

Grandezas físicas

- Resistência e resistividade elétrica

Densidade de corrente elétrica

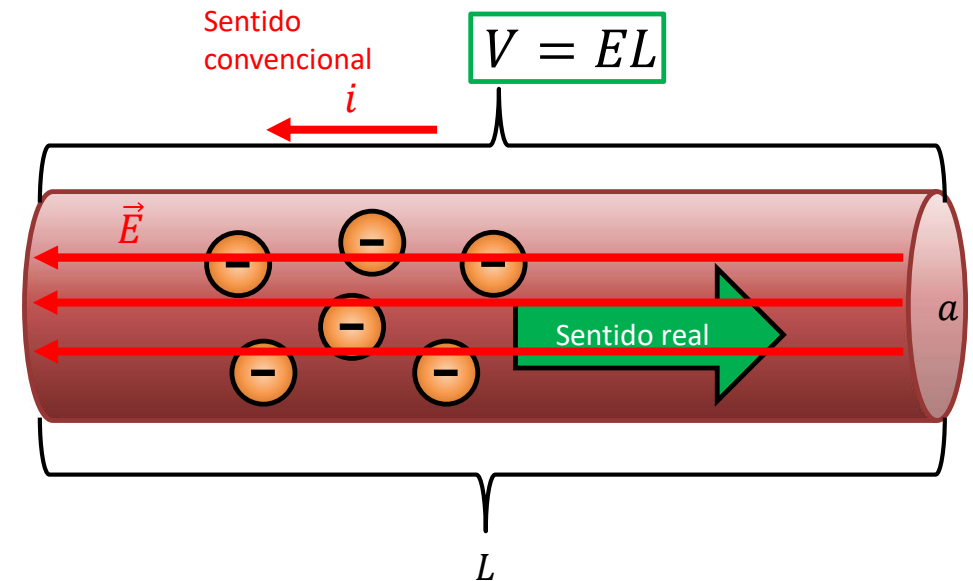
$$i = \int \vec{J} \cdot d\vec{a} \Rightarrow i = Ja$$

$$\vec{E} = \rho \vec{J} \Rightarrow J = \frac{E}{\rho}$$

Resistividade elétrica

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

$$R = \frac{\rho EL}{Ea}$$



$$\therefore R = \frac{\rho L}{a}$$

Grandezas físicas

- Resistência e resistividade elétrica

$$\therefore R = \frac{\rho L}{a}$$

Condutividade elétrica é o
inverso da resistividade, ou seja

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \text{ em } (\Omega m)^{-1}$$

A resistividade elétrica ρ é
medida em Ωm .

São propriedades
microscópicas.

Grandezas físicas

Resistividade elétrica e coeficiente de temperatura de alguns materiais a 20 °C.

Material	Resistividade ρ (Ωm)	Coeficiente de temperatura α (K^{-1})
Prata	$1,59 \times 10^{-8}$	$3,8 \times 10^{-3}$
Cobre	$1,7 \times 10^{-8}$	$3,9 \times 10^{-3}$
Ouro	$2,4 \times 10^{-8}$	$3,4 \times 10^{-3}$
Carbono	$3,5 \times 10^5$	$-0,5 \times 10^{-3}$
Silício	640	-75×10^{-3}
Germânio	0,46	-48×10^{-3}

Grandezas físicas

- Resistividade elétrica

Verifica-se experimentalmente que a dependência do valor da resistividade elétrica com a variação da temperatura e o coeficiente α é expressa, aproximadamente, pela seguinte equação:

$$\rho - \rho_0 = \rho_0 \alpha (T - T_0)$$

Qual o significado de um α negativo?

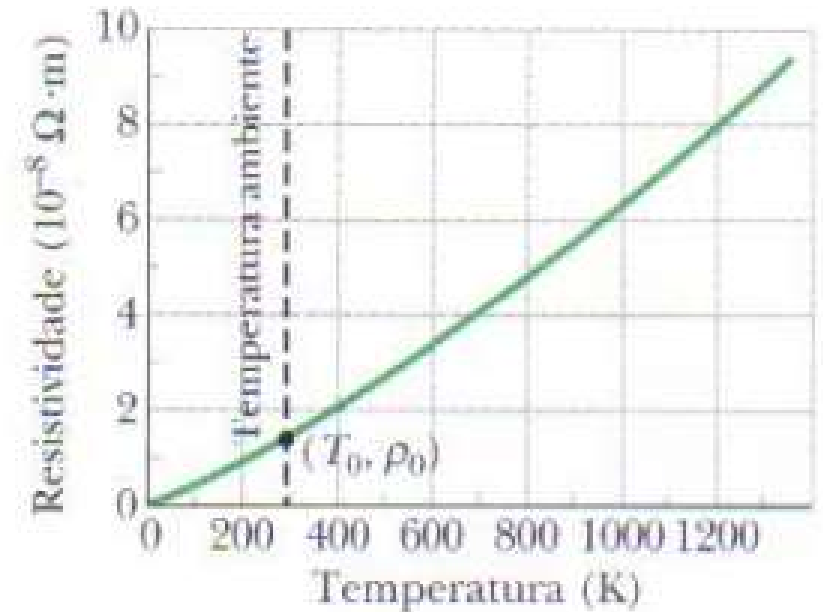


Gráfico da resistividade elétrica do cobre.

Grandezas físicas

- Resistência e resistividade elétrica

A partir das equações

$$R = \frac{\rho L}{A} \quad \rho - \rho_0 = \rho_0 \alpha (T - T_0)$$

Pode-se estimar a variação da resistência elétrica devido a uma variação da temperatura.

$$\frac{RA}{L} - \frac{R_0 A}{L} = \frac{R_0 A}{L} \alpha (T - T_0) \quad \Rightarrow \quad R - R_0 = R_0 \alpha (T - T_0)$$

Grandezas físicas

- Potência

Em geral, potência (P) é a taxa de transferência ou transformação de energia em determinado sistema. Desse modo, está matematicamente definida pela expressão

$$P = \frac{dU}{dt} \quad \text{Medidas em watts (W)} \leftrightarrow \frac{J}{s} \equiv W.$$

Onde U é o tipo de energia associada ao sistema.

O que é energia?

Adicionalmente, a potência também pode ser relacionada ao trabalho (w) e ao calor (Q), nas formas $P = \frac{dw}{dt}$ e $P = \frac{dQ}{dt}$, respectivamente, pois ambos podem ser entendidos como processos de transferência de energia.

Grandezas físicas

- Potência

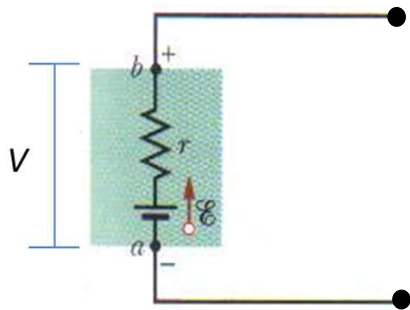
No caso de sistemas elétricos e eletrônicos, denomina-se de *potência elétrica*, que pode ser avaliada em três categorias:

- Potência total (P_t) – Em uma bateria, por exemplo, é a taxa com a qual energia química é transformada em energia elétrica no seu interior – relacionada à *fem*.
- Potência útil (P_u)– É a taxa com a qual a energia é fornecida para um determinado circuito – relacionada à *ddp*.
- Potência dissipada/consumida (P_{dc})– É a taxa com a qual a energia é “absorvida” por um dispositivo do circuito.

Grandezas físicas

- Potência

No caso de uma fonte real e a partir da *lei de conservação da energia*, pode-se relacionar essas potências através da seguinte expressão:



$$P_t = P_u + P_d$$

$$\text{Onde } P_u = Vi, P_t = \varepsilon i \text{ e } P_d = ri^2.$$

Portanto,

$$\varepsilon i = Vi + ri^2$$

Note que “volt-ampère” (VA) também é unidade de potência, que eventualmente pode ser utilizada.

Grandezas físicas

- Potência

Um aquecedor elétrico operando sob uma tensão V_1 tem apresenta uma potência P_1 . Supondo que a sua resistência elétrica seja constante, qual será a sua potência se ele for submetido a uma tensão $V_2 = V_1/2$?

Solução

$$P_1 = Ri_1^2 = \frac{V_1^2}{R} \rightarrow R = \frac{V_1^2}{P_1}$$

$$P_2 = \frac{V_2^2}{R} \quad \therefore P_2 = \frac{P_1}{4}$$

Qual alternativa se a resistência elétrica não fosse constante?

Associações em circuitos

As associações de dispositivos em circuitos podem ser realizadas em série, paralelo e mista, que é uma combinação das duas anteriores.

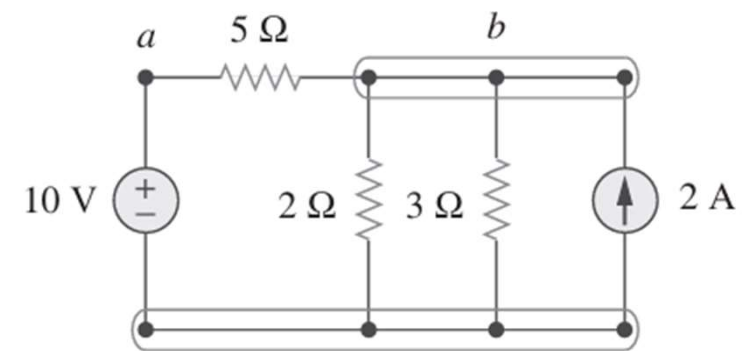
O reconhecimento dos tipos de associações e suas características é fundamental para a análise de circuitos de modo geral, assim como a identificação dos laços ou malhas, ramos e nós.

Nós, ramos e laços

Nó é o ponto de conexão entre dois ou mais ramos.

Ramo representa um elemento único como fonte de tensão ou resistor.

Laço é qualquer caminho fechado em um circuito.



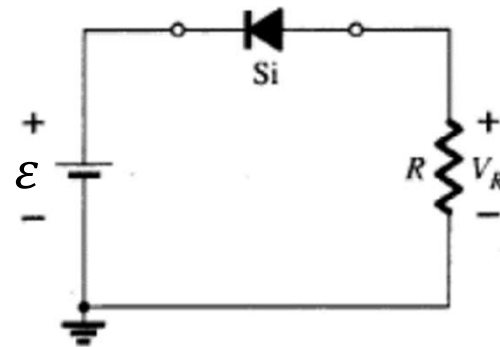
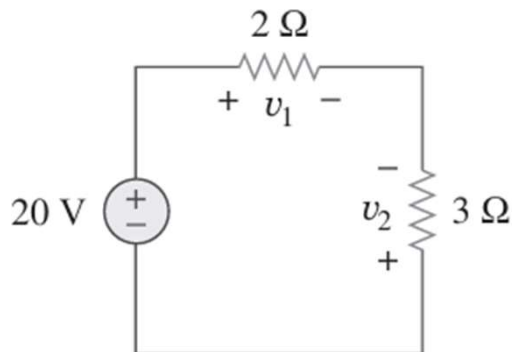
Circuito com 3 nós, 5 ramos e 4 laços.

Associações em circuitos

Associação em série

Dois ou mais elementos estão em **série** se eles compartilharem exclusivamente um único nó e, conseqüentemente, transportarem a mesma corrente.*

Dois ou mais dispositivos conectados em sequência, percorridos pela mesma corrente elétrica, estão associados em série. Naturalmente, a análise do efeito resultante de tal associação depende dos tipos de dispositivos.



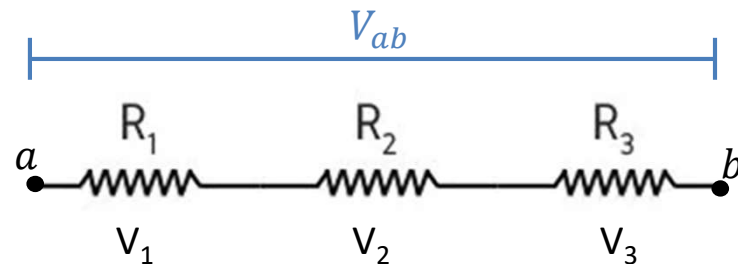
*ALEXANDER, Charles K.; SADIKU, Matthew N. O.. Fundamentos de circuitos elétricos. 3. ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 2008.

Associações em circuitos

Associação em série

Como nessa associação a corrente elétrica é a mesma para os dispositivos, a *ddp* em cada dispositivo é diferente (exceto em casos especiais), de modo que ela também é identificada como uma associação *reduzora de tensão* em circuitos resistivos.

Em geral, a soma algébrica das variações de potencial elétrico, encontradas entre dois pontos que delimitam uma associação em série, resulta na *ddp* entre esses pontos, a fim de satisfazer a lei de conservação da energia – *também pode ser aplicado para associações de fontes*.



$$V_{ab} = \sum_{i=1}^3 V_i$$

Associações em circuitos

Associação em série

Pode-se reduzir uma associação em série para uma único resistor cuja resistência elétrica é equivalente para tal associação.

Demonstra-se que para “N” *resistores em série*

$$R_e = \sum_{k=1}^N R_k$$

Para o caso especial em que as resistências são todas iguais

$$R_e = NR$$

Associações em circuitos

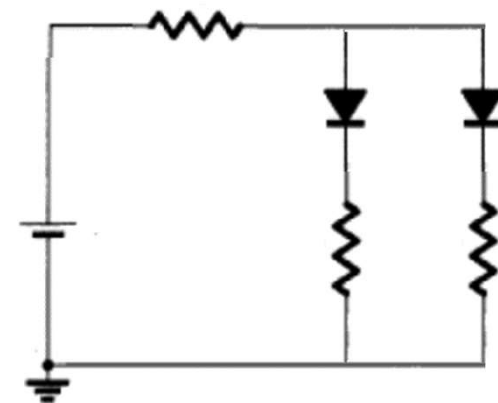
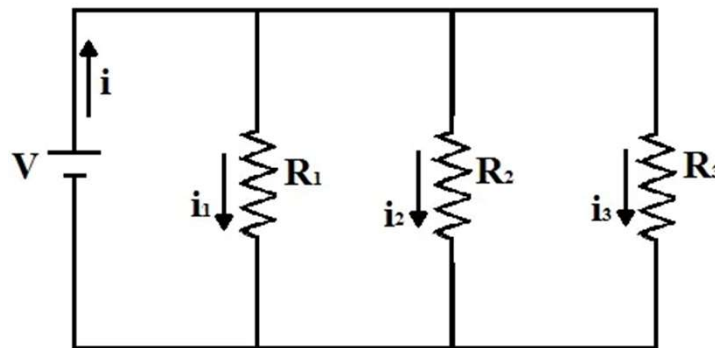
Associação em paralelo

Como é a ddp resultante de uma associação em paralelo de fontes de tensão?

Dois ou mais elementos estão em **paralelo** se eles estiverem conectados aos mesmos dois nós e, conseqüentemente, tiverem a mesma tensão entre eles.*

Dois ou mais dispositivos conectados de modo a transportarem corrente elétrica de forma independente, estão conectados em paralelo e, portanto, estão sob a mesma *ddp*.

Qual é o número de laços, nós e ramos nesse circuito?

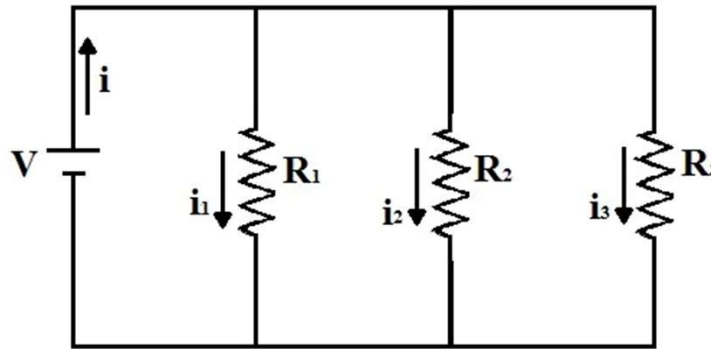


*ALEXANDER, Charles K.; SADIKU, Matthew N. O.. Fundamentos de circuitos elétricos. 3. ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 2008.

Associações em circuitos

Associação em paralelo

É um associação “divisora” de corrente elétrica, pois a corrente i é separada entre os ramos conectados no mesmo nó, respeitando a *lei de conservação da carga elétrica*.



Portanto, pode-se escrever para este caso

$$i = \sum_{k=1}^3 i_k$$

Associações em circuitos

Associação em paralelo

Analogamente a associação em série, pode-se reduzir a associação em paralelo para um único resistor cuja resistência elétrica é equivalente a da associação.

Demonstra-se que para “N” *resistores em paralelo*

$$\frac{1}{R_e} = \sum_{k=1}^N \frac{1}{R_k}$$

Para o caso especial em que as resistências são todas iguais

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