

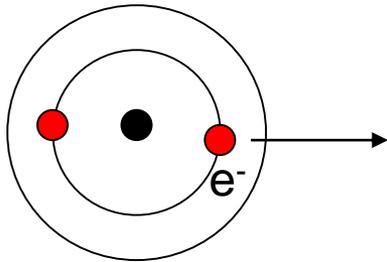
# CIRCUITOS ELÉTRICOS

## CONCEITOS BÁSICOS

Prof. Marcos Fergütz

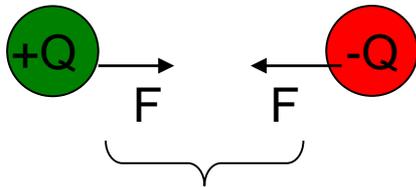
março/2022

- Carga Elétrica (Q, q) [ Unidade: Coulomb C ]



Quando se fornece ou retira energia do elétron ( $e^-$ ), pode-se movimentá-lo por entre as camadas (K, L, M, N...). No limite, pode-se fornecer energia suficiente para que o elétron se desprenda do átomo, gerando uma carga negativa, o elétron, e uma carga positiva, representado pelo íon composto pelo átomo desequilibrado em sua composição.

• Experiência de Coulomb

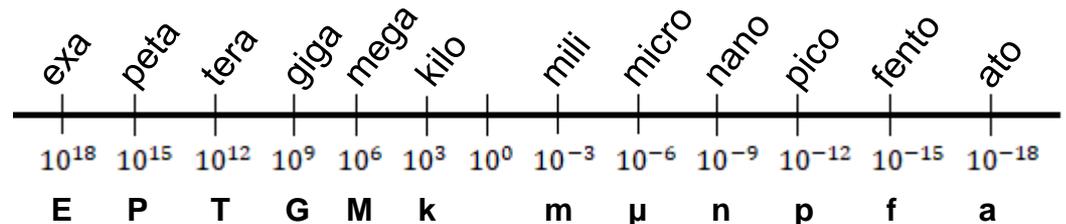


$$F = 10^{-7}xc^2 \Rightarrow |Q| = 1C$$

Onde c é a velocidade da luz

$$1C = 6,24 \times 10^{18} e^-$$

$$e^- = 1,602 \times 10^{-19} C$$



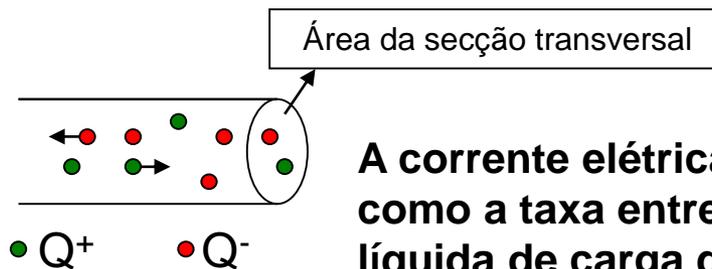
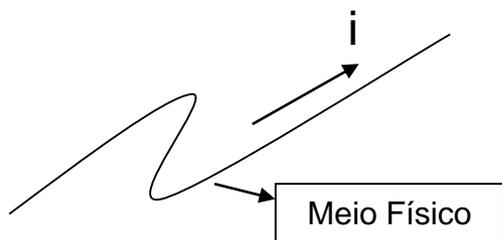
Eletrostática → Cargas em equilíbrio.

Eletrodinâmica → Cargas em movimento

- Transferência de energia;
- Transferência de informação.

- Corrente Elétrica (I, i) [ Unidade: Ampere A ]

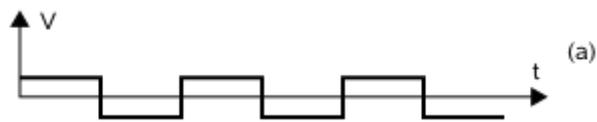
**Corrente será a definida pelo movimento de cargas em um meio físico.**



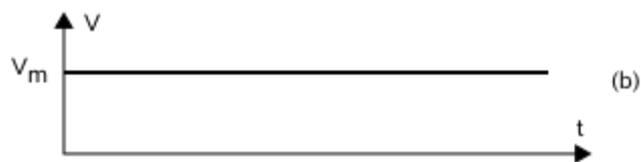
**A corrente elétrica será definida como a taxa entre a variação líquida de carga que atravessa uma secção transversal do meio físico em um determinado período de tempo, ou seja:**

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \left( A = \frac{C}{s} \right), \text{ no limite } \Rightarrow i = \lim_{t \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t}, \text{ assim } \Rightarrow i = \frac{dq}{dt} \text{ ou } q = \int i \cdot dt$$

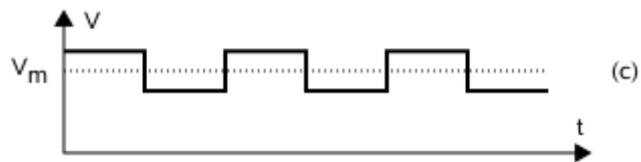
- Tipos de Correntes



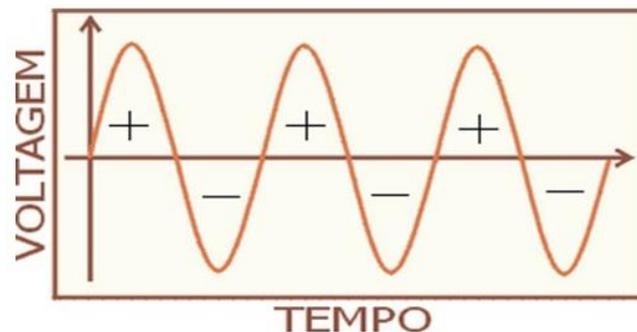
Alternada



Contínua

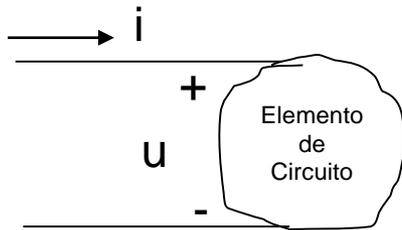


Contínua pulsante



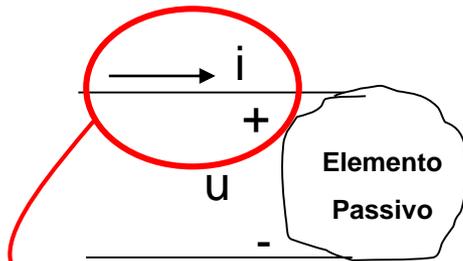
- Diferença de Potencial (U, u) [Unidade: Volt V]

O movimento de cargas acarreta em realização de trabalho, ou seja, em dispêndio de energia. Assim, para uma carga se deslocar de um determinado ponto a outro, deverá receber ou perder energia, tal qual a ideia para deslocamento do elétron dentro de um átomo.



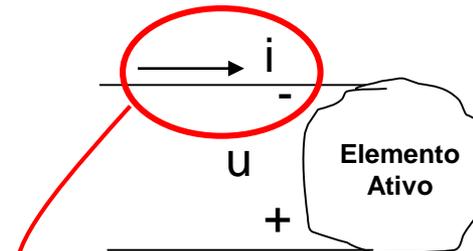
Uma vez que a energia é despendida pela carga, então:

$$V = \frac{J}{C}$$



Seta da corrente entra no terminal positivo da tensão, diz-se que o elemento tem polarização de elemento passivo.

**Elemento Passivo → Absorve Energia**



Seta da corrente entra no terminal negativo da tensão, diz-se que o elemento tem polarização de elemento ativo.

**Elemento Ativo → Fornece Energia**

- Potência ( P, p ) [ Unidade: Watt W ]

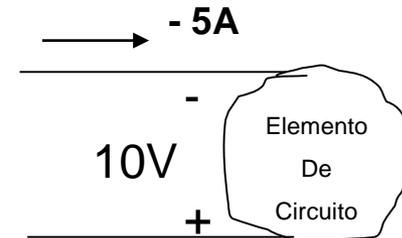
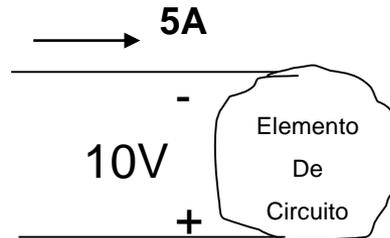
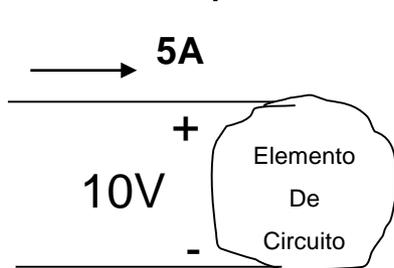
- Capacidade de transferir energia ao longo do tempo.

$$\frac{C}{s} \times \frac{J}{C} = \frac{J}{s} = W, \text{ então, } P = U \times I$$

- Energia ( E, e ) [ Unidade: Joule J ]

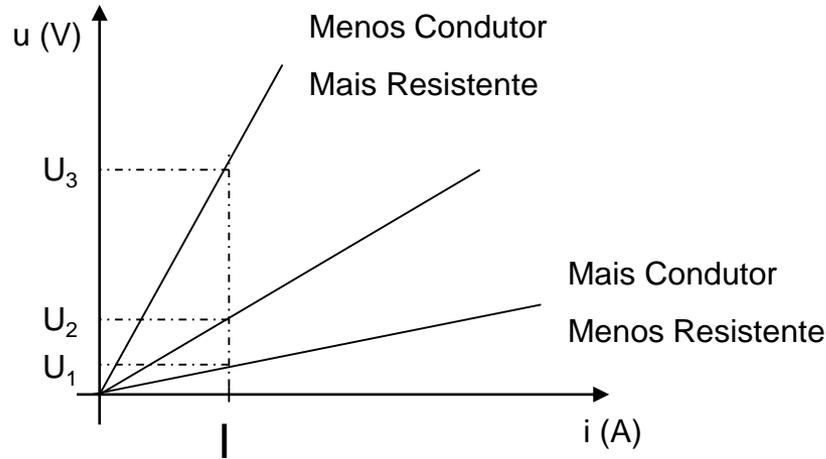
$$E = P \times t$$

- Exemplos



$$P = 10 \times 5 = 50W (abs) \quad P = 10 \times 5 = 50W (forn) \quad P = 10 \times (-5) = -50W (forn) = 50W (abs)$$

## - Lei de OHM



A experiência levou OHM a concluir que:

$$U \propto I$$

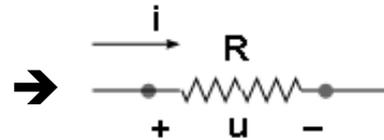
Portanto, haveria uma constante de proporcionalidade para definir:

$$U = R \times I$$

RESISTÊNCIA

## - Elementos de Circuitos

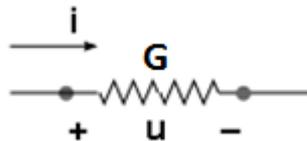
- Resistor [R] Unidade: OHM ( $\Omega$ )



$$U = R \times I \quad P = U \times I = R \times I^2 = \frac{U^2}{R}$$

## ❖ Condutância [G] Unidade SIEMENS (S)

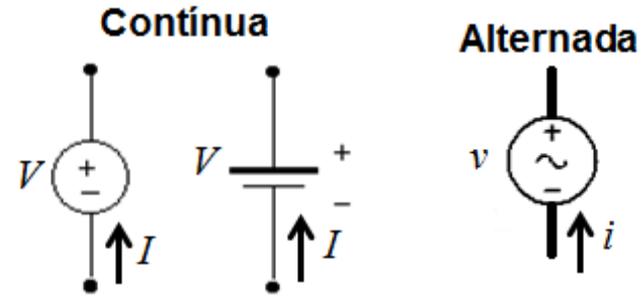
$$G = \frac{1}{R}$$



$$I = G \times U$$

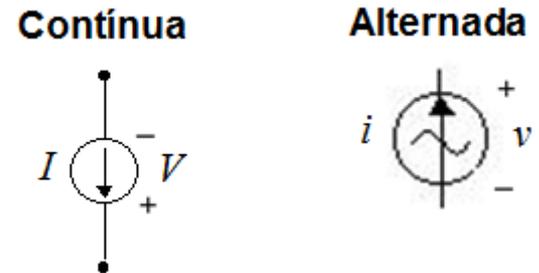
- Fontes de Tensão Independentes:

*A Tensão é independente da corrente que circula pela fonte.*

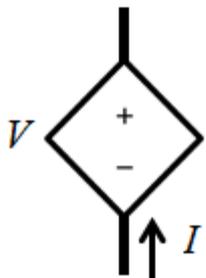


- Fontes de Corrente Independentes:

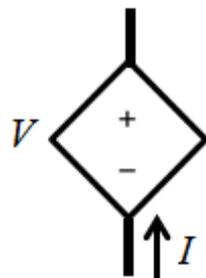
*A Corrente é independente da Tensão aplicada à fonte.*



- Fontes Dependentes:

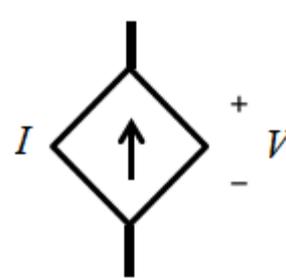


$$V = \alpha x V_x$$

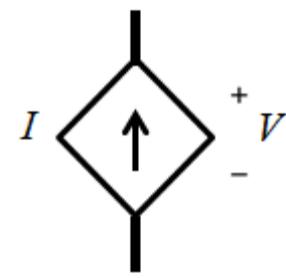


$$V = \beta x I_y$$

$\beta = \text{Transresist\^encia}$



$$I = \gamma x I_z$$

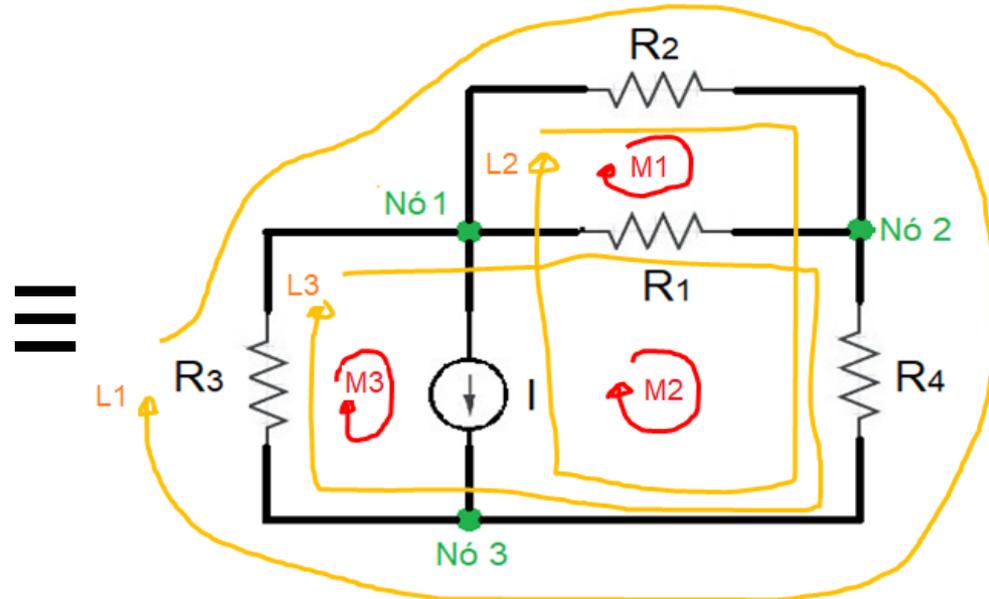
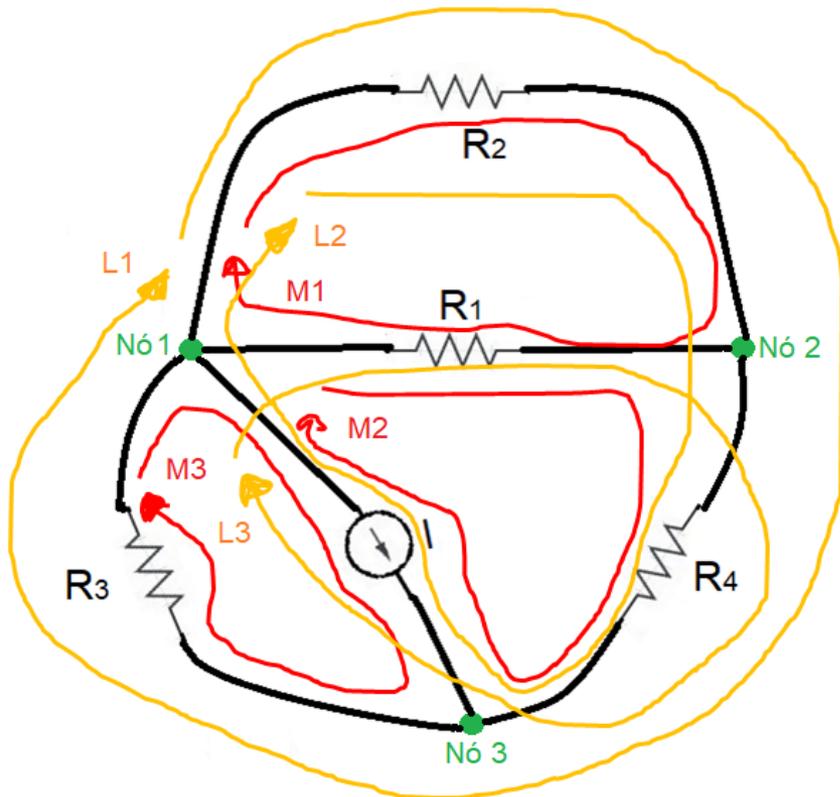


$$I = \varphi x V_y$$

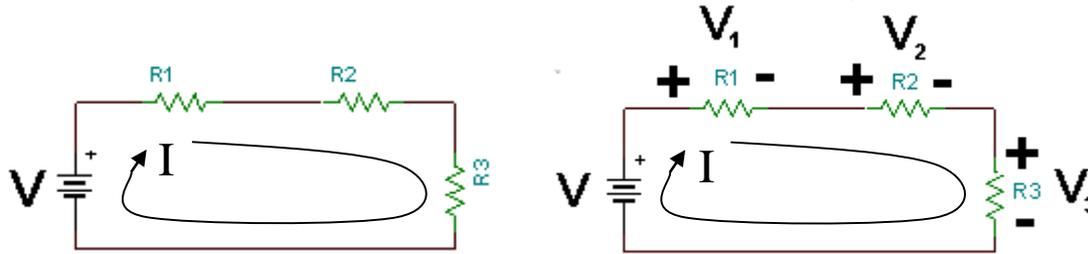
$\varphi = \text{Transcondut\^ancia}$

# DEFINIÇÕES BÁSICAS

- Rede: interconexão de elementos de circuito;
- Circuito: interconexão de elementos de circuito que tem ao menos um laço;
- Laço: caminho fechado que permite a circulação de corrente;
- Malha: laço que não contém outro laço interno;
- Nó: ponto de união entre dois ou mais componentes de circuito;
- Ramo: caminho único que interliga um nó a um outro qualquer.



- Lei de Kirchhoff das Tensões (LKT)



$$\text{LKT} \rightarrow \sum_{i=1}^n V_i = 0$$

$$+V_1 + V_2 + V_3 - V = 0 \Rightarrow +V_1 + V_2 + V_3 = V \quad , \text{ Sabendo que: } \begin{cases} V_1 = R_1 \times I \\ V_2 = R_2 \times I \\ V_3 = R_3 \times I \end{cases}$$

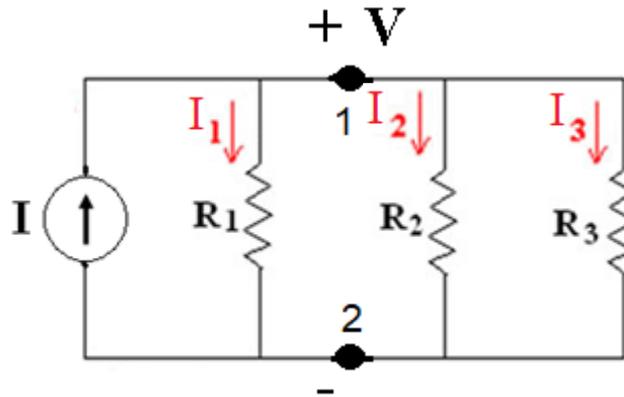
$$\text{então, } R_1 \times I + R_2 \times I + R_3 \times I = V \Rightarrow \underbrace{(R_1 + R_2 + R_3)}_{R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3} \times I = V \Rightarrow$$

$$\text{Portanto, } R_{eq} \times I = V \Rightarrow I = \frac{V}{R_{eq}}$$

- Associação Série de Resistores implica em todos os elementos estarem sendo percorridos pela mesma corrente, portanto:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n = \sum_{i=1}^n R_i$$

- Lei de Kirchhoff das Correntes (LKC)



$$\text{LKC} \rightarrow \sum_{j=1}^n I_j = 0$$

$$+I_1 + I_2 + I_3 - I = 0 \Rightarrow I_1 + I_2 + I_3 = I, \text{ Sabendo que: } \begin{cases} I_1 = V/R_1 \\ I_2 = V/R_2 \\ I_3 = V/R_3 \end{cases}$$

$$\text{então, } \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} = I \Rightarrow \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \times V = I \Rightarrow$$

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

$$\text{Portanto, } I = \frac{V}{R_{eq}} \Rightarrow V = R_{eq} \times I$$

• Associação Paralela de Resistores implica em todos os elementos estarem sujeitos a uma mesma diferença de potencial (tensão), portanto:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$

Obs.: para 2 resistores em paralelo, temos:

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

Para Condutâncias, temos:

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

➤ Associação Série

Sendo:  $R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n = \sum_{i=1}^n R_i$ , então:

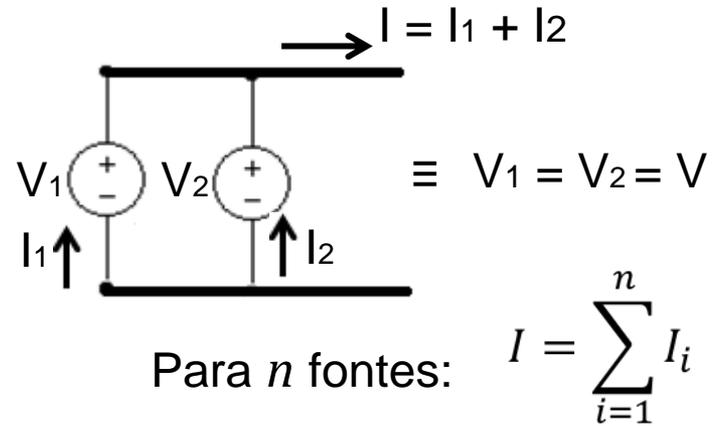
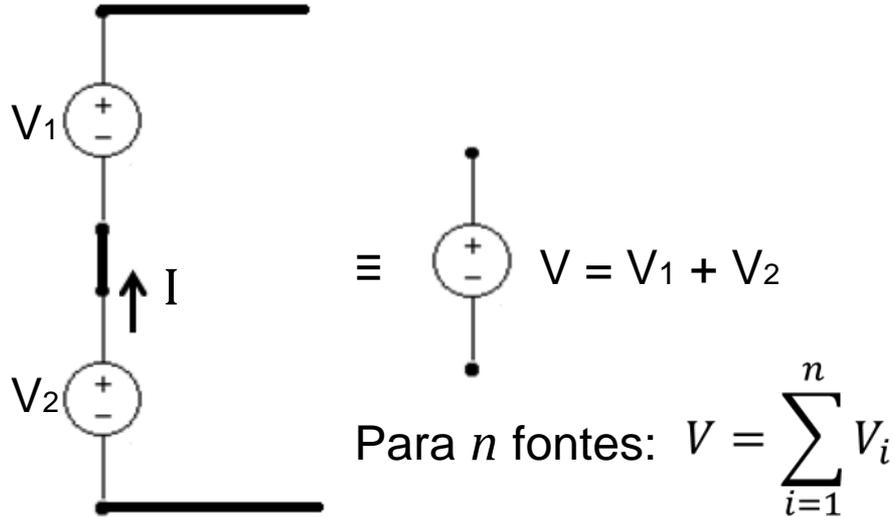
$$\frac{1}{G_{eq}} = \frac{1}{G_1} + \frac{1}{G_2} + \frac{1}{G_3} + \dots + \frac{1}{G_n} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{G_i}$$

Para duas condutâncias:  $G_{eq} = \frac{G_1 \times G_2}{G_1 + G_2}$

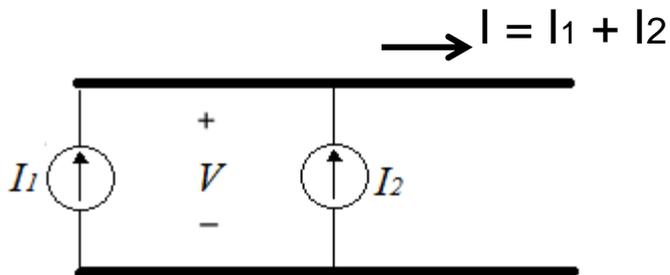
➤ Associação Paralelo

$$G_{eq} = G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_n = \sum_{i=1}^n G_i$$

- Associação de fontes de Tensão



- Associação de fontes de Corrente

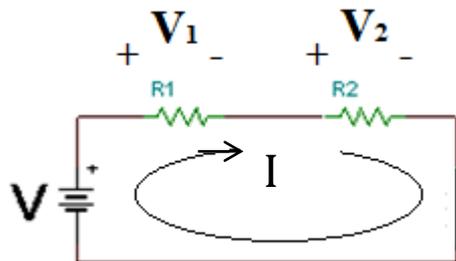


Para  $n$  fontes:

$$I = \sum_{i=1}^n I_i$$

- Divisor de Tensão

Dado o circuito:



Pode-se escrever:

$$I = \frac{V}{R_1 + R_2} \quad (1)$$

$$V_1 = R_1 \times I \quad (2)$$

$$V_2 = R_2 \times I \quad (3)$$

Substituindo a equação 1 em 2:

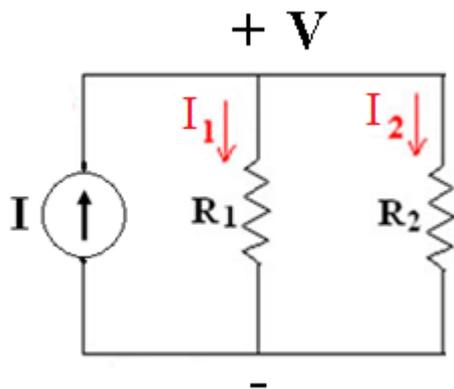
$$V_1 = R_1 \times \frac{V}{R_1 + R_2} \text{ ou } V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times V$$

Portanto:

$$V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V$$

- Divisor de Corrente

Dado o circuito:



Pode-se escrever:

$$R_{eq} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \quad (4)$$

$$V = R_{eq} \times I \quad (5)$$

$$I_1 = \frac{V}{R_1} \quad (6)$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2} \quad (7)$$

Substituindo a equação 4 em 5:

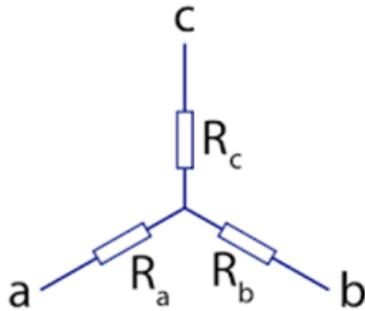
$$V = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \times I \quad (8)$$

Substituindo a equação 8 em 6:

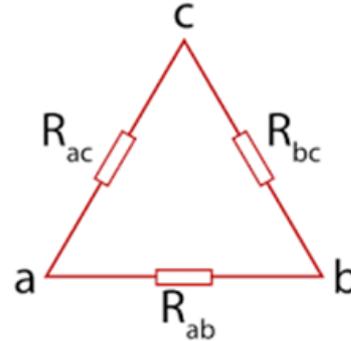
$$I_1 = \frac{1}{R_1} \times \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \times I \text{ ou } I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times I$$

Portanto: 
$$I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times I$$

- Transformações Y (Estrela) ↔ Δ (Delta/Triângulo)



Estrela



Triângulo

Fonte: <http://automoveiseletricos.blogspot.com.br/>

**Y → Δ**

$$R_{ac} = \frac{R_a R_b + R_b R_c + R_c R_a}{R_b}$$

$$R_{ab} = \frac{R_a R_b + R_b R_c + R_c R_a}{R_c}$$

$$R_{bc} = \frac{R_a R_b + R_b R_c + R_c R_a}{R_a}$$

**Δ → Y**

$$R_a = \frac{R_{ac} R_{ab}}{R_{ac} + R_{ab} + R_{bc}}$$

$$R_b = \frac{R_{ab} R_{bc}}{R_{ac} + R_{ab} + R_{bc}}$$

$$R_c = \frac{R_{bc} R_{ac}}{R_{ac} + R_{ab} + R_{bc}}$$

Se  $R_a = R_b = R_c = R_Y$

Então,  $R_{ab} = R_{bc} = R_{ac} = R_{\Delta}$  }  $R_{\Delta} = 3xR_Y$

Se,  $R_{ab} = R_{bc} = R_{ac} = R_{\Delta}$

Então,  $R_a = R_b = R_c = R_Y$  }  $R_Y = \frac{R_{\Delta}}{3}$

- Circuito Misto: via exercícios