





CIRCUITOS ELÉTRICOS

Prof. Lucas Claudino



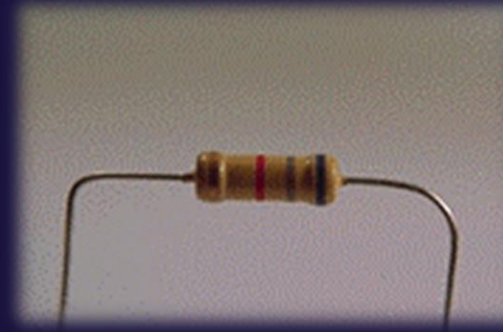
AULA 02 – Elementos e associações

CIRCUITOS ELÉTRICOS

Resistores

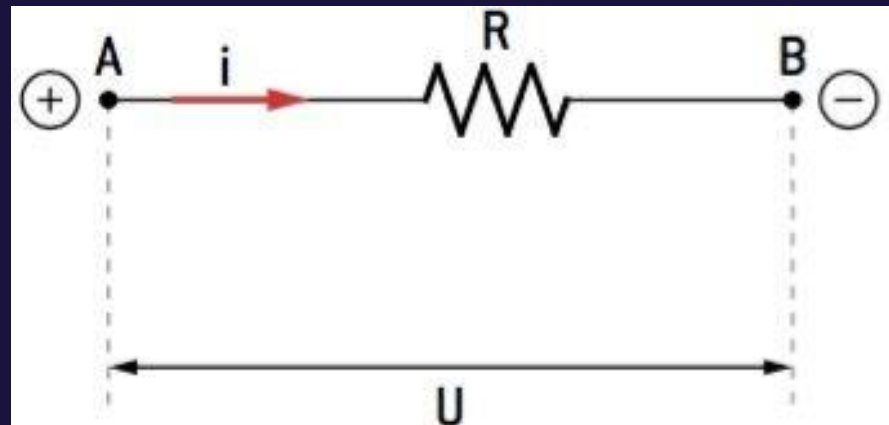
- De onde provém o calor fornecido por aparelhos como ferro elétrico, torradeira, chuveiro e secadora elétrica? Por que a lâmpada fica quente depois de acesa?
- Esse aquecimento acontece pela transformação da energia elétrica em calor, fenômeno denominado **efeito Joule**, decorrente da colisão de elétrons da corrente com outras partículas do condutor. Durante a colisão, a transformação de energia elétrica em calor é integral.
- Condutores com essa característica são denominados **resistores**.

Exemplos de resistores



Resistência elétrica e Lei de Ohm

- A resistência elétrica é uma grandeza característica do resistor, e mede a oposição que seus átomos oferecem à passagem da corrente elétrica.
- Considere o resistor representado no trecho do circuito abaixo, onde se aplica uma ddp U e se estabelece uma corrente de intensidade i .

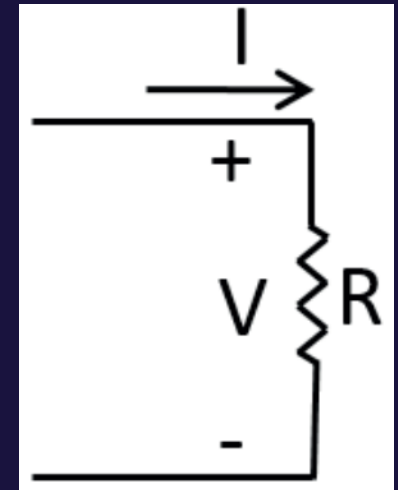


Lei de Ohm

- Em 1826, o físico alemão George Simon Ohm estabeleceu a relação entre tensão, corrente e resistência em um circuito.

$$V = I \times R$$

- Em que:
- **V: tensão** medida em **volts (V)**;
- **I: corrente** medida em **ampères (A)**;
- **R: resistência** medida em **ohms (Ω)**.



Potência elétrica

- Em Eletrodinâmica, a quantidade de energia transformada por unidade de tempo é denominada potência elétrica.

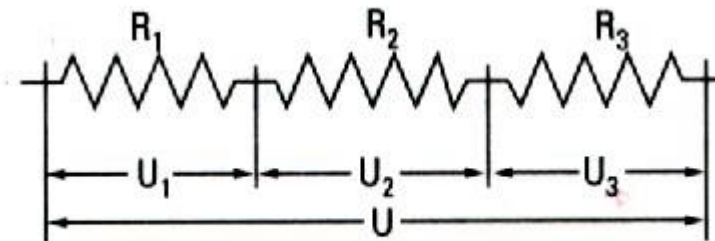
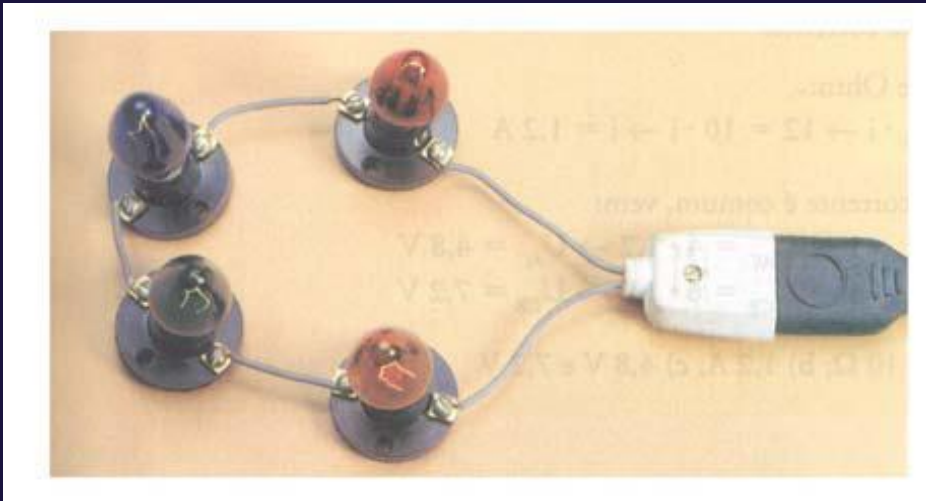
$$P = V \cdot I$$

$$[W] = [V] [A]$$

Associação de resistores em série



Nesse tipo de associação, a corrente elétrica percorre todos os resistores antes de retornar à tomada.



$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

Resistência equivalente de um circuito em série

A introdução da resistência equivalente em um circuito não modifica o valor da corrente elétrica, temos:

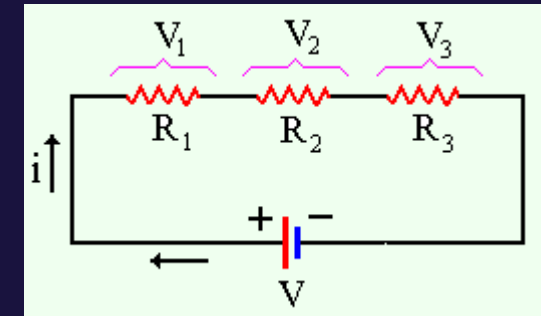
$$U = Ri$$

Sabendo que $U = U_1 + U_2 + U_3$, temos:

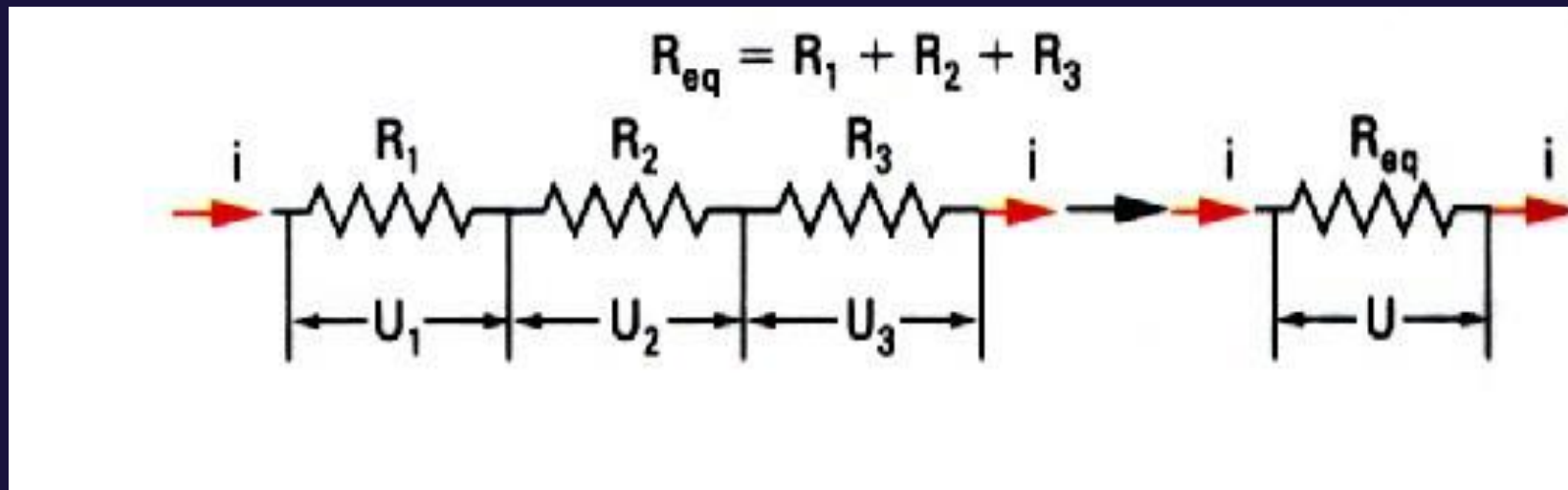
$$R_{eq} \cdot i = R_1 \cdot i + R_2 \cdot i + R_3 \cdot i$$

Dividindo os membros da igualdade pela corrente i , temos:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$

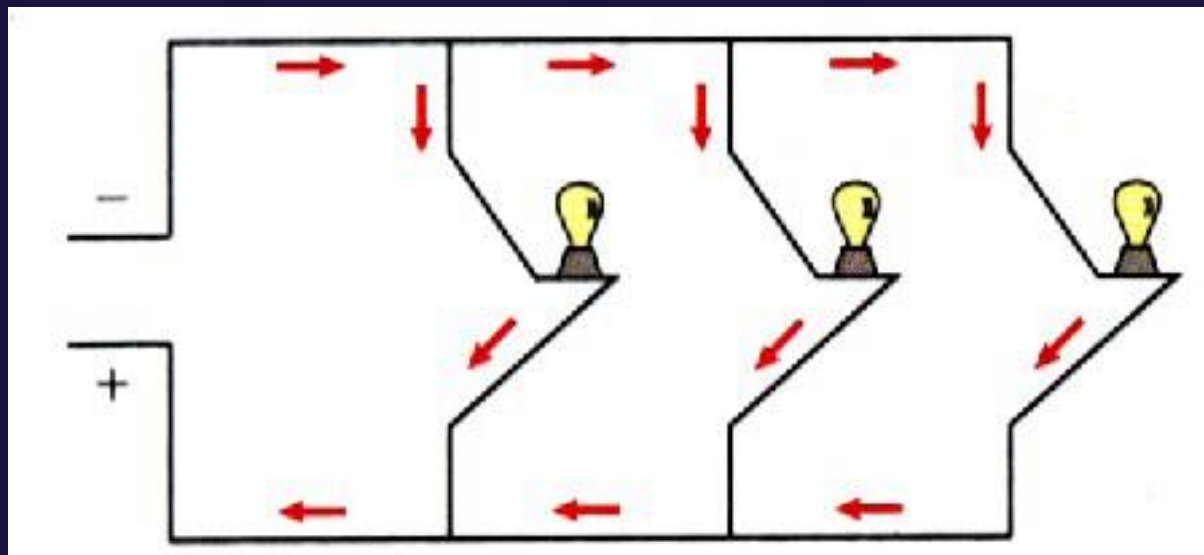


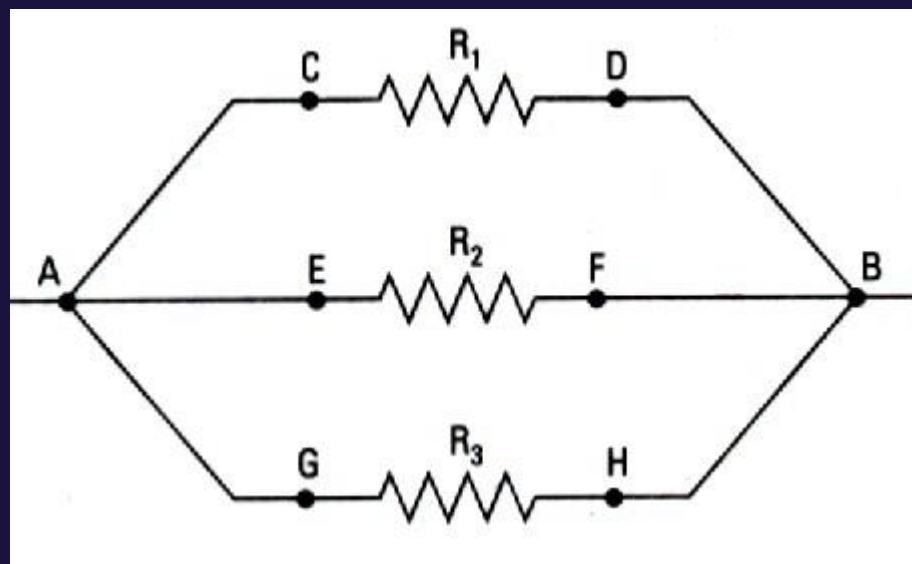
- Em geral, numa associação de resistores em série, a resistência equivalente R_{eq} é igual à soma das resistências individuais.



Resistores em paralelo

- Quando vários resistores estão associados em paralelo, a ddp entre os terminais de cada resistor é a mesma e, conseqüentemente, a ddp entre os terminais da associação também é a mesma. Nesse tipo de associação, os elétrons retornam à tomada cada vez que passam por um resistor.





U_1 é a ddp entre os terminais **C** e **D** de R_1 .

U_2 é a ddp entre os terminais **E** e **F** de R_2 .

U_3 é a ddp entre os terminais **G** e **H** de R_3 .

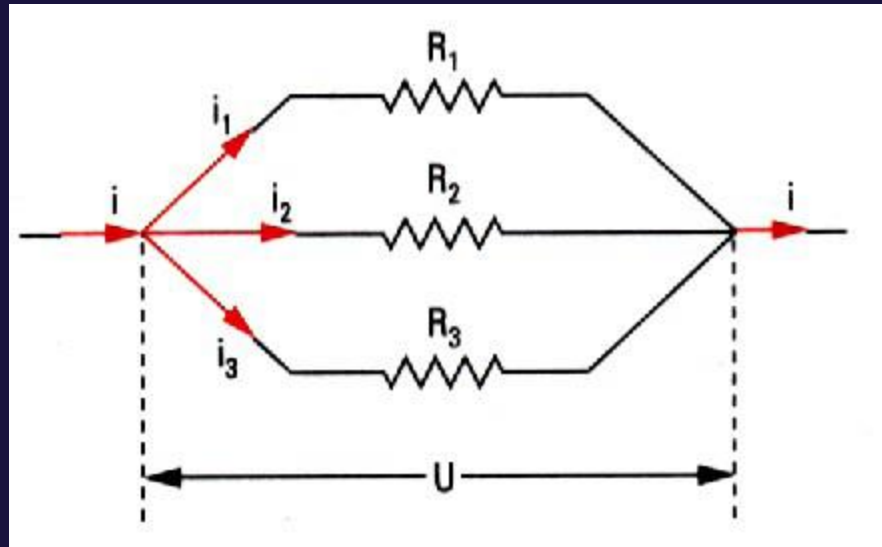
U é a ddp entre os terminais **A** e **B** da associação.

Pelo esquema acima, podemos concluir que:

- O potencial nos pontos C, E e G é igual ao potencial no ponto A;
- O potencial nos pontos D, F e H é igual ao potencial no ponto B.

Portanto $U = U_1 = U_2 = U_3$

Resistência equivalente de um circuito em paralelo



Perceba que:

$$i_1 = \frac{U_1}{R_1} \quad i_2 = \frac{U_2}{R_2} \quad i_3 = \frac{U_3}{R_3}$$

Como a ddp é a mesma nos três resistores, podemos escrever:

$$i_1 = \frac{U}{R_1} \quad i_2 = \frac{U}{R_2} \quad i_3 = \frac{U}{R_3}$$

Como a corrente total pode ser obtida pelo quociente entre a ddp **U** da associação e a **resistência equivalente R_{eq}** , vem:

$$i = \frac{U}{R_{eq}}$$

Como a corrente total **i** também pode ser obtida por $i = i_1 + i_2 + i_3$, para os três resistores considerados, podemos escrever:

$$\frac{U}{R_{eq}} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}$$

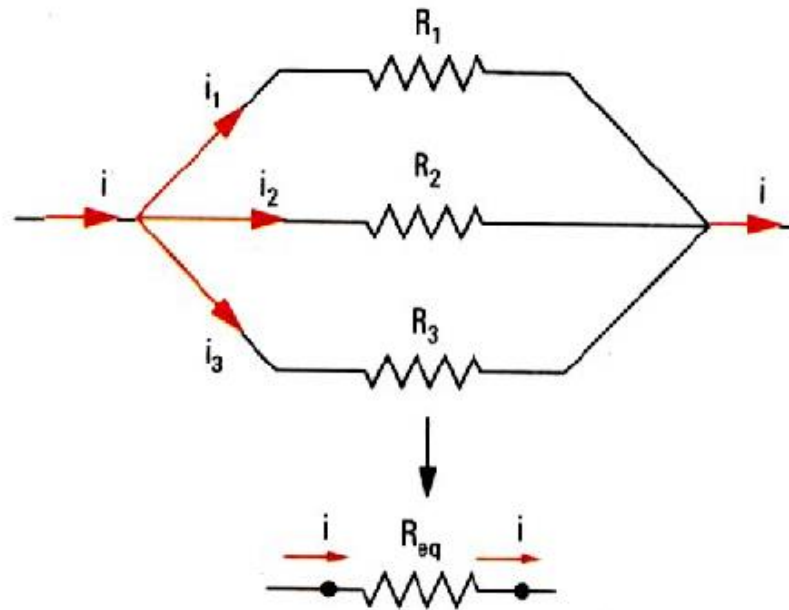
Portanto:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Em geral, para diversos resistores em paralelo, podemos fazer:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

Esquemáticamente:



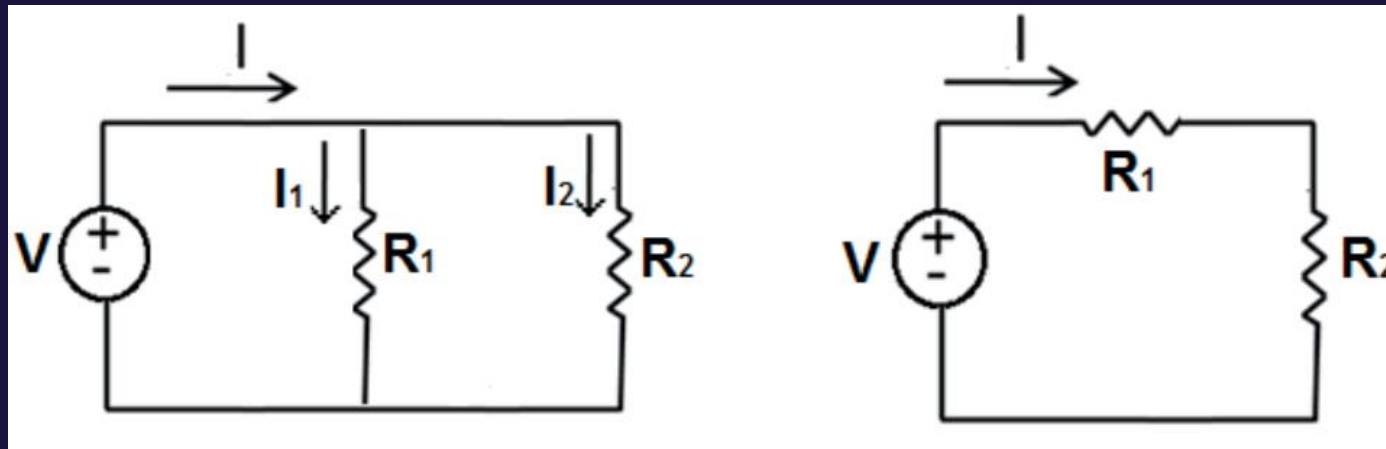
Observações:

- Para dois resistores de resistência R_1 e R_2 , associados em paralelo temos:

$$R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Exercício

$V = 12V$; $R_1 = 10\Omega$ e $R_2 = 5\Omega$ $V = 12V$; $R_1 = 10\Omega$ e $R_2 = 5\Omega$



$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{12}{10} = 1,2A$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{12}{5} = 2,4A$$

$$I = I_1 + I_2 = 1,2 + 2,4 = 3,6A$$

$$R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{50}{15} = 3,33\Omega$$

$$I = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{12}{3,33} = 3,6A$$

Capacitores e indutores



- Elementos lineares passivos que armazenam energia que posteriormente pode ser recuperada;

Resistores

Invariantes no tempo

Capacitores e Indutores

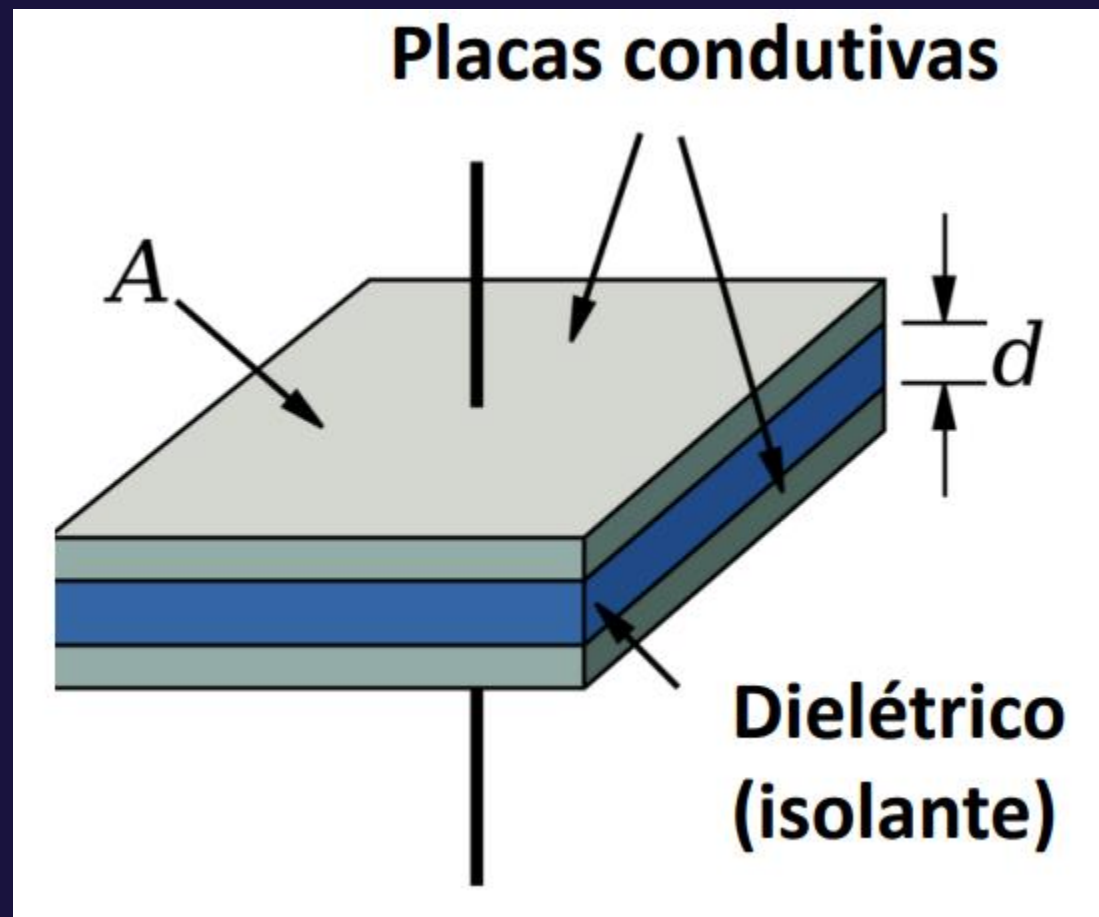
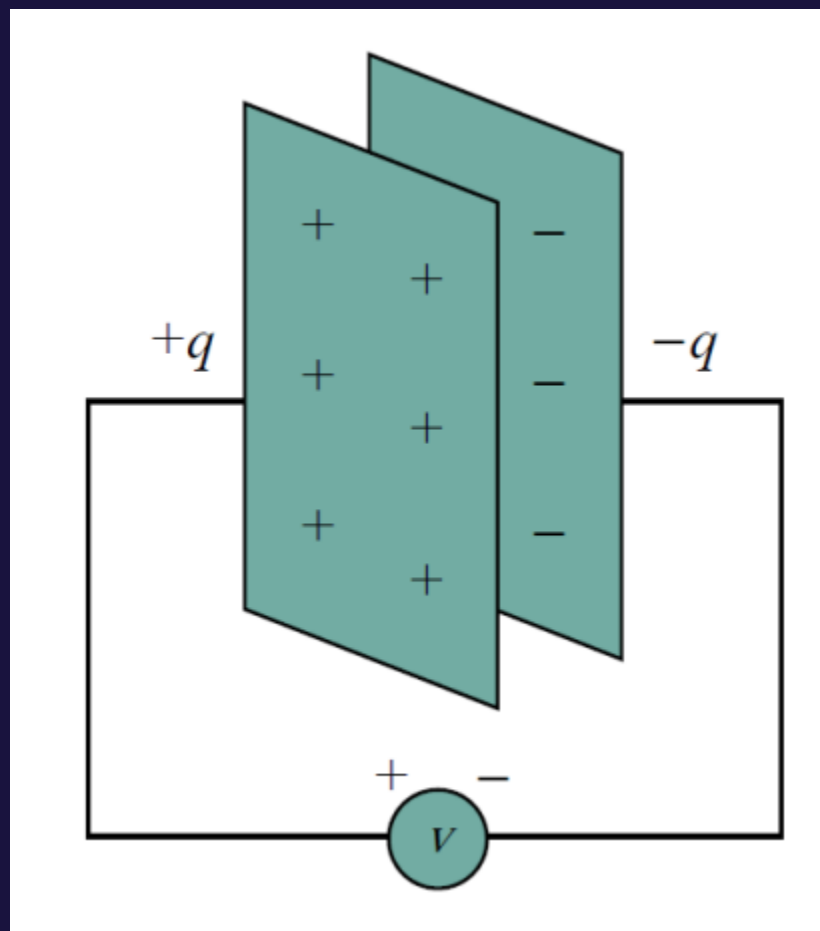
Variantes no tempo

Capacitores - conceitos

- O capacitor armazena cargas em forma de um campo elétrico
- A quantidade de carga armazenada é diretamente proporcional a tensão v aplicada
- Bloqueia CC
- Comporta-se como um circuito aberto quando saturado

$$q = Cv$$

Onde C é a capacitância medida em Farad (F) q é a carga medida em Columb (C)



Associação de capacitores



Associação de capacitores em série

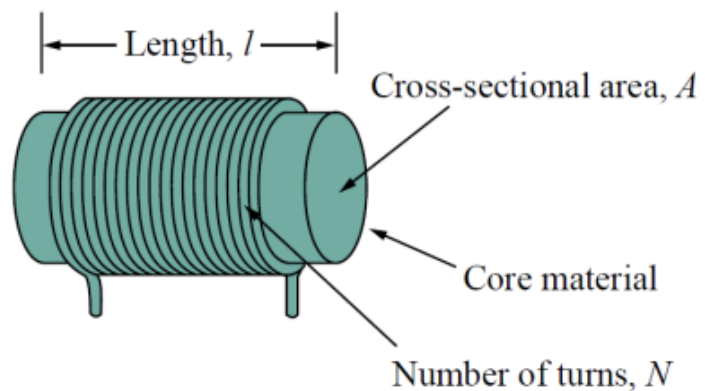
$$C_{eq} = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \cdots + \frac{1}{C_n} \right)^{-1} \quad ; \quad v_{eq}(t_0) = v_1(t_0) + v_2(t_0) + \cdots + v_n(t_0)$$

Associação de capacitores em paralelo

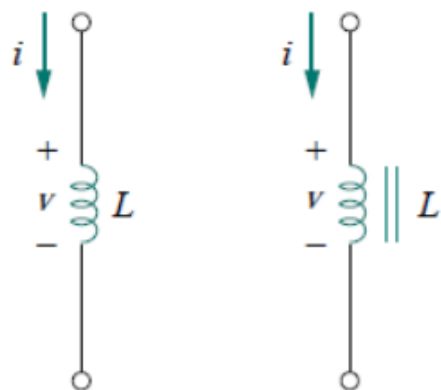
$$C_{eq} = C_1 + C_2 + \cdots + C_n$$

Indutores - conceitos

Esquema



Símbolos

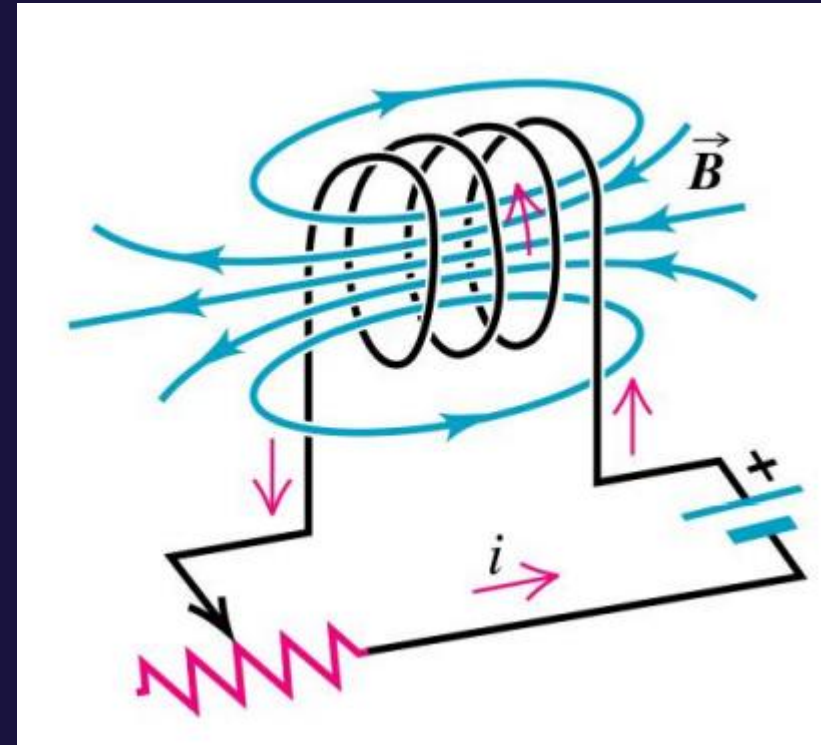


Principais tipos

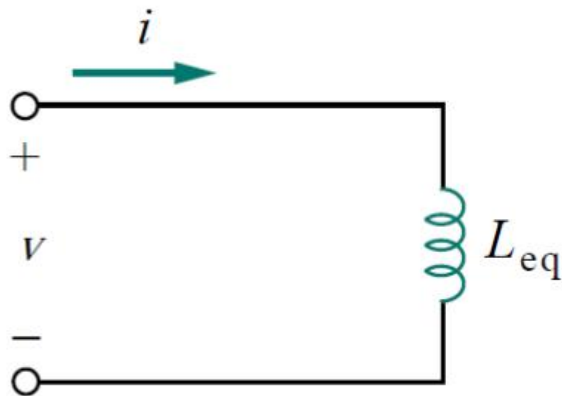
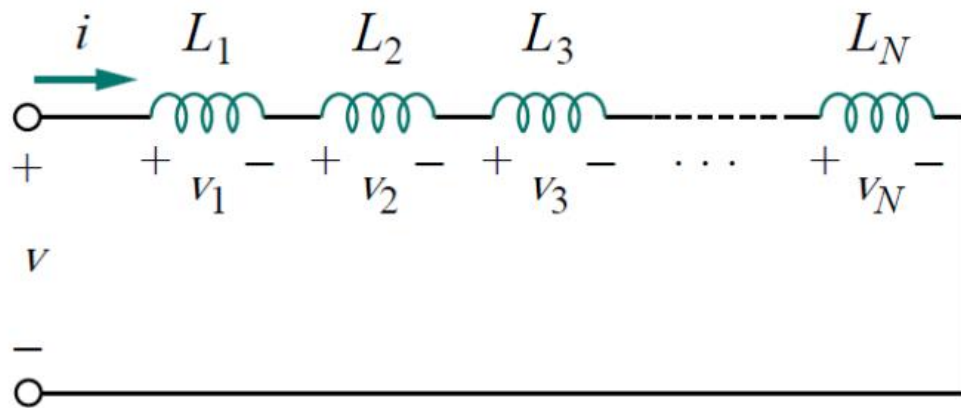


- Indutores são elementos passivos que armazenam energia em seu campo magnético
- Consiste em uma bobina de fio condutor
- Entre suas principais aplicações podemos citar: fontes, filtros, transformadores, rádios, estabilizadores e motores elétricos

A tensão entre os terminais diretamente proporcional a variação de corrente



Associação de indutores em série

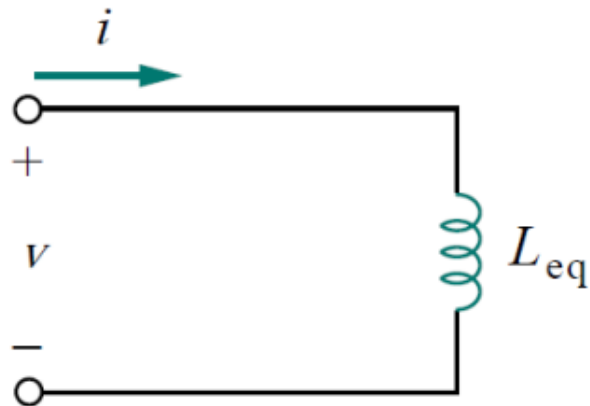
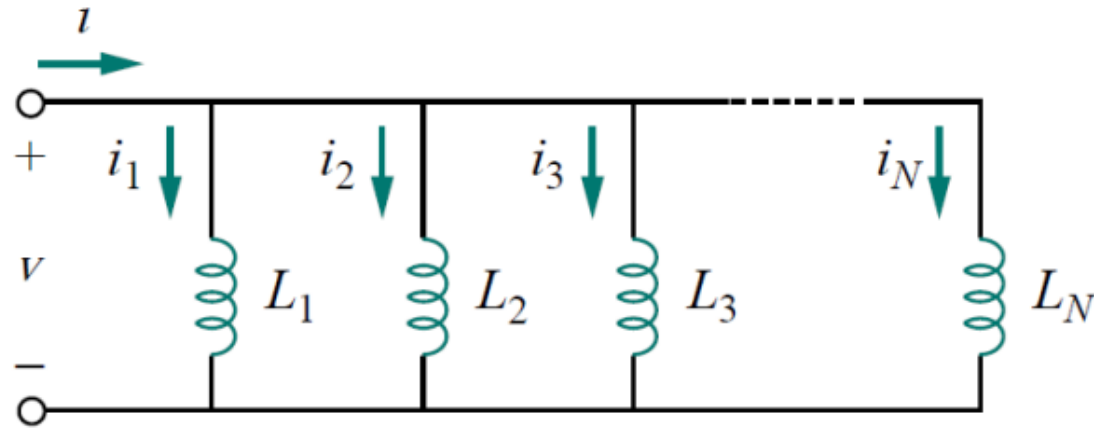


$$v_{eq}(t) = v_1(t) + v_2(t) + \dots + v_N(t)$$

$$L_{eq} \frac{di}{dt} = L_1 \frac{di}{dt} + L_2 \frac{di}{dt} + \dots + L_N \frac{di}{dt}$$

$$L_{eq} = L_1 + L_2 + \dots + L_n$$

Associação de indutores em paralelo



$$\left(L_{eq} = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2} \right)$$

2 indutores

Generalizando

$$L_{eq} = \left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots + \frac{1}{L_n} \right)^{-1}$$

Exercício 1



Dois resistores, R_1 e R_2 , de **$0,25 \, \Omega$** cada são ligados em série. Em paralelo com esses resistores, há um resistor (R_3) de **$0,25 \, \Omega$** . Determine a resistência equivalente dessa associação de resistores.

Primeiramente, devemos calcular a resistência dos resistores que estão ligados em série. Para isso, basta que somemos as suas resistências individuais. Em seguida, fazemos o cálculo da resistência equivalente em paralelo com o resultado obtido e com a resistência de $0,25 \Omega$, observe:

$$R = R_1 + R_2$$

$$R = 0,25\Omega + 0,25\Omega$$

$$R = 0,50\Omega$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{0,50} + \frac{1}{0,25} \text{ ou } R_{eq} = \frac{0,25 \cdot 0,50}{0,25 + 0,50}$$

$$R_{eq} = 0,16\Omega$$

Exercício 2



Um circuito elétrico é formado 500 resistores de $1,5 \text{ k}\Omega$ de resistência ligados em paralelo. Determine a resistência elétrica equivalente desse circuito. ($k = \text{kilo} - 10^3$)

Como todos os resistores em questão são idênticos e ligados em paralelo, podemos calcular a resistência equivalente do circuito simplesmente dividindo o valor da resistência individual pelo número de resistores:

$$R_{eq} = \frac{R}{n}$$
$$R_{eq} = \frac{1500}{500}$$
$$R_{eq} = 3\Omega$$

Exercício 3

Três resistores idênticos de $R = 30\Omega$ estão ligados em paralelo com uma bateria de 12V. Pode-se afirmar que a resistência equivalente do circuito é de:

- a) $R_{eq} = 10\Omega$, e a corrente é 1,2 A.
- b) $R_{eq} = 20\Omega$, e a corrente é 0,6 A.
- c) $R_{eq} = 30\Omega$, e a corrente é 0,4 A.
- d) $R_{eq} = 40\Omega$, e a corrente é 0,3 A.
- e) $R_{eq} = 60\Omega$, e a corrente é 0,2 A.

De acordo com o enunciado, temos três resistores idênticos em paralelo. Portanto, para calcular a resistência equivalente, basta dividir o valor da resistência por três:

$$R_{eq} = \frac{R}{n}$$

$$R_{eq} = \frac{30}{3}$$

$$R_{eq} = 10 \, \Omega$$

Para calcular a corrente elétrica, utilizamos a Lei de Ohm:

$$U = R_{eq} \cdot i$$

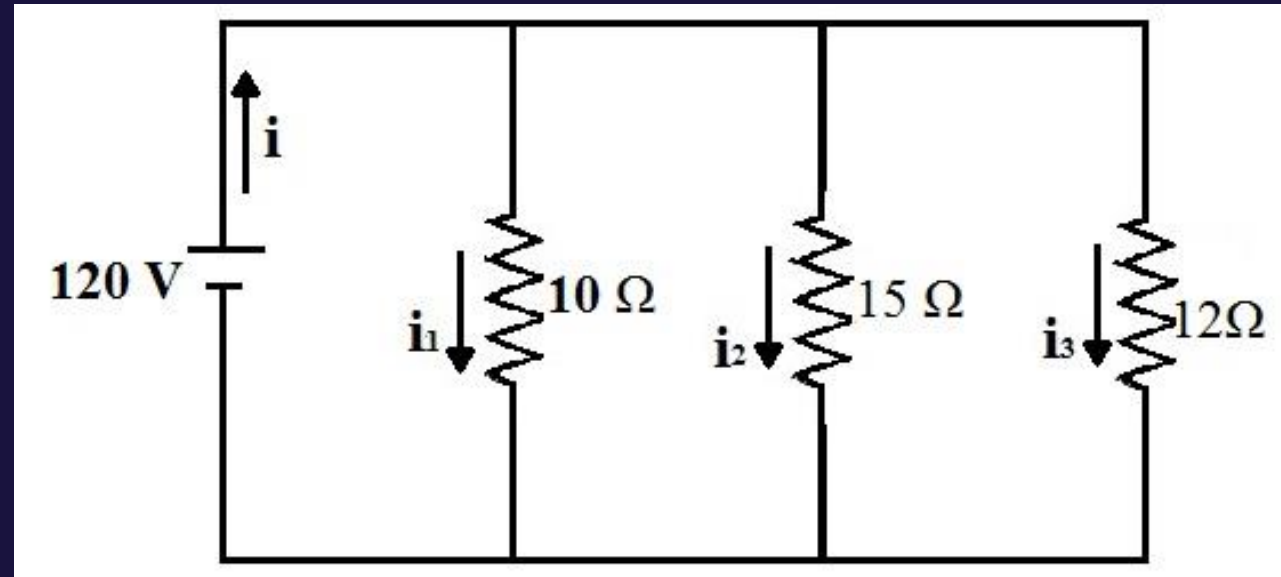
$$12 = 10 \cdot i$$

$$i = \frac{12}{10}$$

$$i = 1,2 \, A$$

Exercício 4

Considere a associação de resistores em paralelo da figura a seguir:



Determine:

- a) A resistência equivalente no circuito;
- b) A ddp (tensão) em cada resistor;
- c) A corrente elétrica em cada resistor;
- d) A corrente elétrica total.

Letra a – A resistência equivalente:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{10} + \frac{1}{15} + \frac{1}{12}$$

O MMC entre 10, 15 e 12 é 60. Assim, temos:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{6 + 4 + 5}{60}$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{15}{60}$$

$$R_{eq} = \frac{60}{15}$$

$$R_{eq} = 4 \, \Omega$$

Letra b – A ddp em cada resistor:

A ddp em cada resistor é igual à tensão fornecida pela fonte: 120 V. Assim, podemos escrever:

$$V_1 = 120 \text{ V}$$

$$V_2 = 120 \text{ V}$$

$$V_3 = 120 \text{ V}$$

Letra c – A corrente elétrica em cada resistor:
Aplicamos a Lei de Ohm em cada resistor:

$$i_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{120}{10} \therefore i_1 = 12A$$
$$i_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{120}{15} \therefore i_2 = 8A$$
$$i_3 = \frac{V_3}{R_3} = \frac{120}{12} \therefore i_3 = 10A$$

Letra d – corrente elétrica total:

A corrente i é igual à soma das correntes individuais:

$$\begin{aligned}i &= i_1 + i_2 + i_3 \\i &= 10 + 8 + 12 \\i &= 30 \text{ A}\end{aligned}$$

Exercício 5



Um circuito tem 3 resistores idênticos, dois deles colocados em paralelo entre si, e ligados em série com o terceiro resistor e com uma fonte de 12V. A corrente que passa pela fonte é de 5,0 mA.

Qual é a resistência de cada resistor, em $k\Omega$?

Sabendo o valor da ddp total e da corrente que atravessa o circuito, podemos encontrar a resistência equivalente:

$$\begin{aligned}V_{total} &= R_{eq} \cdot i \\12 &= R_{eq} \times 5 \cdot 10^{-3} \\R_{eq} &= \frac{12}{5 \cdot 10^{-3}} = 2,4 \cdot 10^3 \Omega\end{aligned}$$

Como as resistências apresentam o mesmo valor, a resistência equivalente poderá ser encontrada fazendo-se:

$$\begin{aligned}R_{eq} &= \frac{R \cdot R}{R + R} + R \\ \frac{R + 2R}{2} &= 2,4 \cdot 10^3 \\ 3R &= 4,8 \cdot 10^3 \\ R &= 1,6 \cdot 10^3 \Omega = 1,6k\Omega\end{aligned}$$

