

Elektrik Devre Temelleri

2. TEMEL KANUNLAR

Doç. Dr. M. Kemal GÜLLÜ
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği
Kocaeli Üniversitesi

2.1. Giriş

- Bu bölümde
 - Ohm Kanunu
 - Düğüm, dal, çevre
 - Kirchhoff Kanunları
 - Paralel dirençler ve akım bölme
 - Seri dirençler ve gerilim bölme
 - Yıldız-üçgen dönüşümü

2.2 Ohm Kanunu

- Malzemelerin elektrik yük akışını engelleme özelliğine veya yük akışına karşı gösterilen zorluğa “Direnç” denir (R).
- Bir malzemenin direnci, uzunluğuna, kesit alanına ve öz direncine bağlıdır.

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

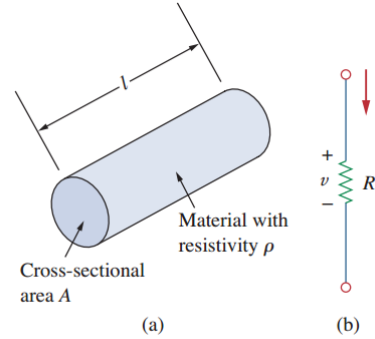


Figure 2.1
(a) Resistor, (b) Circuit symbol for resistance.

2.2 Ohm Kanunu

- Bazı malzemeler ve özdirençleri:

TABLE 2.1

Resistivities of common materials.

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

2.2 Ohm Kanunu

- Ohm kanunu elektriğin temel kanunlarından biridir.
- Bir direnç üzerindeki gerilimin, üzerinden akan akım ile doğru orantılı olduğunu belirtir ($v \propto i$).
- Bu oran devre elemanının akıma karşı koyma direncidir ve ohm (Ω) cinsinden ölçülür.

$$v = iR$$

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

$$1 \Omega = 1 \text{ V/A}$$

2.2 Ohm Kanunu

Historical

Georg Simon Ohm (1787–1854), a German physicist, in 1826 experimentally determined the most basic law relating voltage and current for a resistor. Ohm's work was initially denied by critics.

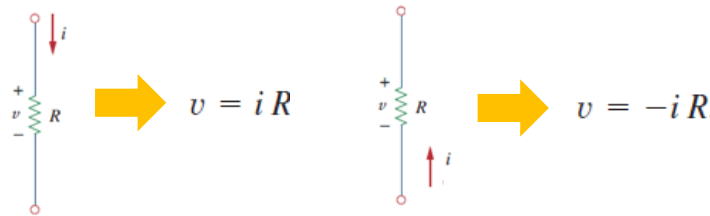
Born of humble beginnings in Erlangen, Bavaria, Ohm threw himself into electrical research. His efforts resulted in his famous law. He was awarded the Copley Medal in 1841 by the Royal Society of London. In 1849, he was given the Professor of Physics chair by the University of Munich. To honor him, the unit of resistance was named the ohm.



© SSPL via Getty Images

2.2 Ohm Kanunu

- Ohm kanunu uygulanırken, akım yönüne ve gerilim polaritesine dikkat etmek gerekir.
- Pasif işaret kuralı!



2.2 Ohm Kanunu

- R değeri $[0, \infty)$ aralığında değişebilir.
- R değeri 0 iken **kısa devre**; ∞ iken **açık devre** özelliği gösterir.

- Kısa devrede:

$$v = iR = 0$$

- Açık devrede:

$$i = \lim_{R \rightarrow \infty} \frac{v}{R} = 0$$

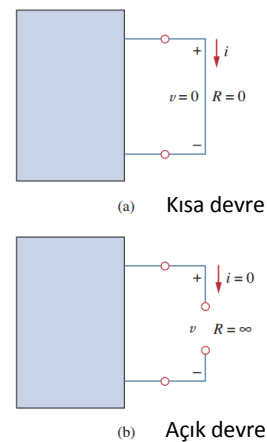


Figure 2.2
(a) Short circuit ($R = 0$), (b) Open circuit ($R = \infty$).

2.2 Ohm Kanunu

- Bir direnç sabit ya da değişken değerli olabilir.

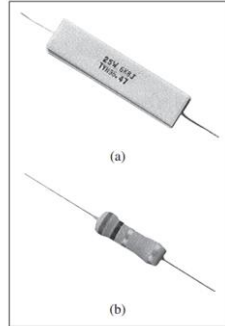


Figure 2.3
Fixed resistors: (a) wirewound type,
(b) carbon film type.
Courtesy of Tech America.

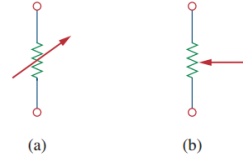


Figure 2.4
Circuit symbol for: (a) a variable resistor
in general, (b) a potentiometer.

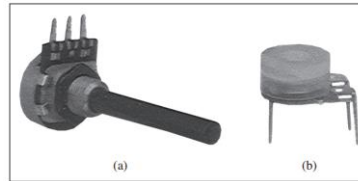


Figure 2.5
Variable resistors: (a) composition type, (b) slider pot.
Courtesy of Tech America.

2.2 Ohm Kanunu

- Bütün dirençler Ohm Kanunu sağlamazlar.
- Örneğin, diyot, ampül gibi elemanlar da doğrusal olmayan karakteristiktir.

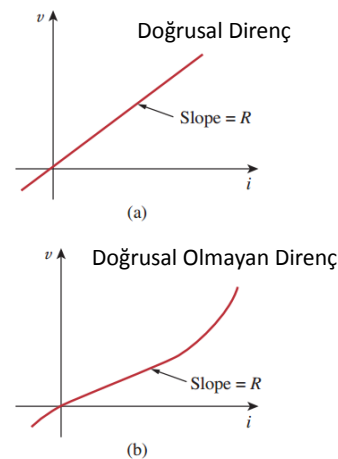


Figure 2.7
The i - v characteristic of: (a) a linear
resistor, (b) a nonlinear resistor.

2.2 Ohm Kanunu

- Direncin tersi iletkenlik olarak adlandırılır ve G ile gösterilir.

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

- İletkenlik devre elemanlarının elektrik akımını ne kadar ilettiğini gösteren bir metriktir.
- İletkenliği birimi siemens [S] ya da $\mathcal{U}$ (mho) dur.

$$1 S = 1 \mathcal{U} = 1 A/V$$

- Direnç üzerinde harcanan güç:

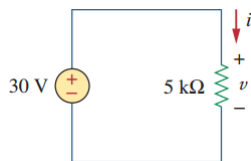
$$p = vi = i^2 R = \frac{v^2}{R} = v^2 G = \frac{i^2}{G}$$

Örnek

- Bir elektrik ütü 120 V geriliminde 2A akım akıtmaktadır. Direnç?

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

- Aşağıdaki devrede akım, iletkenlik ve gücü bulun.



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

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

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

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

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

2.3. Düğüm, Dal ve  evre Kavramları

- **DAL:** Gerilim kaynağı, direnç gibi iki uçlu elemanları ifade eder.
- **DüğüM:** İki ya da daha fazla dalın birleştiğı noktalardır.

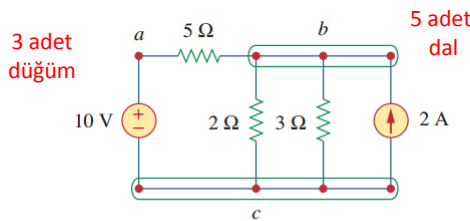


Figure 2.10

Nodes, branches, and loops.

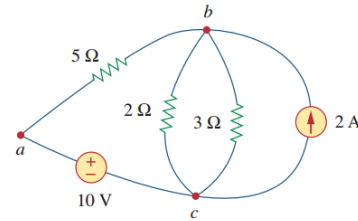


Figure 2.11

The three-node circuit of Fig. 2.10 is redrawn.

2.3. Düğüm, Dal ve  evre Kavramları

- **ÇEVRE:** Bir düğümden başlanıp, diğ r düğümlerden birer kez geçilerek başlangıç düğümüne varıldığında oluşan kapalı yoldur.
- Bir  evre başka çevrelerde bulunmayan dalları içeriyorsa **bağımsızdır**.
- Bağımsız çevreler bağımsız eşitlik sistemleri oluştururlar.

Yandaki devrede her ne kadar 6 ayrı çevrim oluşturulabiliyor olsa da bunlardan yalnızca 3   bağımsızdır.

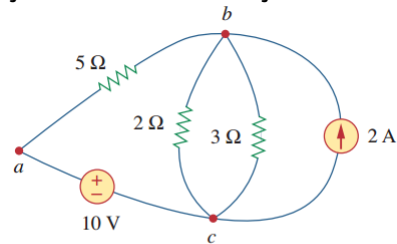


Figure 2.11

The three-node circuit of Fig. 2.10 is redrawn.

2.3. Düğüm, Dal ve Çevre Kavramları

- b adet dal, n adet düğüm ve l adet bağımsız çevrenin olduğu devre için:

$$b = l + n - 1$$

- $b=5, n=3$ ise $l=3$ olur.
- **NOT:** İki ya da daha fazla eleman art arda bağlı ise aynı akımı geçirirler ve bu elemanlar birbirlerine **seri bağlıdır** denir.
- **NOT:** İki ya da daha fazla eleman aynı düğümler arasında bağlı ise üzerlerine düşen gerilim aynıdır ve bu elemanlar birbirlerine **paralel bağlıdır** denir.

Örnekler

- Aşağıdaki devrede dal, düğüm ve bağımsız çevreleri bulun. Seri ve paralel bağlı elemanları tanımlayın.

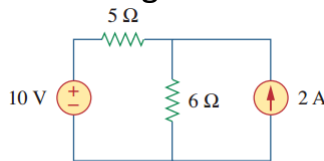


Figure 2.12

For Example 2.4.

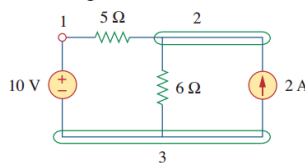


Figure 2.13

The three nodes in the circuit of Fig. 2.12.

Örnekler

- Aşağıdaki devrede dal, düğüm ve bağımsız çevreleri bulun. Seri ve paralel bağlı elemanları tanımlayın.

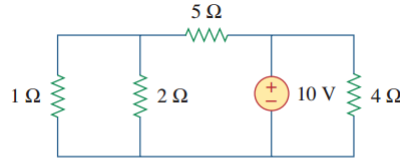


Figure 2.14

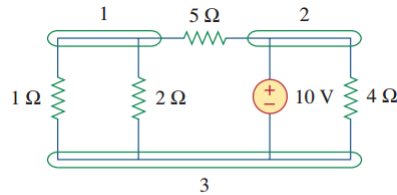


Figure 2.15

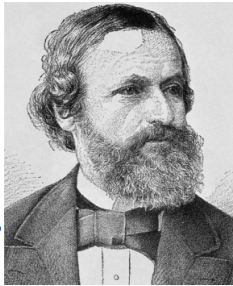
Answer for Practice Prob. 2.4.

2.4. Kirchhoff Kanunları

- Ohm kanunu tek başına devre analizinde yetersidir.
- Kirchhoff'un iki kanunu eklendiğinde bir çok elektrik devresi kolayca analiz edilebilmektedir.
- Kirchhoff'un Kanunları:
 - Kirchhoff Akım Kanunu (KAK)
 - Kirchhoff Gerilim Kanunu (KGK)

2.4. Kirchhoff Kanunları

Historical



© Pixallige Fotostock RF

Gustav Robert Kirchhoff (1824–1887), a German physicist, stated two basic laws in 1847 concerning the relationship between the currents and voltages in an electrical network. Kirchhoff's laws, along with Ohm's law, form the basis of circuit theory.

Born the son of a lawyer in Königsberg, East Prussia, Kirchhoff entered the University of Königsberg at age 18 and later became a lecturer in Berlin. His collaborative work in spectroscopy with German chemist Robert Bunsen led to the discovery of cesium in 1860 and rubidium in 1861. Kirchhoff was also credited with the Kirchhoff law of radiation. Thus Kirchhoff is famous among engineers, chemists, and physicists.

Kirchoff Akım Kanunu

- Bir düğüme giren akımların cebirsel toplamı sıfırdır.

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

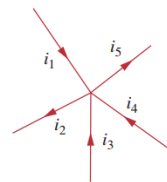


Figure 2.16

Currents at a node illustrating KCL.

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

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

- KAK kapalı sınırlara da uygulanabilir:

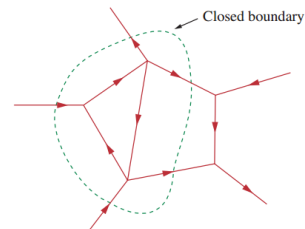


Figure 2.17

Applying KCL to a closed boundary.

Kirchoff Akım Kanunu

- KAK'ın en basit uygulaması paralel bağlı akım kaynaklarıdır.

$$I_T + I_2 = I_1 + I_3$$

$$I_T = I_1 - I_2 + I_3$$

- NOT:** Bir devrede iki farklı akım kaynağı $I_1 \neq I_2$ olmadığı sürece seri bağlanamazlar.
- Aksi takdirde KAK dikkate alınmamış olur.
- Akım kaynaklarının seri bağlanması pratikte yüksek akım gerektiren uygulamalarda kullanılır.

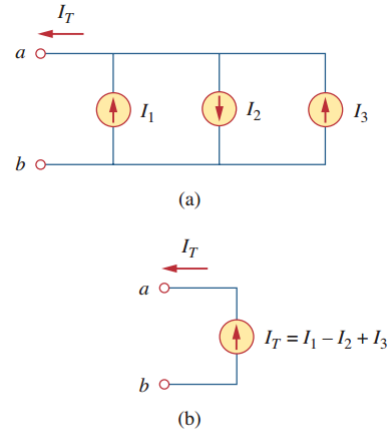


Figure 2.18

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

Kirchoff Gerilim Kanunu

- Bir çevredeki gerilimlerin cebirsel toplamı sıfırdır.

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

- Devredeki çevre için KGK:

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

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

- NOT:** Çevrenin yönü keyfi olarak seçilebilir
- Elde edilecek eşitlik değişmeyecektir!

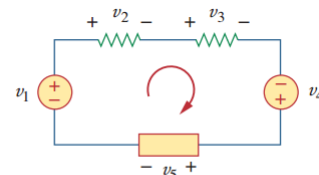


Figure 2.19

A single-loop circuit illustrating KVL.

Kirchoff Gerilim Kanunu

- Gerilim kaynakları seri olarak bağlandığında, toplam gerilimi bulmak için KGK kullanılabilir.

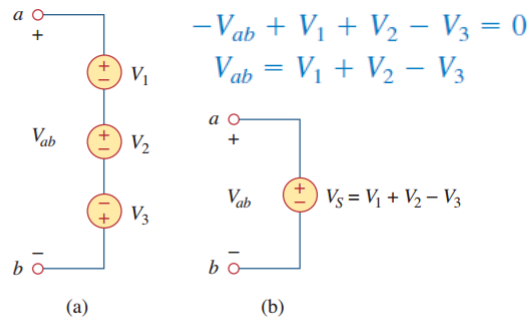


Figure 2.20

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