesi.

# PARALEL DİRENÇLER (11)

- **Çözüm:**

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{1}{\frac{1}{3 \Omega} + \frac{1}{6 \Omega} + \frac{1}{100 \Omega}}$$
$$= \frac{1}{0.333 \text{ S} + 0.167 \text{ S} + 0.010 \text{ S}} = \frac{1}{0.510 \text{ S}} = 1.96 \Omega$$

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} = \frac{1}{\frac{1}{3 \Omega} + \frac{1}{6 \Omega} + \frac{1}{100 \Omega} + \frac{1}{1 \Omega}}$$
$$= \frac{1}{0.333 \text{ S} + 0.167 \text{ S} + 0.010 \text{ S} + 1 \text{ S}} = \frac{1}{1.51 \text{ S}} = 0.66 \Omega$$

- **Not:** Paralel dirençlerin toplam direnci, değerlerine bakılmaksızın paralel olarak yeni dirençler eklendikçe her zaman düşecektir.

# PARALEL DİRENÇLER: Özel Durum

## - Eşit Paralel Dirençler (12)

- $N$  tane aynı değere sahip direnci paralel olarak birbirine bağlarsak, denklem (6.3) aşağıdaki şekilde olur:

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \cdots + \frac{1}{R_N}}$$
$$= \frac{1}{N\left(\frac{1}{R}\right)} = \frac{1}{\frac{N}{R}}$$

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

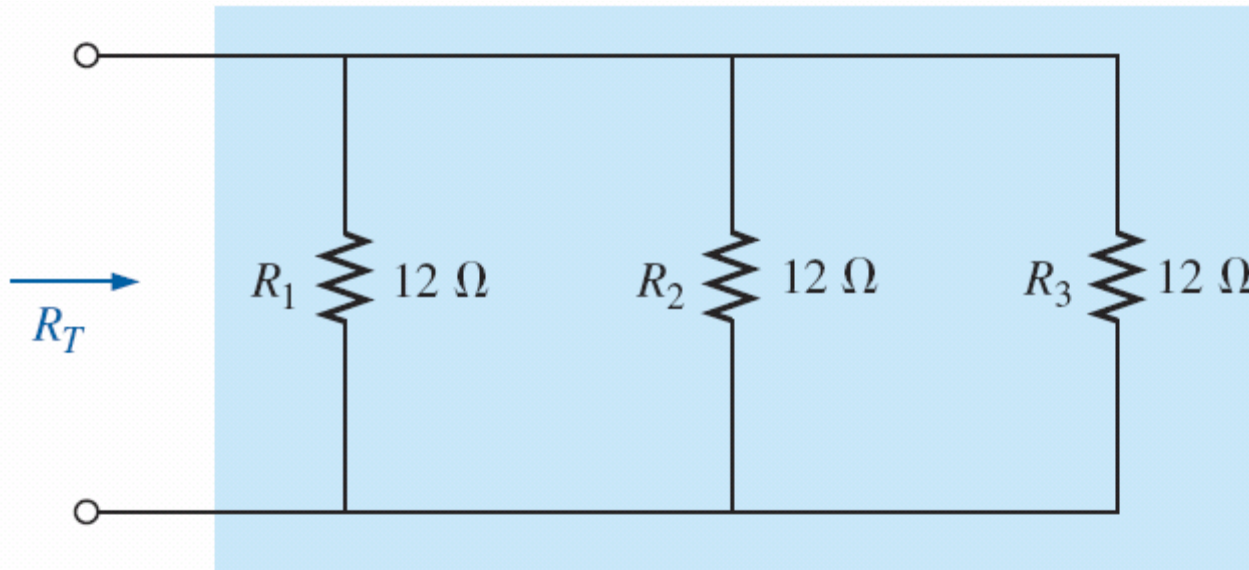
- Eşit değerdeki  $N$  paralel direncin toplam direnci, bir direncin paralel dirençlerin sayısına ( $N$ ) bölümüdür.



# PARALEL DİRENÇLER: Özel Durum

## - Eşit Paralel Dirençler (13)

- **Örnek 6.5:** Şekil.6.9'daki paralel dirençlerin toplam direncini bulun.



- **Çözüm:**

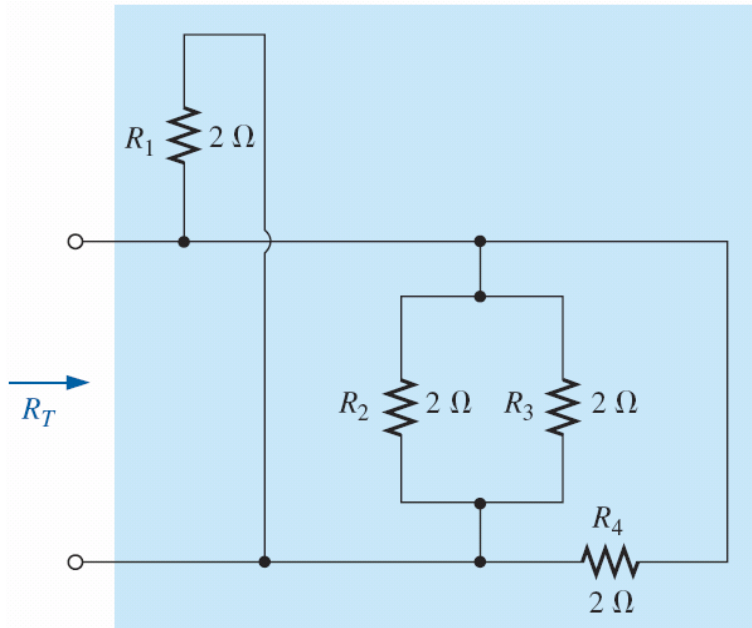
$$R_T = \frac{R}{N} = \frac{12\ \Omega}{3} = 4\ \Omega$$

**Şekil 6.9** Örnek 6.5'te incelenecek üç eşit paralel direnç.

# PARALEL DİRENÇLER: Özel Durum

## - Eşit Paralel Dirençler (14)

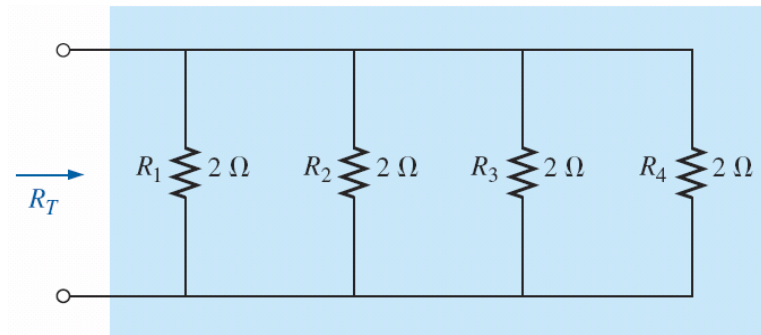
- **Örnek 6.6:** Şekil 6.10'daki konfigürasyon için toplam direnci bulun.



**Şekil 6.10** Örnek 6.6 için paralel konfigürasyon.

- **Çözüm:**

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



**Şekil 6.11** Şekil 6.10'daki devrenin yeniden çizilmiş hali.

# PARALEL DİRENÇLER: Özel Durum

## - İki Paralel Direnç (15)

- Çoğu durumda, sadece iki veya üç paralel direncin birleştirilmesi gerekecektir.
- İki paralel direncin toplam direnci, değerlerinin birbirisiyle çarpımlarının toplamına bölünmesiyle elde edilir.

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

# PARALEL DİRENÇLER: Özel Durum

## - İki Paralel Direnç (16)

- Üç paralel direnç için, burada türetilen denklem iki kez uygulanabilir veya denklem (6.3) kullanılabilir.
- Seri devrelere benzer bir şekilde, paralel devrelerdeki paralel dirençler, toplam direnci etkilemeden değiştirilebilir.

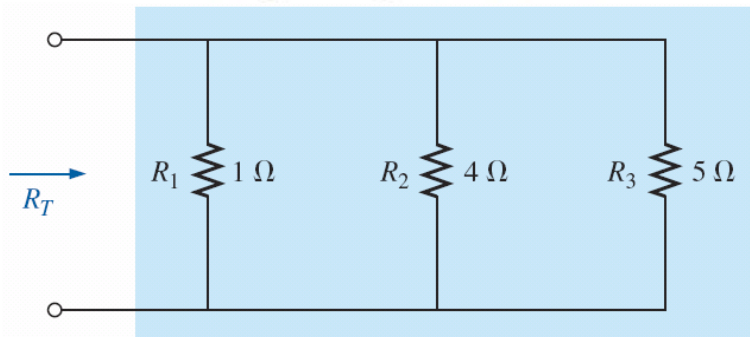
# PARALEL DİRENÇLER: Özel Durum

## - İki Paralel Direnç (17)

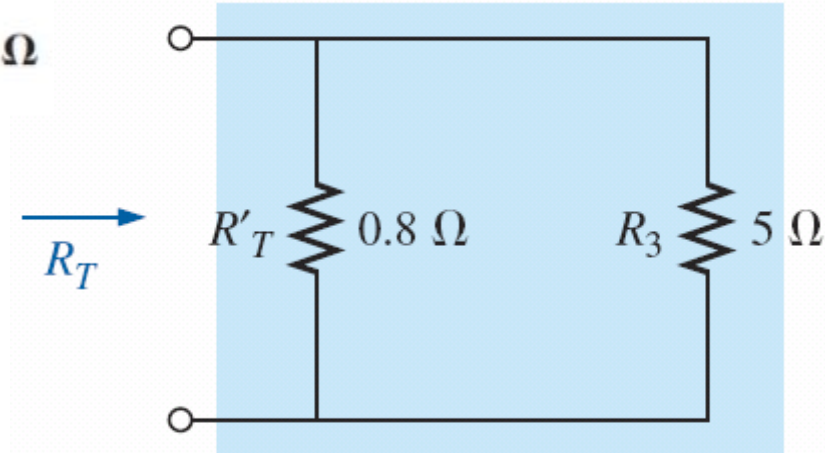
- **Örnek 6.8:** Denklem (6.5)'i iki kez uygulayarak Şekil 6.7'deki paralel kombinasyon için toplam direnci belirleyin.

- **Çözüm:** 
$$R'_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{(1\ \Omega)(4\ \Omega)}{1\ \Omega + 4\ \Omega} = \frac{4}{5}\ \Omega = 0.8\ \Omega$$

$$R_T = \frac{R'_T R_3}{R'_T + R_3} = \frac{(0.8\ \Omega)(5\ \Omega)}{0.8\ \Omega + 5\ \Omega} = \frac{4}{5.8}\ \Omega = 0.69\ \Omega$$



**Şekil 6.7** Şekil 6.6'daki devrenin yeniden çizilmiş hali.



**Şekil 6.12** Şekil 6.7'deki devrenin indirgenmiş eşdeğeri.

# PARALEL DİRENÇLER: Özel Durum

## - İki Paralel Direnç (18)

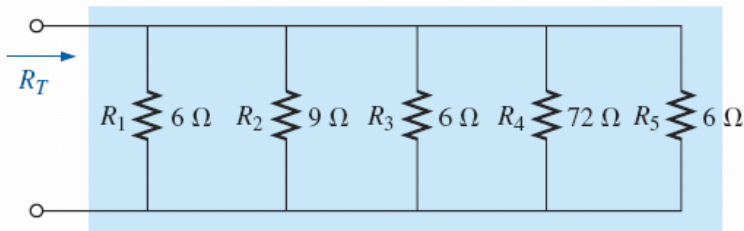
- **Örnek 6.9:** Şekil 6.13'teki paralel elemanların toplam direncini bulun.

$$R'_T = \frac{R}{N} = \frac{6 \, \Omega}{3} = 2 \, \Omega$$

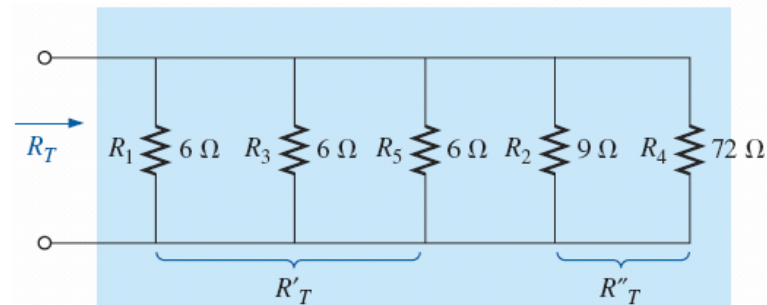
$$R''_T = \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4} = \frac{(9 \, \Omega)(72 \, \Omega)}{9 \, \Omega + 72 \, \Omega} = \frac{648}{81} \, \Omega = 8 \, \Omega$$

$$R_T = \frac{R'_T R''_T}{R'_T + R''_T} = \frac{(2 \, \Omega)(8 \, \Omega)}{2 \, \Omega + 8 \, \Omega} = \frac{16}{10} \, \Omega = 1.6 \, \Omega$$

• **Çözüm:**



**Şekil 6.13** Örnek 6.9 için paralel devre.



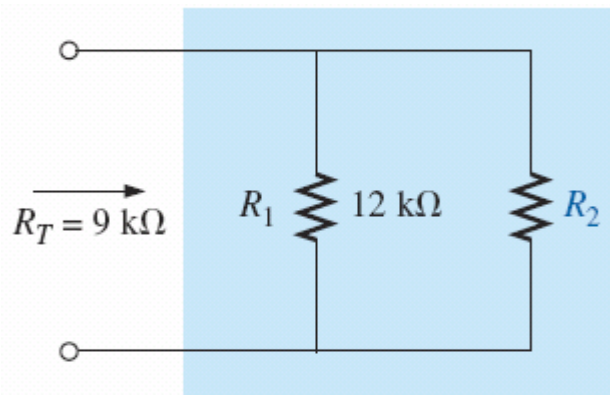
**Şekil 6.14** Şekil 6.13'deki devrenin yeniden çizilmiş hali (Örnek 6.9).

# PARALEL DİRENÇLER: Özel Durum

## - İki Paralel Direnç (19)

- **Örnek 6.10:** Toplam  $9\text{ k}\Omega$  direnç oluşturmak için Şekil 6.15'teki  $R_2$ 'nin değerini bulun.

- **Çözüm:**



$$R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_T(R_1 + R_2) = R_1 R_2$$

$$R_T R_1 + R_T R_2 = R_1 R_2$$

$$R_T R_1 = R_1 R_2 - R_T R_2$$

$$R_T R_1 = (R_1 - R_T) R_2$$

$$R_2 = \frac{R_T R_1}{R_1 - R_T}$$

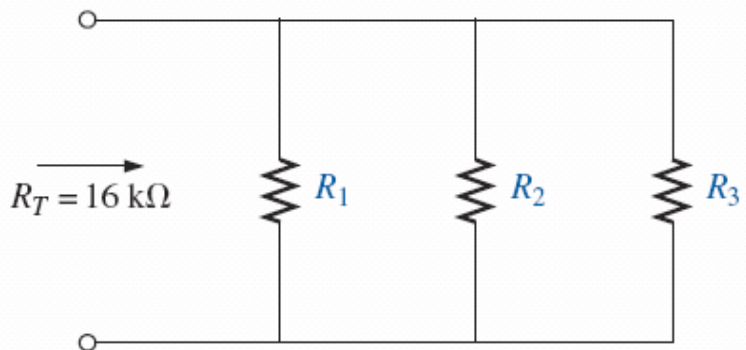
$$R_2 = \frac{(9\text{ k}\Omega)(12\text{ k}\Omega)}{12\text{ k}\Omega - 9\text{ k}\Omega} = \frac{108}{3}\text{ k}\Omega = 36\text{ k}\Omega$$

**Şekil 6.15** Örnek 6.10 için paralel devre.

# PARALEL DİRENÇLER: Özel Durum

## - İki Paralel Direnç (20)

- **Örnek 6.11:**  $R_2 = 2R_1$ ,  $R_3 = 2R_2$  ve toplam direnç  $16 \text{ k}\Omega$  ise Şekil 6.16'daki  $R_1$ ,  $R_2$  ve  $R_3$ 'ün değerlerini bulun.
- **Çözüm:**  $\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$        $R_2 = 2R_1$        $R_3 = 2R_2 = 2(2R_1) = 4R_1$



**Şekil 6.16** Örnek 6.11 için paralel devre.

$$\frac{1}{16 \text{ k}\Omega} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{2R_1} + \frac{1}{4R_1}$$

$$\frac{1}{16 \text{ k}\Omega} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{2} \left( \frac{1}{R_1} \right) + \frac{1}{4} \left( \frac{1}{R_1} \right)$$

$$\frac{1}{16 \text{ k}\Omega} = 1.75 \left( \frac{1}{R_1} \right)$$

$$R_1 = 1.75(16 \text{ k}\Omega) = \mathbf{28 \text{ k}\Omega}$$

$$R_2 = 2R_1 = 2(28 \text{ k}\Omega) = \mathbf{56 \text{ k}\Omega}$$

$$R_3 = 2R_2 = 2(56 \text{ k}\Omega) = \mathbf{112 \text{ k}\Omega}$$



# PARALEL DİRENÇLER (21)

## Analojiler

- Bir merdivende, merdivenin basamakları paralel bir konfigürasyon oluşturur.
- Halatlar bir kanca ile bir yük arasına bağlandığında, paralel bir konfigürasyonda stresi etkili bir şekilde emerler.
- Asma bir yolun kabloları paralel bir konfigürasyon oluşturur.

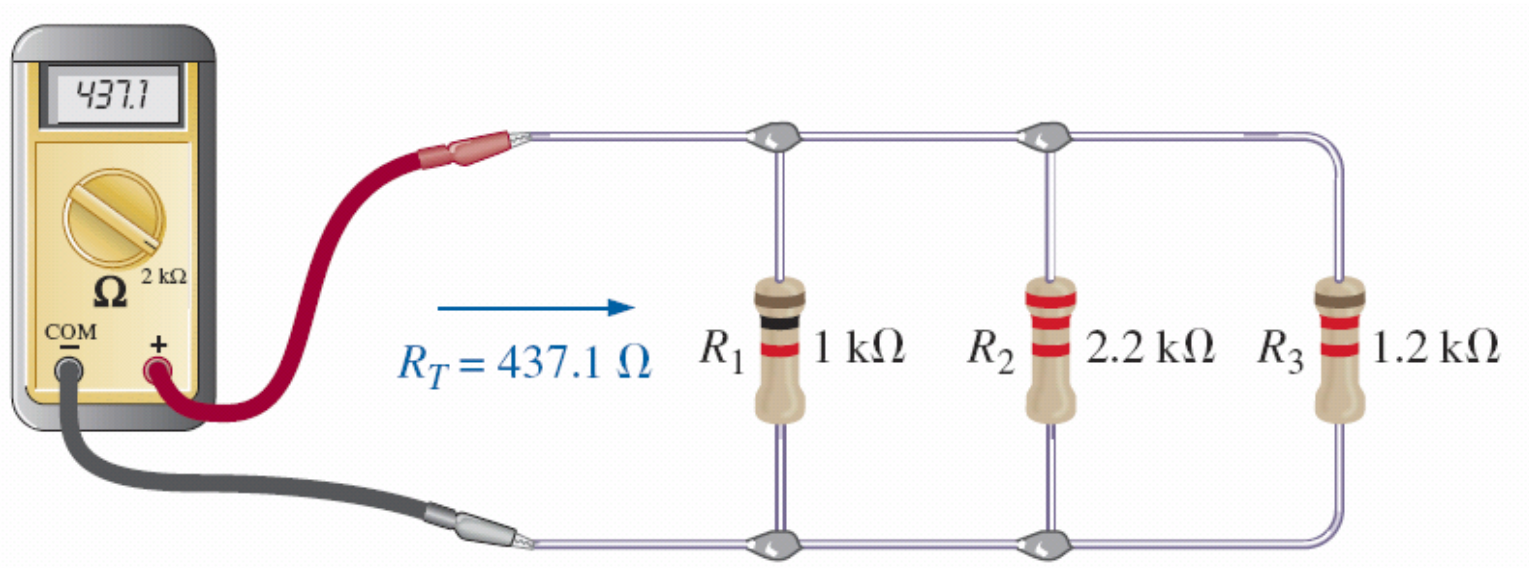
# PARALEL DİRENÇLER (22)

## Analojiler

- Aynı iki nokta arasındaki bağlantıların, paralel elemanlar arasında bir gerilim dağılımına nasıl izin verdiğini gösteren çok sayıda başka analogi vardır.

# PARALEL DİRENÇLER (23)

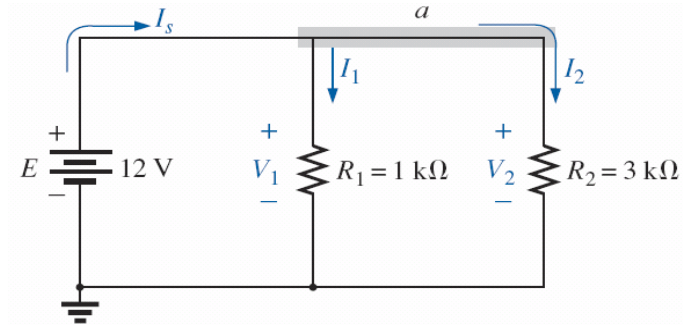
## Enstrümantasyon



**Şekil 6.17** Paralel bir devrenin toplam direncini ölçmek için bir ohmmetre kullanma.

# PARALEL DEVRELER (24)

- Şekil 6.18'de gösterildiği gibi, bir dizi paralel direnç boyunca bir besleme bağlanarak bir paralel devre kurulabilir.
- Kaynağın pozitif terminali, her direncin üstüne doğrudan bağlanırken, negatif terminal her direncin altına bağlanır.



**Şekil 6.18** Paralel devre.

$$V_1 = V_2 = E$$

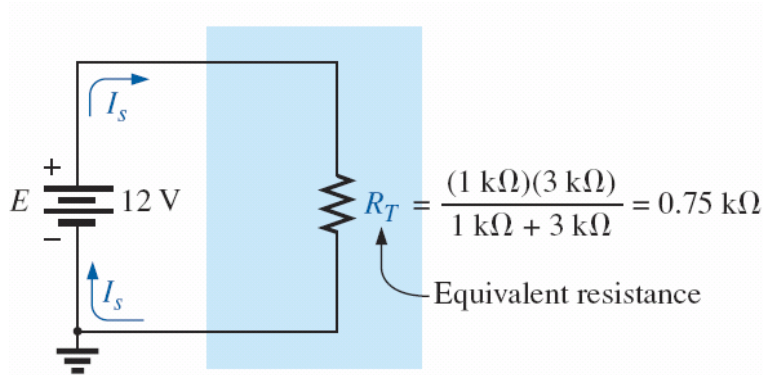
$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{E}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{E}{R_2}$$

# PARALEL DEVRELER (25)

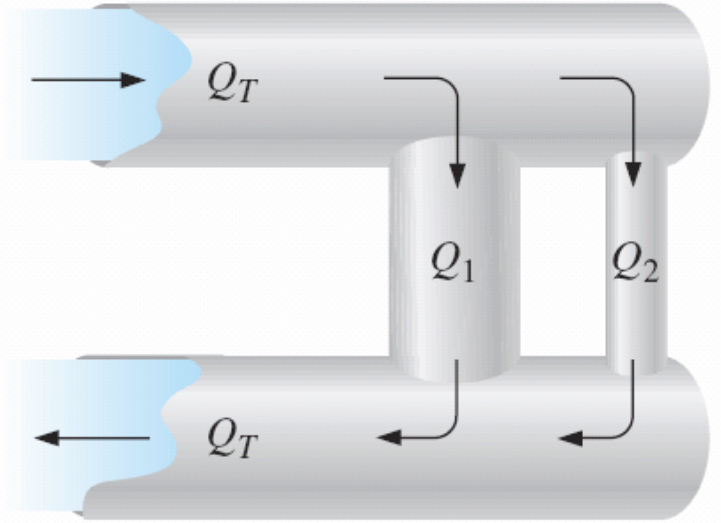
- Genel olarak, voltaj paralel elemanlarda her zaman aynıdır.
  - Bu nedenle, iki eleman paralel ise, aralarındaki voltajın aynı olması gerektiğini unutmayın. Bununla birlikte, iki komşu eleman arasındaki voltaj aynıysa, iki eleman paralel olabilir veya olmayabilir.

# PARALEL DEVRELER (26)



**Şekil 6.19** Şekil 6.18'deki paralel dirençlerin eşdeğer toplam dirençle değiştirilmesi.

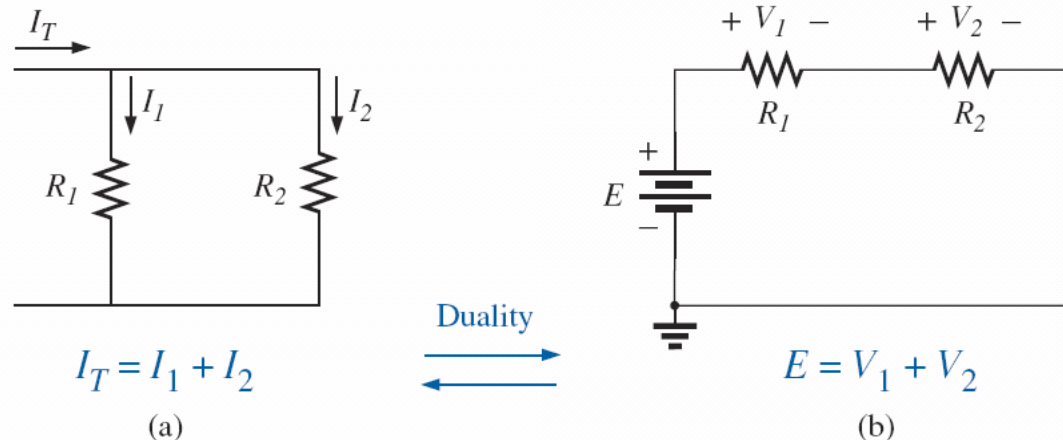
$$I_s = \frac{E}{R_T}$$



**Şekil 6.20** Şekil 6.18 için mekanik analogi.

# PARALEL DEVRELER (27)

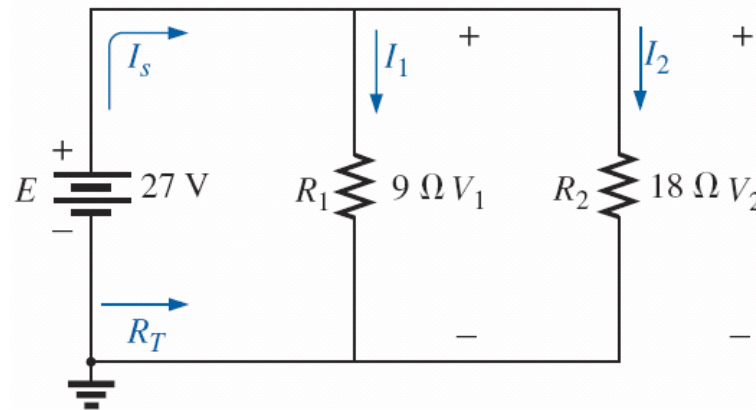
- Tek kaynaklı paralel şebekeler için kaynak akımı ( $I_s$ ) her zaman ayrı branş akımlarının toplamına eşittir.



**Şekil 6.21** Seri ve paralel devreler arasındaki var olan çifteşliğin gösterimi.

# PARALEL DEVRELER (28)

- **Örnek 6.12:** Şekil 6.22'deki paralel şebeke için: (a) Toplam direnci bulunuz; (b) Kaynak akımını hesaplayın; (c) Her paralel branşdan geçen akımı belirleyin; (d) Denklem (6.9)'ın sağlandığını gösterin.



**Şekil 6.22** Örnek 6.12 için paralel devre.



# PARALEL DEVRELER (29)

- **Çözüm:**

$$\text{a. } R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{(9 \, \Omega)(18 \, \Omega)}{9 \, \Omega + 18 \, \Omega} = \frac{162}{27} \, \Omega = \mathbf{6 \, \Omega}$$

$$\text{b. } I_s = \frac{E}{R_T} = \frac{27 \, \text{V}}{6 \, \Omega} = \mathbf{4.5 \, \text{A}}$$

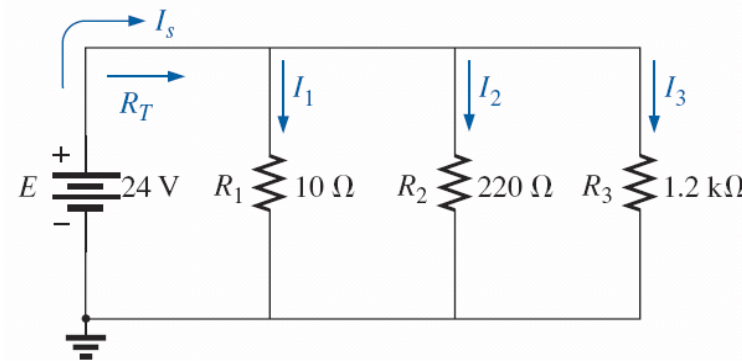
$$\text{c. } I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{E}{R_1} = \frac{27 \, \text{V}}{9 \, \Omega} = \mathbf{3 \, \text{A}}$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{E}{R_2} = \frac{27 \, \text{V}}{18 \, \Omega} = \mathbf{1.5 \, \text{A}}$$

$$\text{d. } I_s = \mathbf{4.5 \, \text{A}} = I_1 + I_2 = 3 \, \text{A} + 1.5 \, \text{A} = \mathbf{4.5 \, \text{A}}$$

# PARALEL DEVRELER (30)

- **Örnek 6.13:** Şekil 6.23'teki paralel şebeke için. (a) Toplam direnci bulunuz; (b) Kaynak akımını hesaplayın; (c) Her branşdan geçen akımı belirleyin.



**Şekil 6.23** Örnek 6.13 için paralel devre.

# PARALEL DEVRELER (31)

- **Çözüm:**

$$\begin{aligned} \text{a. } R_T &= \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{1}{\frac{1}{10\ \Omega} + \frac{1}{220\ \Omega} + \frac{1}{1.2\ \text{k}\Omega}} \\ &= \frac{1}{100 \times 10^{-3} + 4.545 \times 10^{-3} + 0.833 \times 10^{-3}} \\ &= \frac{1}{105.38 \times 10^{-3}} = \mathbf{9.49\ \Omega} \end{aligned}$$

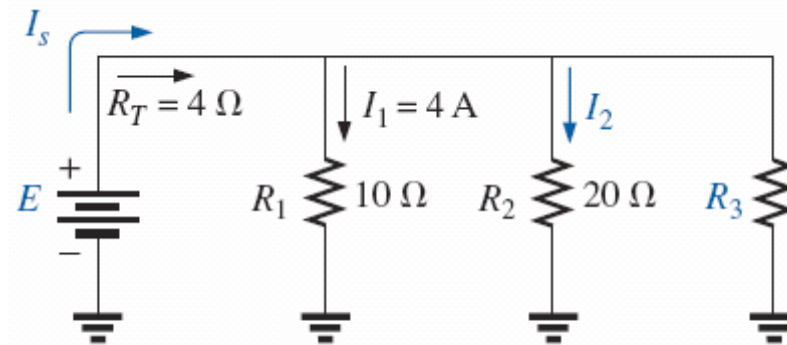
$$\text{b. } I_s = \frac{E}{R_T} = \frac{24\ \text{V}}{9.49\ \Omega} = \mathbf{2.53\ \text{A}}$$

$$\begin{aligned} \text{c. } I_1 &= \frac{V_1}{R_1} = \frac{E}{R_1} = \frac{24\ \text{V}}{10\ \Omega} = \mathbf{2.4\ \text{A}} \\ I_2 &= \frac{V_2}{R_2} = \frac{E}{R_2} = \frac{24\ \text{V}}{220\ \Omega} = \mathbf{0.11\ \text{A}} \\ I_3 &= \frac{V_3}{R_3} = \frac{E}{R_3} = \frac{24\ \text{V}}{1.2\ \text{k}\Omega} = \mathbf{0.02\ \text{A}} \end{aligned}$$

- Paralel dirençler için en büyük akım, en az dirençli branşda bulunur.
- Başka bir deyişle, akım her zaman en az dirençli yolu arar.

# PARALEL DEVRELER (32)

- **Örnek 6.14:** Şekil 6.24'te verilen bilgiler göz önüne alındığında: (a)  $R_3$ 'ü belirleyin; (b) Uygulanan  $E$  gerilimini bulun; (c)  $I_s$  kaynak akımını bulun; (d)  $I_2$ 'yi bulun.



**Şekil 6.24** Örnek 6.14 için paralel devre.

# PARALEL DEVRELER (33)

- **Çözüm:**

a. 
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{4 \Omega} = \frac{1}{10 \Omega} + \frac{1}{20 \Omega} + \frac{1}{R_3}$$

$$0.25 \text{ S} = 0.1 \text{ S} + 0.05 \text{ S} + \frac{1}{R_3}$$

$$0.25 \text{ S} = 0.15 \text{ S} + \frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_3} = 0.1 \text{ S}$$

$$R_3 = \frac{1}{0.1 \text{ S}} = \mathbf{10 \Omega}$$

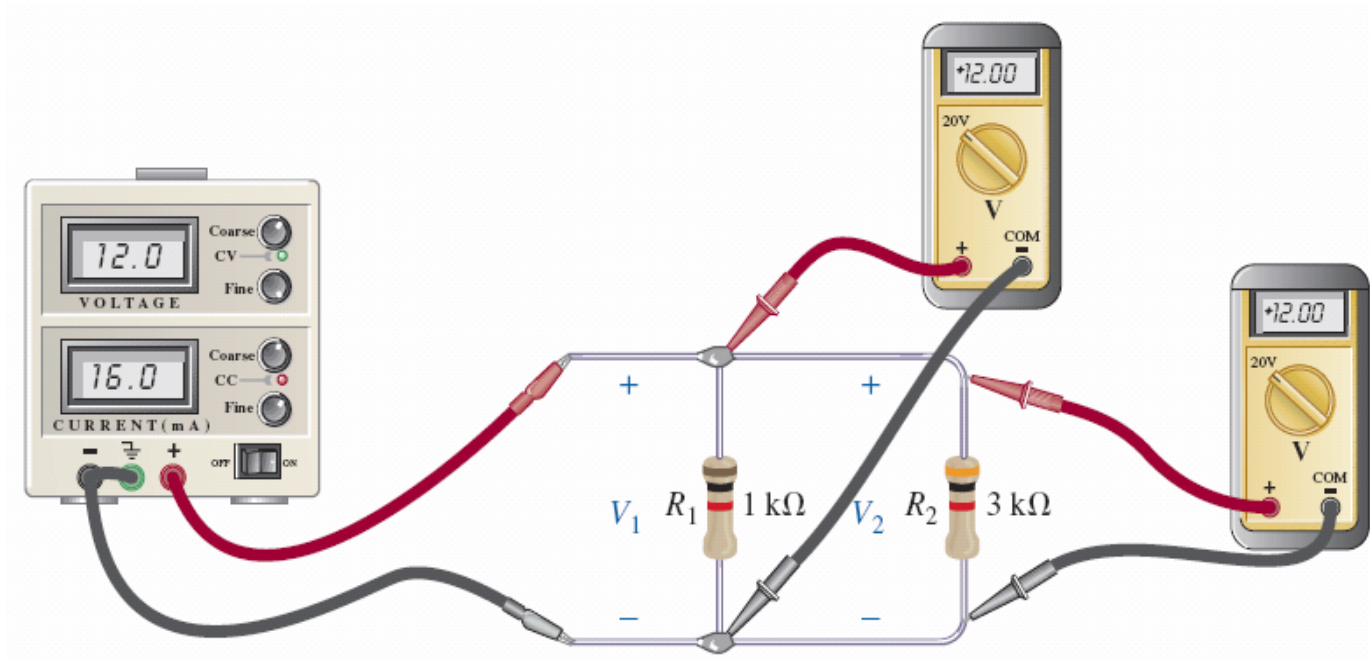
b.  $E = V_1 = I_1 R_1 = (4 \text{ A})(10 \Omega) = \mathbf{40 \text{ V}}$

c.  $I_s = \frac{E}{R_T} = \frac{40 \text{ V}}{4 \Omega} = \mathbf{10 \text{ A}}$

d.  $I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{E}{R_2} = \frac{40 \text{ V}}{20 \Omega} = \mathbf{2 \text{ A}}$

# PARALEL DEVRELER (34)

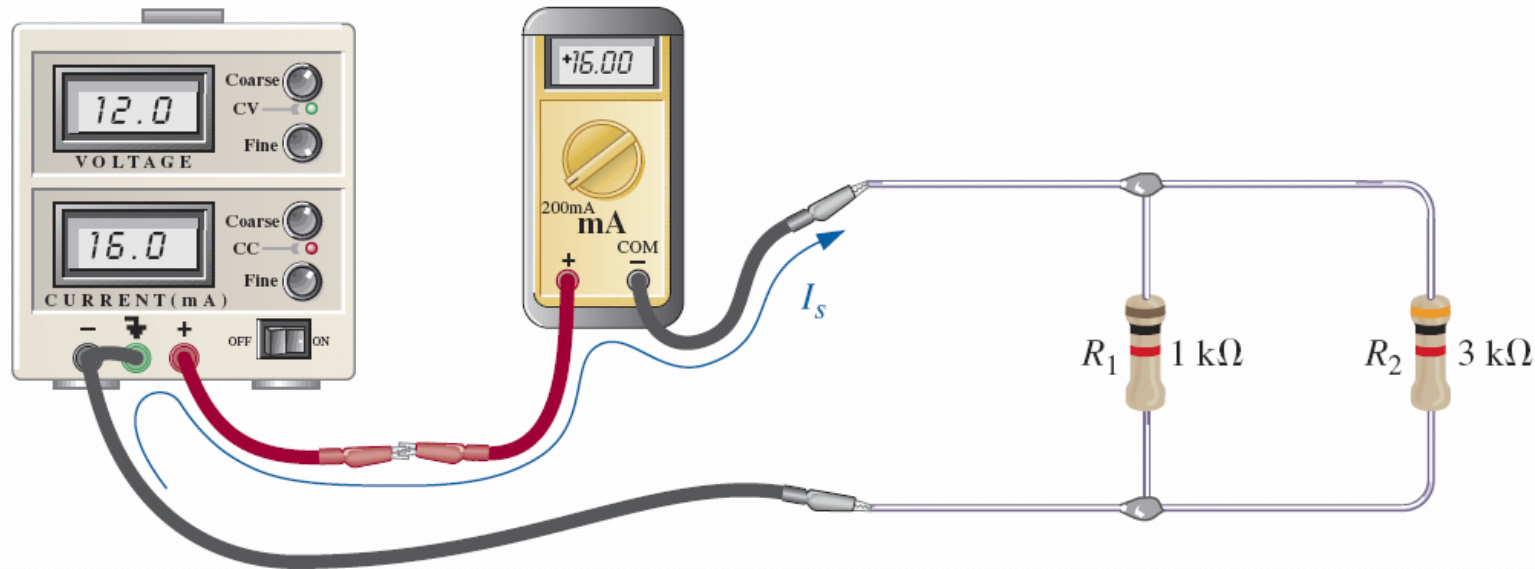
## Enstrümantasyon



**Şekil 6.25** Paralel bir dc şebekesinin gerilimlerinin ölçülmesi.

# PARALEL DEVRELER (35)

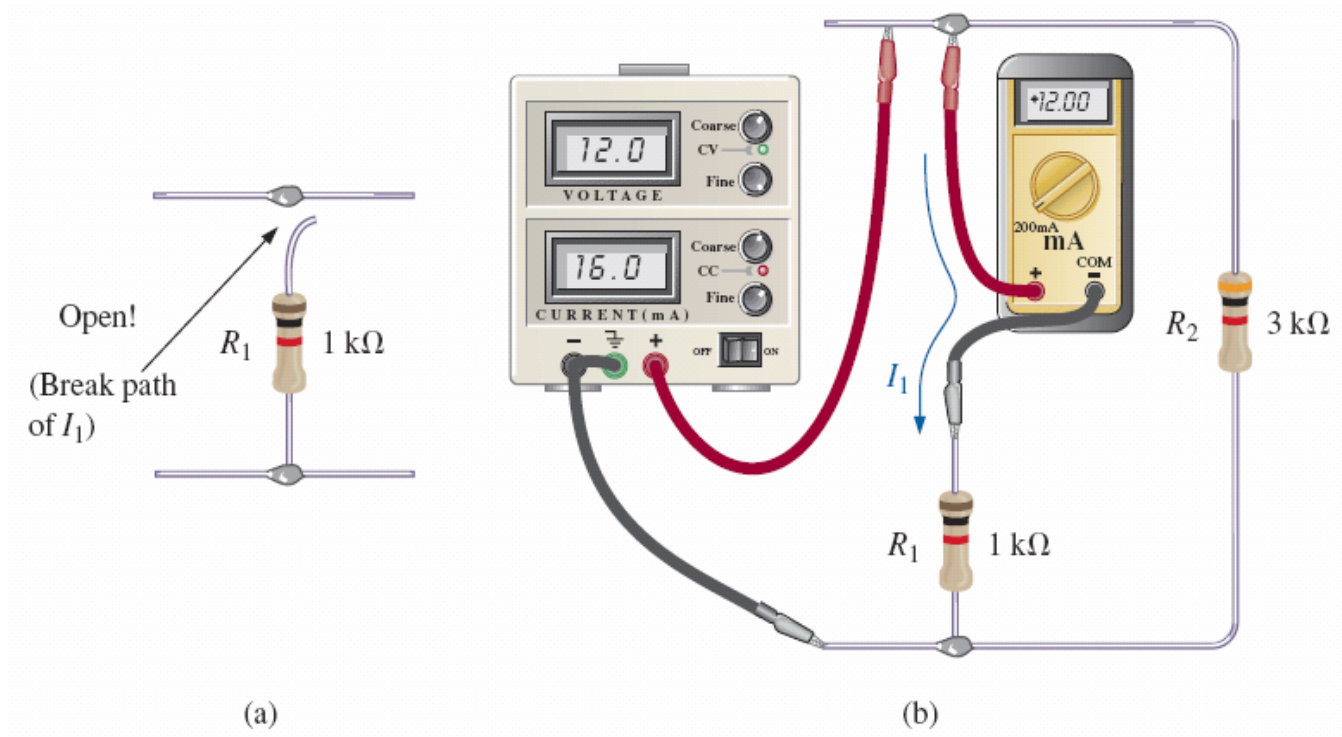
## Enstrümantasyon



**Şekil 6.26** Paralel bir şebekenin kaynak akımının ölçülmesi.

# PARALEL DEVRELER (36)

## Enstrümantasyon



**Şekil 6.27**  $R_1$  direnci üzerinden akımın ölçülmesi.

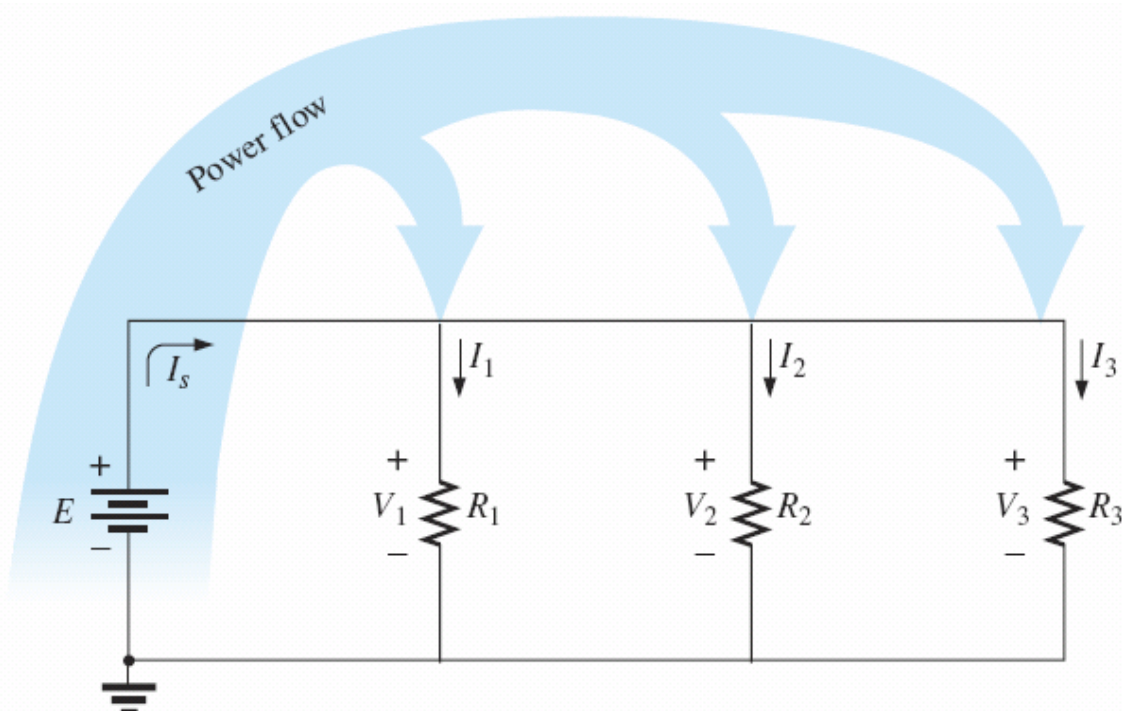


# PARALEL DEVREDE GÜÇ DAĞILIMI (1)

- Seri devrelerin tartışılmasından, bir seri dirençli devreye uygulanan gücün, dirençli elemanlar tarafından harcanan güce eşit olduğunu hatırlayın.
- Aynı şey paralel dirençli şebekeler için de geçerlidir.
  - Aslında, dirençli elemanlardan oluşan herhangi bir şebeke için, pil tarafından uygulanan güç, dirençli elemanlar tarafından harcanan güce eşit olacaktır.

# PARALEL DEVREDE GÜÇ DAĞILIMI (2)

- Paralel dirençli bir şebekede, direnç ne kadar büyük olursa, emilen güç o kadar az olur.



$$P_E = P_{R_1} + P_{R_2} + P_{R_3}$$

$$P_E = EI_s$$

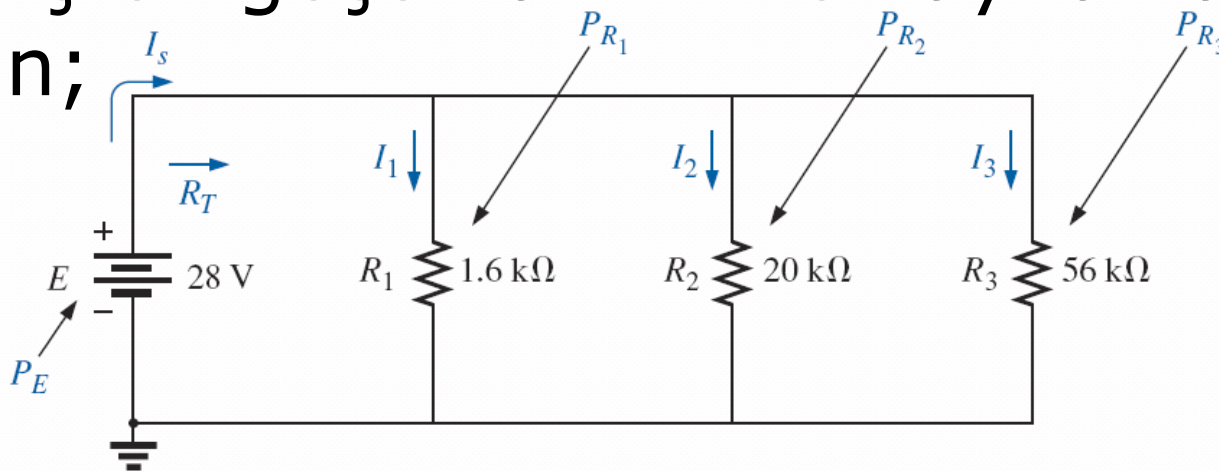
$$P_1 = V_1 I_1 = I_1^2 R_1 = \frac{V_1^2}{R_1}$$

**Şekil 6.28** Paralel olarak bağlı bir DC devrede güç akışı.

# PARALEL DEVREDE GÜÇ DAĞILIMI

## (3)

- **Örnek 6.15:** Şekil 6.29'daki paralel şebeke için (tüm dirençlerin standart değerler olduğunu varsayın): (a) Toplam direnç olan  $R_T$ 'yi belirleyin; (b) Her dirençten geçen akımı ve kaynak akımını bulun;



**Şekil 6.29** Örnek 6.15 için paralel devre.

# PARALEL DEVREDE GÜÇ DAĞILIMI

## (4)

- **Örnek 6.15:** (c) Kaynak tarafından sağlanan gücü hesaplayın; (d) Her paralel direnç tarafından emilen gücü belirleyin; (e) (6.10) numaralı denklemi doğrulayın.
- **Çözüm:**

$$\begin{aligned} \text{a. } R_T &= \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{1}{\frac{1}{1.6 \text{ k}\Omega} + \frac{1}{20 \text{ k}\Omega} + \frac{1}{56 \text{ k}\Omega}} \\ &= \frac{1}{625 \times 10^{-6} + 50 \times 10^{-6} + 17.867 \times 10^{-6}} = \frac{1}{692.867 \times 10^{-6}} \\ &= 1.44 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

# PARALEL DEVREDE GÜÇ DAĞILIMI (5)

- **Çözüm:**

b.  $I_s = \frac{E}{R_T} = \frac{28 \text{ V}}{1.44 \text{ k}\Omega} = \mathbf{19.44 \text{ mA}}$

c.  $P_E = EI_s = (28 \text{ V})(19.4 \text{ mA}) = \mathbf{543.2 \text{ mW}}$

d.  $P_1 = V_1 I_1 = EI_1 = (28 \text{ V})(17.5 \text{ mA}) = \mathbf{490 \text{ mW}}$

$$P_2 = I_2^2 R_2 = (1.4 \text{ mA})^2 (20 \text{ k}\Omega) = \mathbf{39.2 \text{ mW}}$$

$$P_3 = \frac{V_3^2}{R_3} = \frac{E^2}{R_3} = \frac{(28 \text{ V})^2}{56 \text{ k}\Omega} = \mathbf{14 \text{ mW}}$$

e.  $P_E = P_{R_1} + P_{R_2} + P_{R_3}$

$$\mathbf{543.2 \text{ mW} = 490 \text{ mW} + 39.2 \text{ mW} + 14 \text{ mW} = 543.2 \text{ mW}}$$

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{E}{R_1} = \frac{28 \text{ V}}{1.6 \text{ k}\Omega} = \mathbf{17.5 \text{ mA}}$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{E}{R_2} = \frac{28 \text{ V}}{20 \text{ k}\Omega} = \mathbf{1.4 \text{ mA}}$$

$$I_3 = \frac{V_3}{R_3} = \frac{E}{R_3} = \frac{28 \text{ V}}{56 \text{ k}\Omega} = \mathbf{0.5 \text{ mA}}$$

# KIRCHHOFF AKIM KANUNU (1)

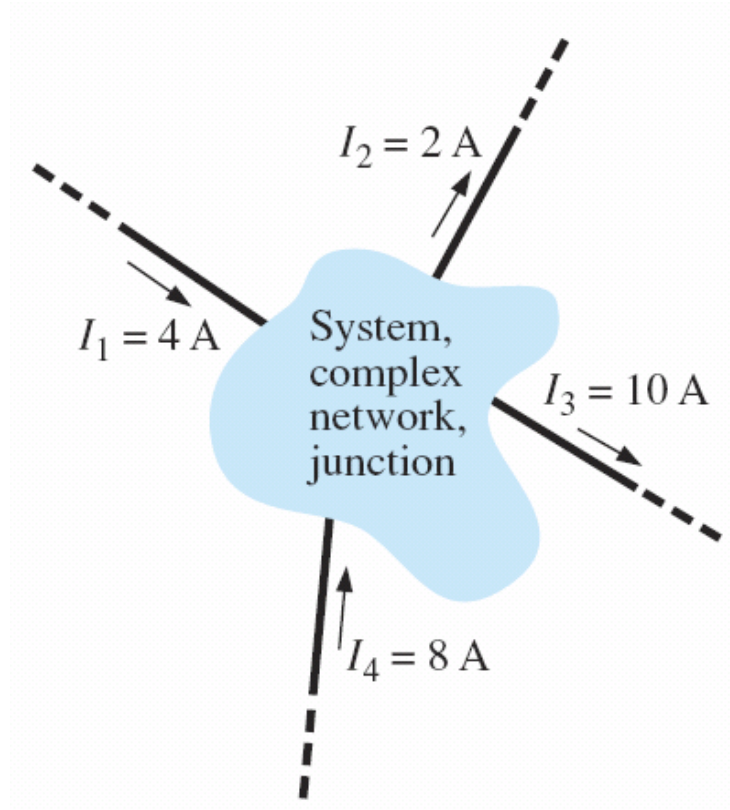
- Bir önceki bölümde, kapalı bir yolun gerilimleri arasında çok önemli bir ilişki sağlayan Kirchhoff'un gerilim kanunu tanıtıldı.
- Kirchhoff ayrıca, Kirchhoff'un akım kanunu (KCL) olarak adlandırılan bir şebekenin akımları arasındaki ilişkiyi geliştirmekle de bilinir.

# KIRCHHOFF AKIM KANUNU (2)

- Bir şebekenin bağlantı noktasına (veya bölgesine) giren ve çıkan akımların cebirsel toplamı sıfırdır.
- Bir şebekenin bir bağlantısına (veya bölgesine) giren akımların toplamı, aynı bağlantıdan (veya bölgeden) çıkan akımların toplamına eşit olmalıdır.

$$\sum I_i = \sum I_o$$

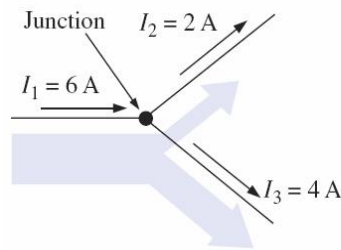
# KIRCHHOFF AKIM KANUNU (3)



**Şekil 6.30** Kirchhoff'un akım kanununun anlatımı.



# KIRCHHOFF AKIM KANUNU (4)



(a)

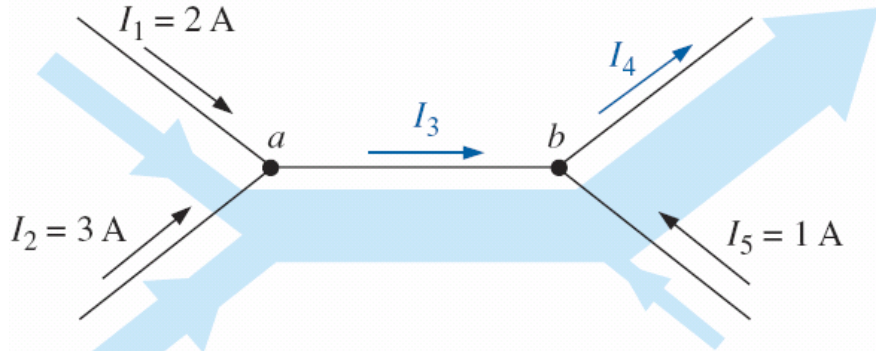


(b)

**Şekil 6.31** (a) Kirchhoff'un akım kanununun gösterimi;  
(b) (a) şıkkındaki bağlantı için su analogisi.

# KIRCHHOFF AKIM KANUNU (5)

- Teknolojide, düğüm terimi genellikle iki veya daha fazla branşın birleşim yerini belirtmek için kullanılır.
- **Örnek 6.16:** Kirchhoff'un akım kanununu kullanarak Şekil 6.32'deki  $I_3$  ve  $I_4$  akımlarını bulun.



- **Çözüm:**

At node  $a$

$$\sum I_i = \sum I_o$$

$$I_1 + I_2 = I_3$$

$$2\text{ A} + 3\text{ A} = I_3 = 5\text{ A}$$

At node  $b$

$$\sum I_i = \sum I_o$$

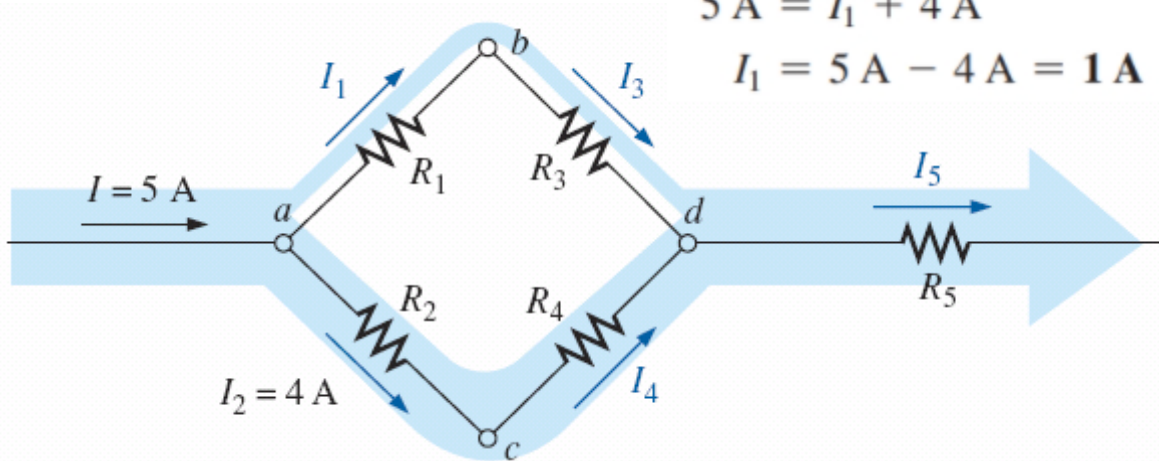
$$I_3 + I_5 = I_4$$

$$5\text{ A} + 1\text{ A} = I_4 = 6\text{ A}$$

**Şekil 6.32** Örnek 6.16 için iki düğümlü konfigürasyon.

# KIRCHHOFF AKIM KANUNU (6)

- **Örnek 6.17:** Şekil 6.33'teki şebeke için  $I_1$ ,  $I_3$ ,  $I_4$  ve  $I_5$  akımlarını bulun.
- **Çözüm:**



Düğüm a

$$\sum I_i = \sum I_o$$

$$I = I_1 + I_2$$

$$5 \text{ A} = I_1 + 4 \text{ A}$$

$$I_1 = 5 \text{ A} - 4 \text{ A} = 1 \text{ A}$$

Düğüm c

$$\sum I_i = \sum I_o$$

$$I_2 = I_4$$

$$I_4 = I_2 = 4 \text{ A}$$

Düğüm b

$$\sum I_i = \sum I_o$$

$$I_1 = I_3$$

$$I_3 = I_1 = 1 \text{ A}$$

Düğüm d

$$\sum I_i = \sum I_o$$

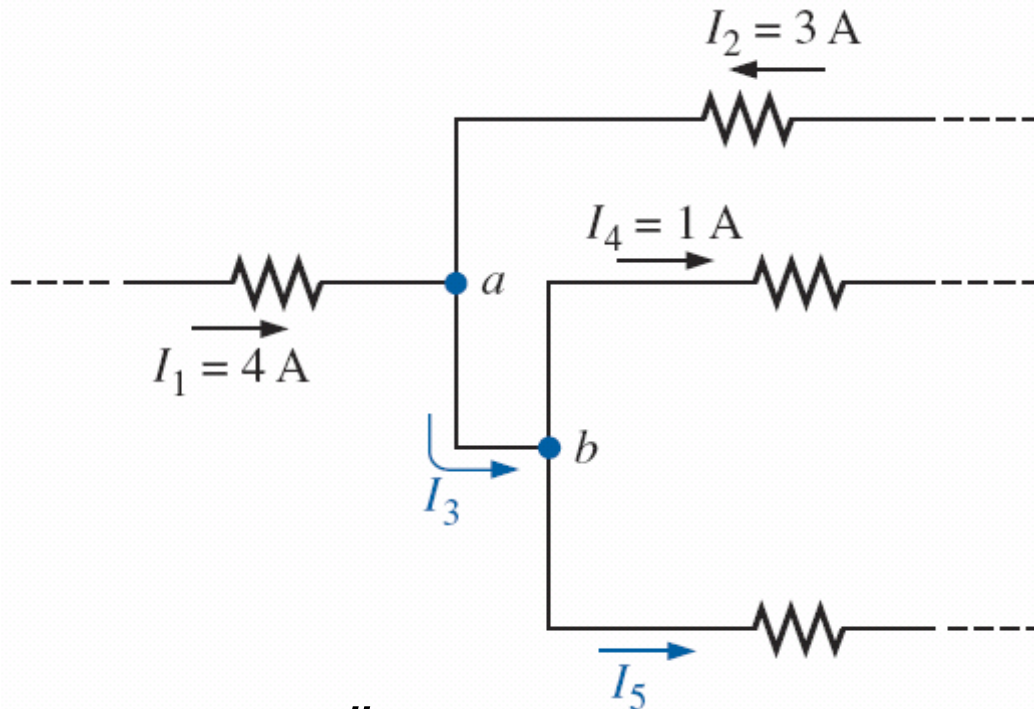
$$I_3 + I_4 = I_5$$

$$1 \text{ A} + 4 \text{ A} = I_5 = 5 \text{ A}$$

**Şekil 6.33** Örnek 6.17 için dört düğümlü konfigürasyon.

# KIRCHHOFF AKIM KANUNU (7)

- **Örnek 6.18:** Kirchhoff'un akım kanununun uygulamaları yoluyla Şekil 6.34'teki  $I_3$  ve  $I_5$  akımlarını bulun.



Şekil 6.34 Örnek 6.18 için devre.

- **Çözüm:**

Düğüm a

$$\sum I_i = \sum I_o$$

$$I_1 + I_2 = I_3$$

$$4 \text{ A} + 3 \text{ A} = I_3 = 7 \text{ A}$$

Düğüm b

$$\sum I_i = \sum I_o$$

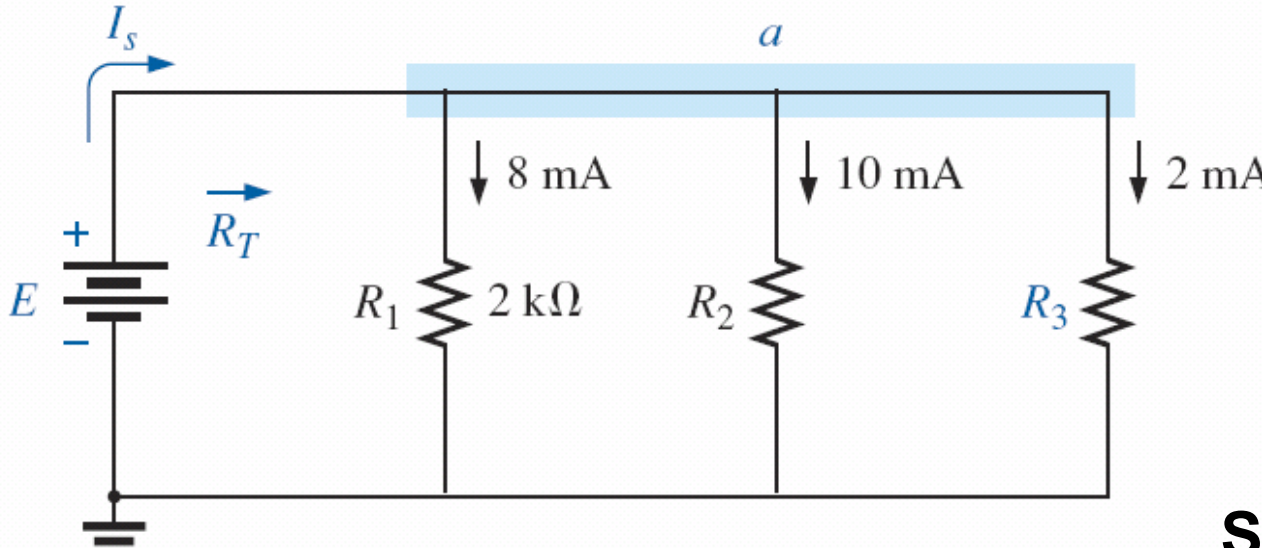
$$I_3 = I_4 + I_5$$

$$7 \text{ A} = 1 \text{ A} + I_5$$

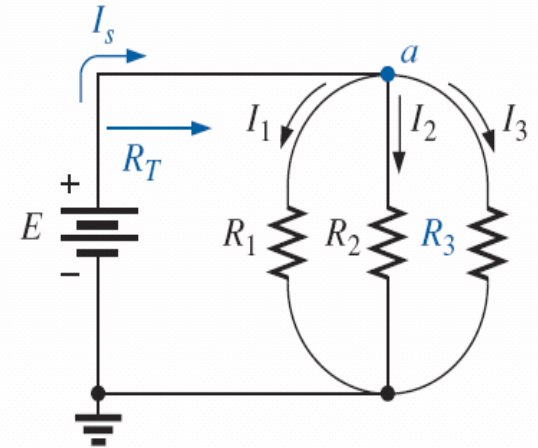
$$I_5 = 7 \text{ A} - 1 \text{ A} = 6 \text{ A}$$

# KIRCHHOFF AKIM KANUNU (8)

- **Örnek 6.19:** Şekil 6.35'teki paralel DC şebekesi için: (a) Kaynak akımı  $I_s$ 'i belirleyin; (b)  $E$  kaynak gerilimini bulun; (c)  $R_3$ 'ü belirleyin; (d)  $R_T$ 'yi hesaplayın.



**Şekil 6.35** Örnek 6.19 için paralel devre.



**Şekil 6.36** Şekil 6.35'in yeniden çizilmiş hali.

# KIRCHHOFF AKIM KANUNU (9)

- **Çözüm:**

a.  $\sum I_i = \sum I_o$

$$I_s = I_1 + I_2 + I_3$$

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

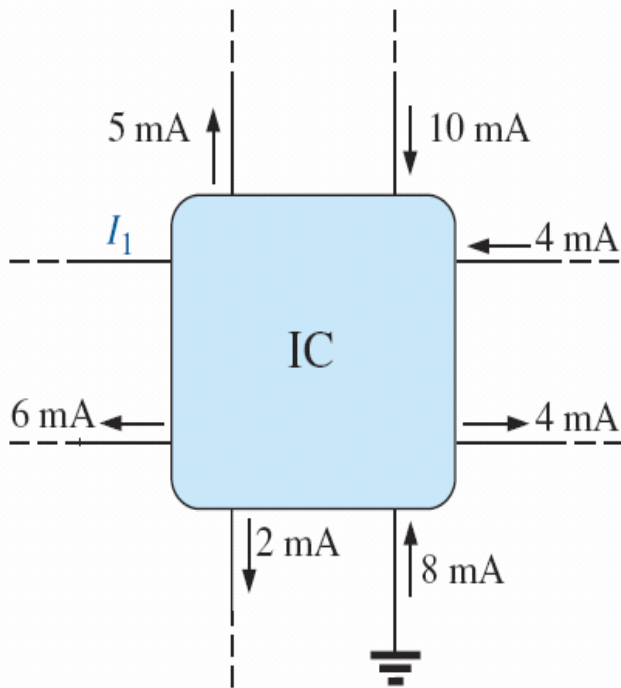
b.  $E = V_1 = I_1 R_1 = (8 \text{ mA})(2 \text{ k}\Omega) = \mathbf{16 \text{ V}}$

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

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

# KIRCHHOFF AKIM KANUNU (10)

- **Örnek 6.20:** Şekil 6.37'deki entegre devre için  $I_1$ 'i belirleyin.



- **Çözüm:**

$$\begin{aligned}\sum I_i &= \sum I_o \\ I_1 + 10 \text{ mA} + 4 \text{ mA} + 8 \text{ mA} &= 5 \text{ mA} + 4 \text{ mA} + 2 \text{ mA} + 6 \text{ mA} \\ I_1 + 22 \text{ mA} &= 17 \text{ mA} \\ I_1 &= 17 \text{ mA} - 22 \text{ mA} = -5 \text{ mA}\end{aligned}$$

**Şekil 6.37** Örnek 6.20 için entegre devre.

# AKIM BÖLÜCÜ KURALI (1)

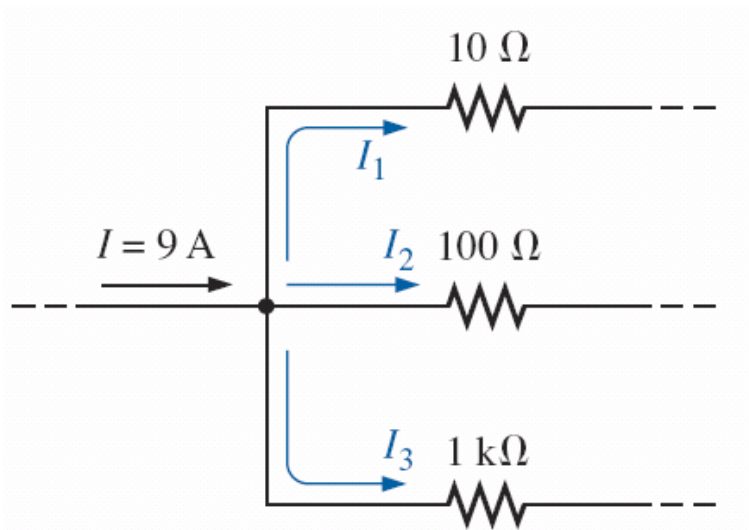
- Seri devreler için, bir seri devrede bir direnç boyunca gerilimi bulmak için gerilim bölücü kuralı uyguladık.
- Benzer bir şekilde, paralel bir devrede bir dirençten geçen akımı bulmak için akım bölücü kuralı uygulayacağız.



# AKIM BÖLÜCÜ KURALI (2)

- Genel Olarak:
  - Eşit değere sahip iki paralel eleman için akım eşit olarak bölünür.
  - Farklı değerlere sahip paralel elemanlar için direnç ne kadar küçükse, giriş akımının payı o kadar büyük olur.
  - Farklı değerlere sahip paralel elemanlar için akım, direnç değerlerinin tersine eşit bir oranda bölünür.

# AKIM BÖLÜCÜ KURALI (3)



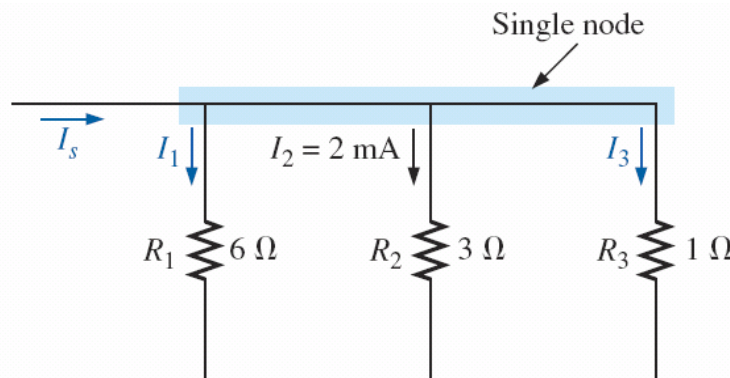
Oran Kuralı:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

**Şekil 6.38** Akımın farklı direnç değerine sahip üç paralel branş arasında nasıl bölüneceğinin tartışılması.

# AKIM BÖLÜCÜ KURALI (4)

- **Örnek 6.21:** (a) Oran kuralını kullanarak Şekil 6.39'daki şebeke için akım  $I_1$ 'i bulun; (b) Oran kuralını kullanarak akım  $I_3$ 'ü belirleyin; (c) Kirchhoff'un akım kanununu kullanarak  $I_s$ 'ü bulun.



**Şekil 6.39** Örnek 6.21 için paralel devre.

# AKIM BÖLÜCÜ KURALI (5)

- **Çözüm:**

a.

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$
$$\frac{I_1}{2 \text{ mA}} = \frac{3 \Omega}{6 \Omega}$$
$$I_1 = \frac{1}{2}(2 \text{ mA}) = \mathbf{1 \text{ mA}}$$

b.

$$\frac{I_2}{I_3} = \frac{R_3}{R_2}$$
$$\frac{2 \text{ mA}}{I_3} = \frac{1 \Omega}{3 \Omega}$$
$$I_3 = 3(2 \text{ mA}) = \mathbf{6 \text{ mA}}$$

c.

$$\sum I_i = \sum I_o$$
$$I_s = I_1 + I_2 + I_3$$
$$= 1 \text{ mA} + 2 \text{ mA} + 6 \text{ mA}$$
$$= \mathbf{9 \text{ mA}}$$

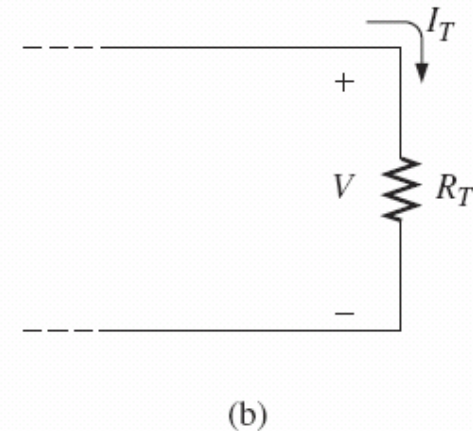
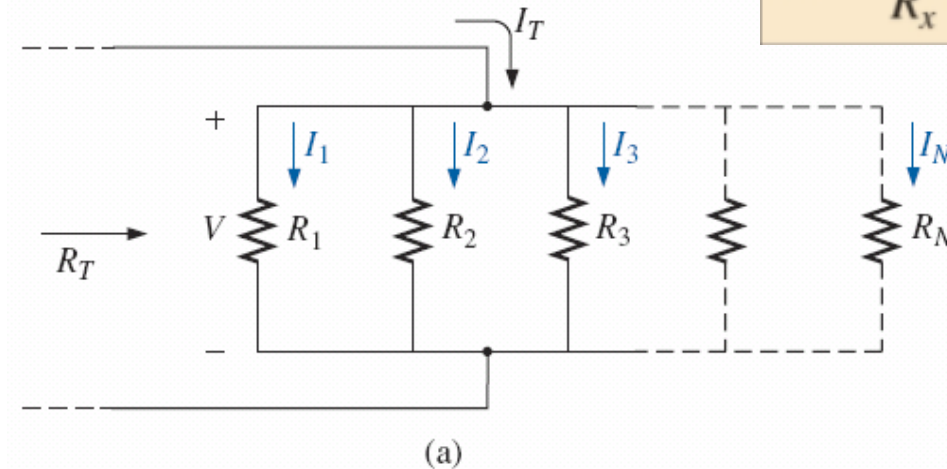
# AKIM BÖLÜCÜ KURALI (6)

- **Akım Bölücü Kuralı:** Paralel dirençli bir şebekenin herhangi bir branşından geçen akım, paralel şebekenin toplam direncinin ilgili direncin direncine bölünmesine ve paralel konfigürasyona giren toplam akımla çarpılmasına eşittir.

# AKIM BÖLÜCÜ KURALI (7)

$$I_T = \frac{V}{R_T} \quad V = I_1 R_1 = I_2 R_2 = I_3 R_3 = \cdots = I_x R_x \quad I_T = \frac{I_x R_x}{R_T}$$

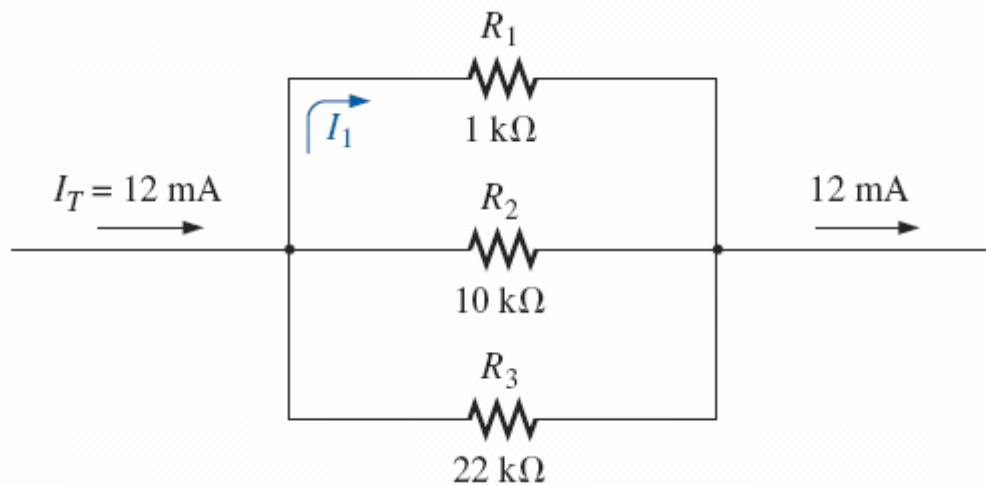
$$I_x = \frac{R_T}{R_x} I_T$$



**Şekil 6.40** Akım bölücü kuralın türetilmesi: (a)  $N$  paralel direncin paralel olarak bağlanması; (b) (a) şıkkının indirgenmiş eşdeğeri.

# AKIM BÖLÜCÜ KURALI (8)

- Örnek 6.22:** Şekil 6.41'deki paralel şebeke için, denklem (6.15)'i kullanarak  $I_1$  akımını bulun.
- Çözüm:**



**Şekil 6.41** Örnek 6.22'de akım  $I_1$ 'i hesaplamak için akım bölücü kuralının kullanılması.

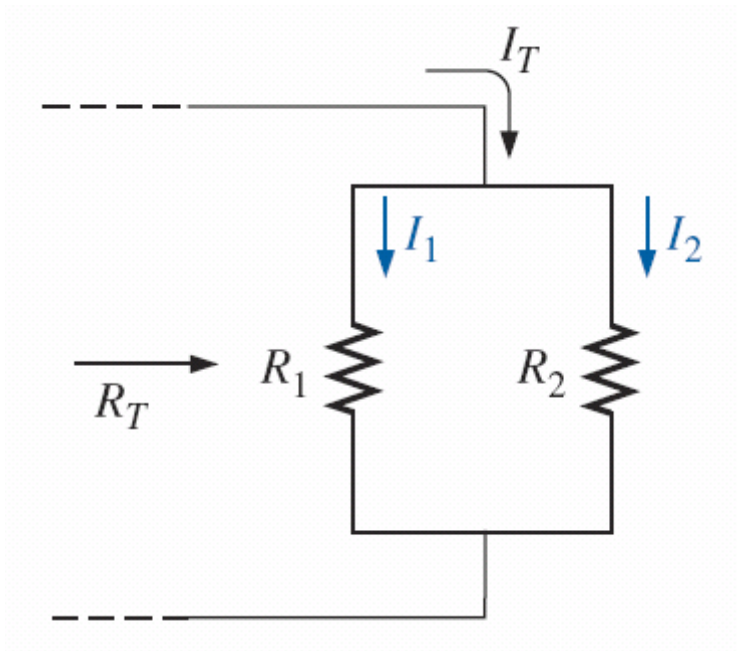
$$\begin{aligned} R_T &= \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} \\ &= \frac{1}{\frac{1}{1 \text{ k}\Omega} + \frac{1}{10 \text{ k}\Omega} + \frac{1}{22 \text{ k}\Omega}} \\ &= \frac{1}{1 \times 10^{-3} + 100 \times 10^{-6} + 45.46 \times 10^{-6}} \\ &= \frac{1}{1.145 \times 10^{-3}} = 873.01 \, \Omega \\ I_1 &= \frac{R_T}{R_1} I_T = \frac{(873.01 \, \Omega)}{1 \text{ k}\Omega} (12 \text{ mA}) \\ &= (0.873)(12 \text{ mA}) = 10.48 \text{ mA} \end{aligned}$$

# AKIM BÖLÜCÜ KURALI (9)

- Paralel bir şebeke için, konfigürasyonun diğer paralel elemanları büyüklük olarak çok daha büyükse, en küçük dirençten geçen akımın toplam giriş akımına çok yakın olacağını da unutmayın.
- İki paralel direnç için, birinden geçen akım, diğerinin direnci çarpı toplam giriş akımının iki direncin toplamına bölünmesine eşittir.



# AKIM BÖLÜCÜ KURALI: Özel Durum - İki Paralel Direnç (10)



$$R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$I_1 = \frac{R_T}{R_1} I_T = \left( \frac{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}}{R_1} \right) I_T$$

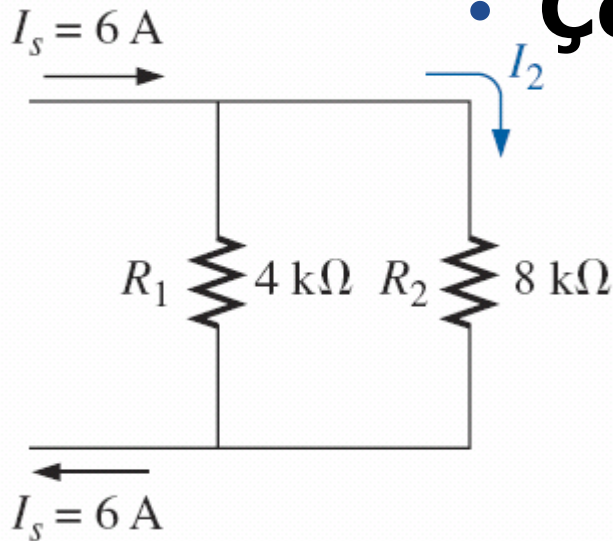
$$I_1 = \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) I_T$$

$$I_2 = \left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) I_T$$

**Şekil 6.42** Sadece iki paralel direncin özel durumu için akım bölücü kuralın türetilmesi.

# AKIM BÖLÜCÜ KURALI: Özel Durum - İki Paralel Direnç (11)

- **Örnek 6.23:** Akım bölücü kuralı kullanarak Şekil 6.43'teki şebeke için akım  $I_2$ 'yi bulun.



• **Çözüm:**

$$I_2 = \left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) I_T$$
$$= \left( \frac{4\text{ k}\Omega}{4\text{ k}\Omega + 8\text{ k}\Omega} \right) 6\text{ A} = (0.333)(6\text{ A}) = 2\text{ A}$$

$$I_2 = \frac{R_T}{R_2} I_T$$

$$R_T = 4\text{ k}\Omega \parallel 8\text{ k}\Omega = \frac{(4\text{ k}\Omega)(8\text{ k}\Omega)}{4\text{ k}\Omega + 8\text{ k}\Omega} = 2.667\text{ k}\Omega$$

$$I_2 = \left( \frac{2.667\text{ k}\Omega}{8\text{ k}\Omega} \right) 6\text{ A} = (0.333)(6\text{ A}) = 2\text{ A}$$

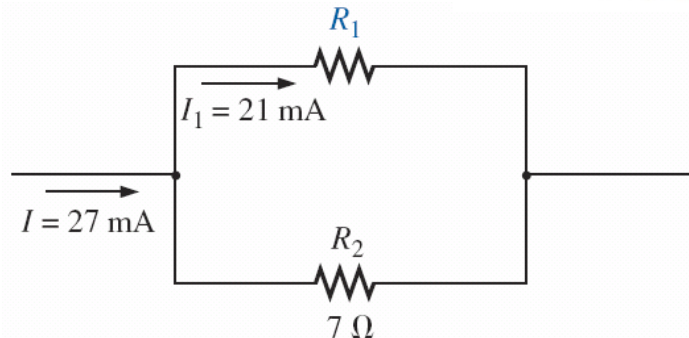
**Şekil 6.43** Örnek 6.23'te akım  $I_2$ 'yi belirlemek için akım bölücü kuralının kullanılması.

# AKIM BÖLÜCÜ KURALI: Özel Durum - İki Paralel Direnç (12)

- Örnek 6.24:** Akım bölücü kuralı kullanarak, Şekil 6.44'teki  $R_1$  direncini bulun.

- Çözüm:**

$$\begin{aligned}\Sigma I_i &= \Sigma I_o \\ I &= I_1 + I_2 \\ 27 \text{ mA} &= 21 \text{ mA} + I_2 \\ I_2 &= 27 \text{ mA} - 21 \text{ mA} \\ &= 6 \text{ mA}\end{aligned}$$



**Şekil 6.44** İki paralel direnç (Örnek 6.24).

$$V_2 = I_2 R_2 = (6 \text{ mA})(7 \Omega) = 42 \text{ mV}$$

$$V_1 = V_2 = 42 \text{ mV}$$

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

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I_T$$

$$21 \text{ mA} = \left( \frac{7 \Omega}{R_1 + 7 \Omega} \right) 27 \text{ mA}$$

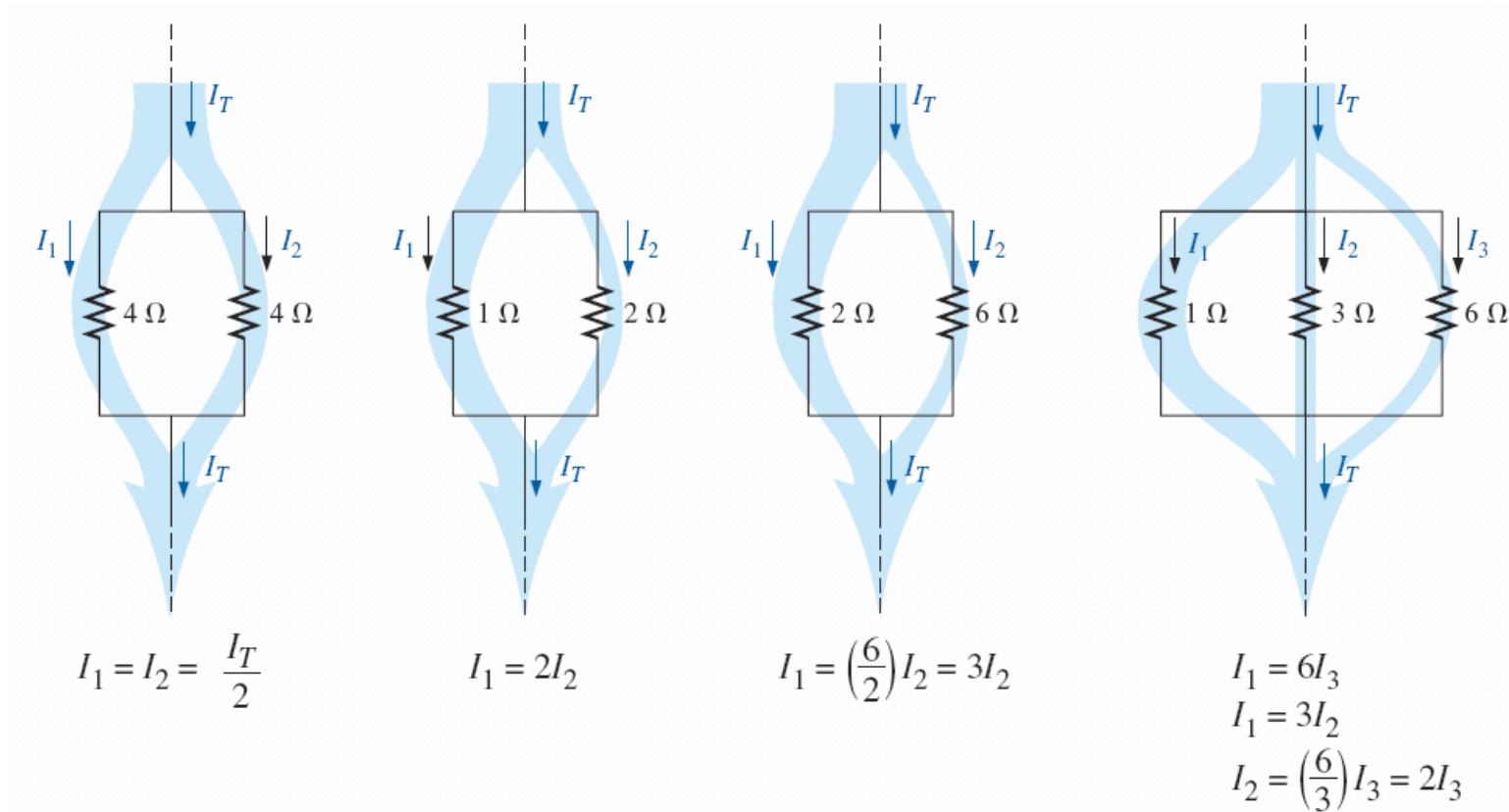
$$(R_1 + 7 \Omega)(21 \text{ mA}) = (7 \Omega)(27 \text{ mA})$$

$$(21 \text{ mA})R_1 + 147 \text{ mV} = 189 \text{ mV}$$

$$(21 \text{ mA})R_1 = 189 \text{ mV} - 147 \text{ mV} = 42 \text{ mV}$$

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

# AKIM BÖLÜCÜ KURALI: Özel Durum - İki Paralel Direnç (13)

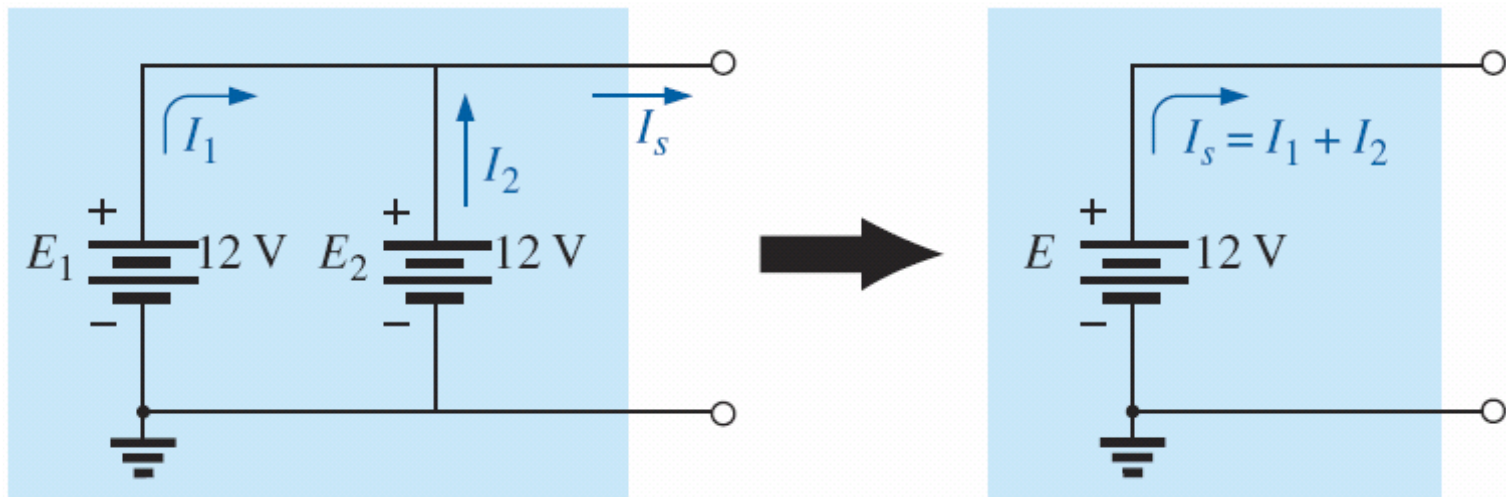


**Şekil 6.45** Akımın eşit ve eşit olmayan paralel dirençlerle nasıl bölündüğünün gösterilmesi.

# PARALEL OLARAK BAĞLANMIŞ GERİLİM KAYNAKLARI (1)

- Paralel elemanlar arasında voltaj aynı olduğundan, voltaj kaynakları ancak aynı voltaja sahip olduklarında paralel olarak yerleştirilebilir.
- İki veya daha fazla pili paralel yerleştirmenin birincil nedeni, akım seviyesini artırmaktır.

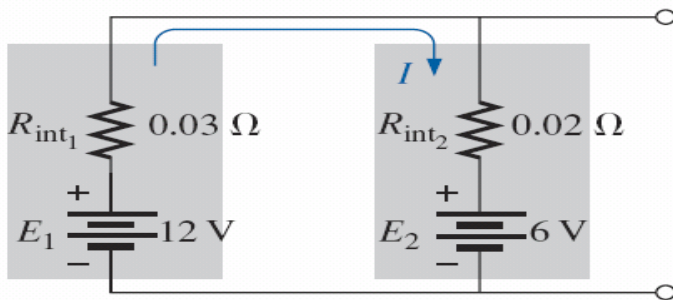
# PARALEL OLARAK BAĞLANMIŞ GERİLİM KAYNAKLARI (2)



**Şekil 6.46** Aynı gerilime sahip iki ideal kaynağı paralel olarak yerleştirmenin etkisinin gösterilmesi.

# PARALEL OLARAK BAĞLANMIŞ GERİLİM KAYNAKLARI (3)

- Herhangi bir nedenle farklı voltajlara sahip iki pil paralel olarak yerleştirilirse, daha yüksek voltajlı pil, daha küçük terminal voltajına sahip pilden hızla boşalacağından, her ikisi de etkisiz hale gelir veya hasar görür.



**Şekil 6.47** Farklı terminal voltajlarına sahip iki kurşun-asit pilin paralel olarak yerleştirilmesinin etkisinin incelenmesi.

# PARALEL OLARAK BAĞLANMIŞ GERİLİM KAYNAKLARI (4)

- Genel olarak, pilleri seri veya paralel olarak değiştirirken her zaman tüm pilleri değiştirmeniz önerilir.



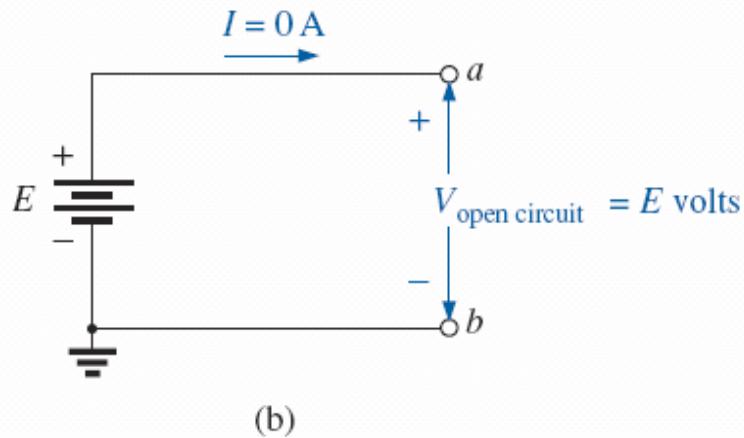
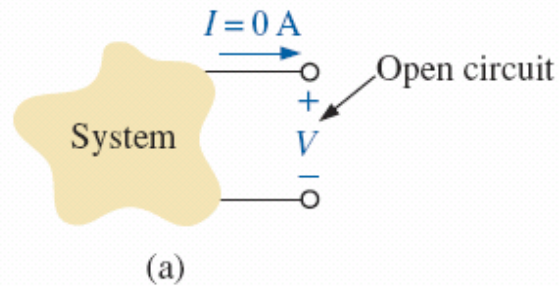
# AÇIK VE KISA DEVRELER (1)

- Açık devreler ve kısa devreler, genellikle bir sistemin analizinde standart seri veya paralel konfigürasyonlardan daha fazla karışıklığa ve zorluğa neden olabilir.
- Açık devre, herhangi bir tür elemanla bağlanmayan iki izole terminaldir.

# AÇIK VE KISA DEVRELER (2)

- İletim için bir yol bulunmadığından, açık devre ile ilişkili akım her zaman sıfır olmalıdır.
- Ancak açık devre üzerindeki voltaj, bağlı olduğu sistem tarafından belirlenen herhangi bir değer olabilir.
- Özetle, bir açık devre, terminalleri arasında potansiyel bir farka (voltaj) sahip olabilir, ancak akım her zaman sıfır amperdir.

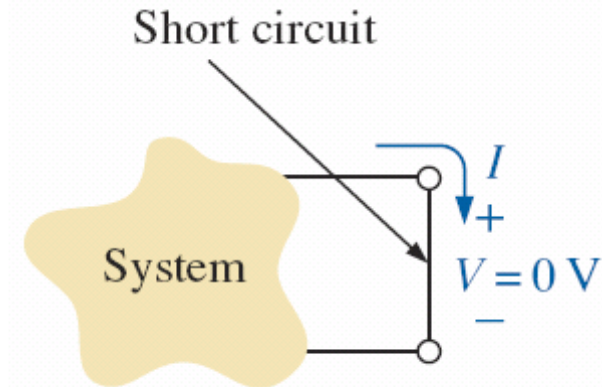
# AÇIK VE KISA DEVRELER (3)



**Şekil 6.48** Açık devrenin tanımlanması.

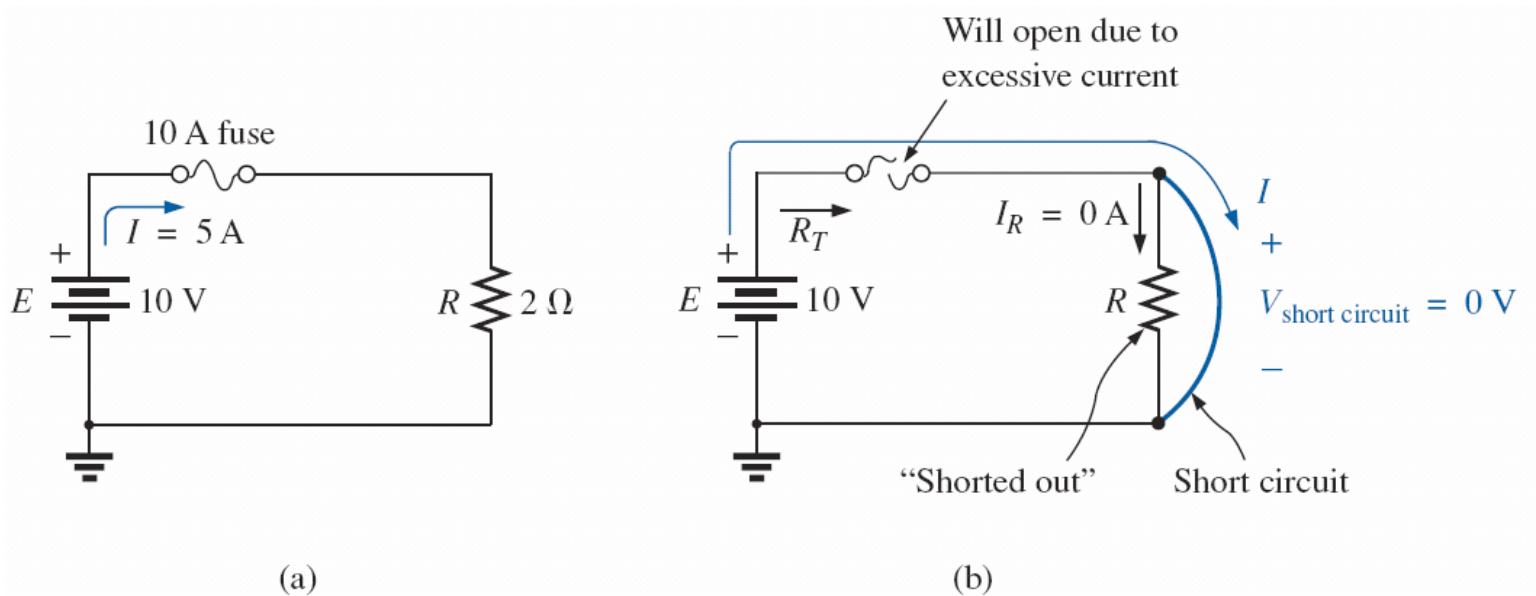
# AÇIK VE KISA DEVRELER (4)

- Kısa devre, bir şebekenin iki terminali arasına bağlanan çok düşük bir dirençtir.
- Özetle, bir kısa devre, harici devre tarafından belirlenen düzeyde bir akım taşıyabilir, ancak terminalleri arasındaki potansiyel fark (voltaj) her zaman sıfır volttur.



**Şekil 6.50** Kısa devrenin tanımlanması.

# AÇIK VE KISA DEVRELER (5)



**Şekil 6.51** Kısa devrenin akım seviyeleri üzerindeki etkisinin gösterilmesi.

# ÖZET TABLOSU (1)

- Seri ve paralel konfigürasyonlar için, birinin denklemleri genellikle basitçe çiftelik ilkesi uygulanarak diğerinden doğrudan elde edilebilir.
- Denklemler arasındaki çiftelik, bir denklem formatının sadece ilgilenilen değişkeni değiştirerek iki farklı duruma uygulanabileceği anlamına gelir.

# ÖZET TABLOSU (2)

**Tablo 6.1** *Özet Tablosu.*

Series and Parallel Circuits		
Series	Duality	Parallel
$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_N$	$R \rightleftharpoons G$	$G_T = G_1 + G_2 + G_3 + \cdots + G_N$
$R_T$ increases ( $G_T$ decreases) if additional resistors are added in series	$R \rightleftharpoons G$	$G_T$ increases ( $R_T$ decreases) if additional resistors are added in parallel
Special case: two elements $R_T = R_1 + R_2$	$R \rightleftharpoons G$	$G_T = G_1 + G_2$
$I$ the same through series elements	$I \rightleftharpoons V$	$V$ the same across parallel elements
$E = V_1 + V_2 + V_3$	$E, V \rightleftharpoons I$	$I_T = I_1 + I_2 + I_3$
Largest $V$ across largest $R$	$V \rightleftharpoons I$ and $R \rightleftharpoons G$	Greatest $I$ through largest $G$ (smallest $R$ )
$V_x = \frac{R_x E}{R_T}$	$E, V \rightleftharpoons I$ and $R \rightleftharpoons G$	$I_x = \frac{G_x I_T}{G_T}$
$P = EI_T$	$E \rightleftharpoons I$ and $I \rightleftharpoons E$	$P = I_T E$
$P = I^2 R$	$I \rightleftharpoons V$ and $R \rightleftharpoons G$	$P = V^2 G$
$P = V^2 / R$	$V \rightleftharpoons I$ and $R \rightleftharpoons G$	$P = I^2 / G$