

PSI3211 – Circuitos I – Aula 10

Magno T. M. Silva

Escola Politécnica da USP

Maio de 2018

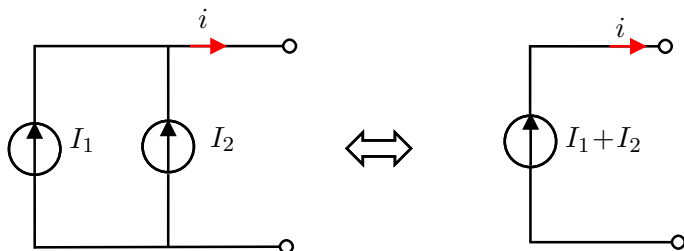
Vários desses slides foram inspirados nas transparências da
Profa. Denise Consonni

Sumário

1 Associação de elementos em série ou em paralelo

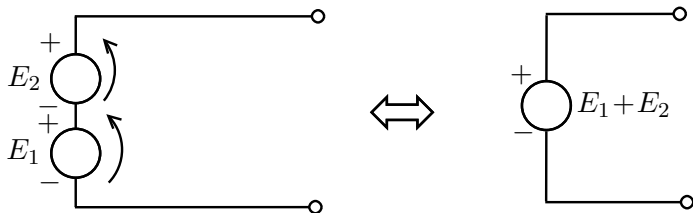
1 Associação de fontes semelhantes

Fontes de corrente em paralelo



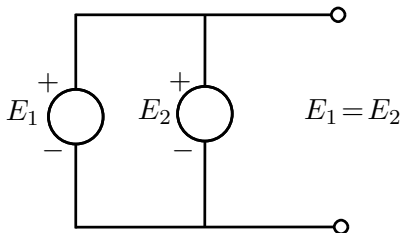
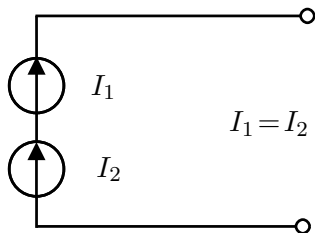
1 Associação de fontes semelhantes

Fontes de tensão em série



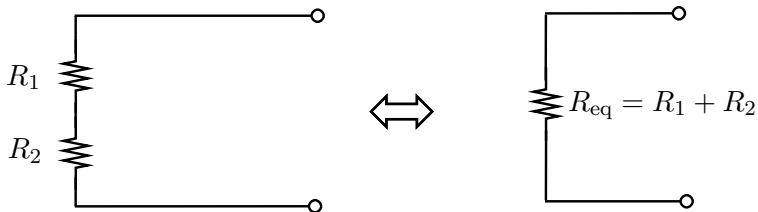
1 Associação de fontes semelhantes

Cuidado: Se $I_1 \neq I_2$ ou $E_1 \neq E_2$, as leis de Kirchhoff podem não ser obedecidas



2 Associação de resistores

Resistores em série

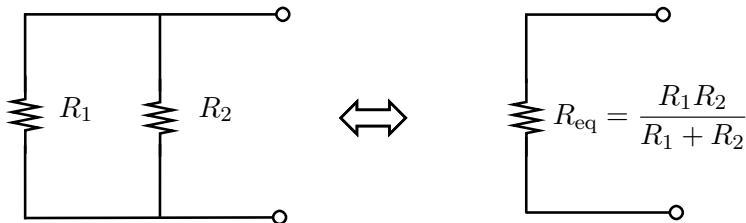


Generalizado para n resistores em série

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + \cdots + R_n$$

2 Associação de resistores

Resistores em paralelo

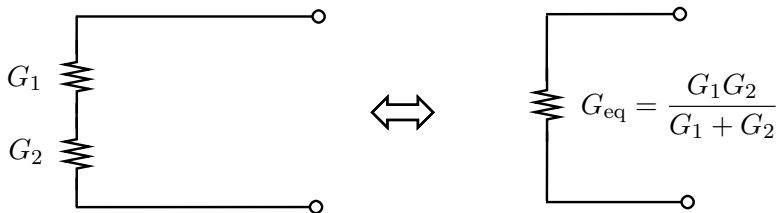


Generalizado para n resistores em paralelo

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

2 Associação de resistores

Condutâncias em série

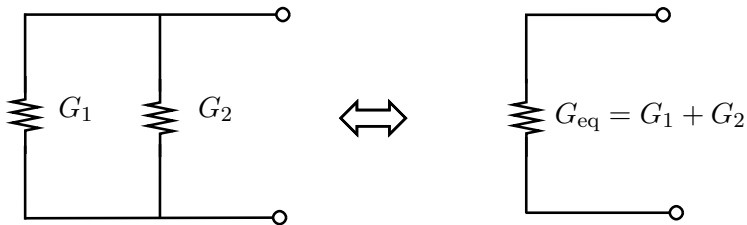


Generalizado para n condutâncias em série

$$\frac{1}{G_{eq}} = \frac{1}{G_1} + \frac{1}{G_2} + \cdots + \frac{1}{G_n}$$

2 Associação de resistores

Condutâncias em paralelo

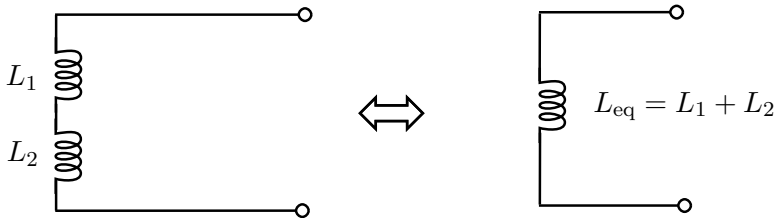


Generalizado para n condutâncias em paralelo

$$G_{\text{eq}} = G_1 + G_2 + \cdots + G_n$$

3 Associação de indutores sem mútua

Indutores em série

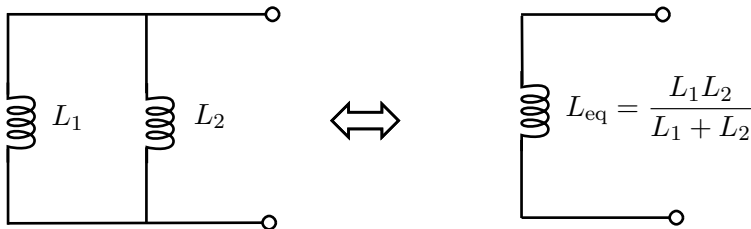


Generalizado para n indutores em série

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

3 Associação de indutores sem mútua

Indutores em paralelo

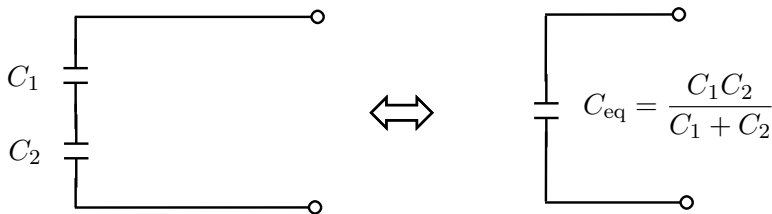


Generalizado para n indutores em paralelo

$$\frac{1}{L_{eq}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \cdots + \frac{1}{L_n}$$

3 Associação de capacitores

Capacitores em série

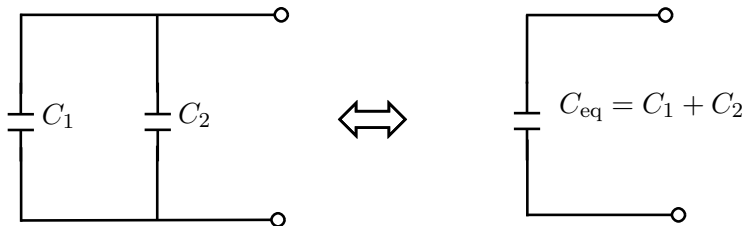


Generalizado para n capacitores em série

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \cdots + \frac{1}{C_n}$$

3 Associação de capacitores

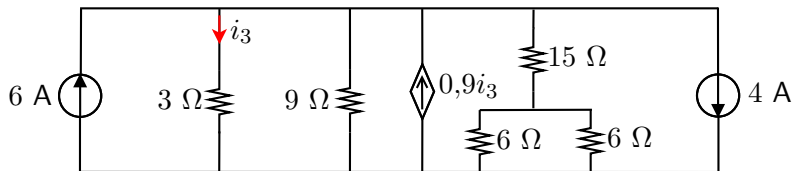
Capacitores em paralelo



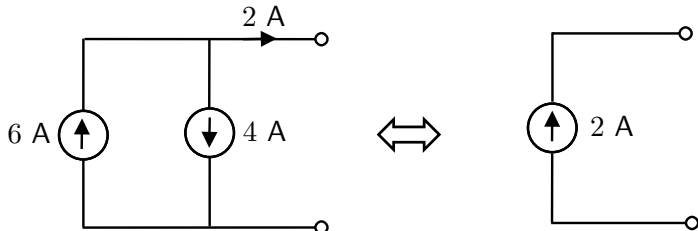
Generalizado para n capacitores em paralelo

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

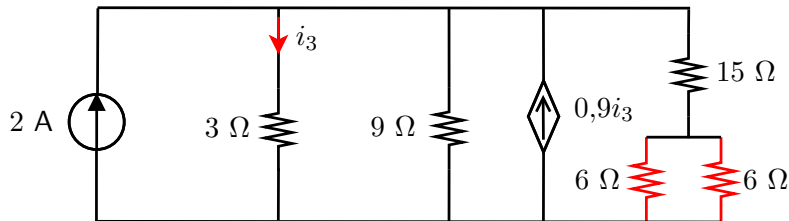
Exemplo 1



- Cuidado para não sumir com i_3 que é a corrente que controla o vinculado!
- Associando os geradores de corrente, temos



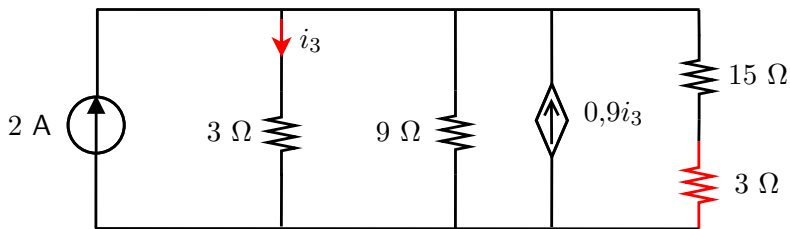
Exemplo 1



- Associando os dois resistores de $6\ \Omega$ em paralelo, temos

$$6//6 = \frac{6 \times 6}{6 + 6} = 3\ \Omega$$

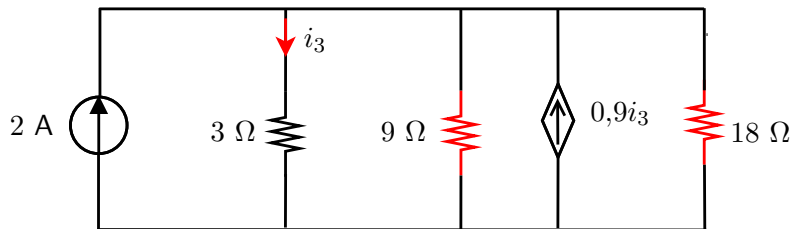
Exemplo 1



- Associando agora o resistor de $3\ \Omega$ em série com o resistor de $15\ \Omega$, temos

$$3\ \Omega + 15\ \Omega = 18\ \Omega$$

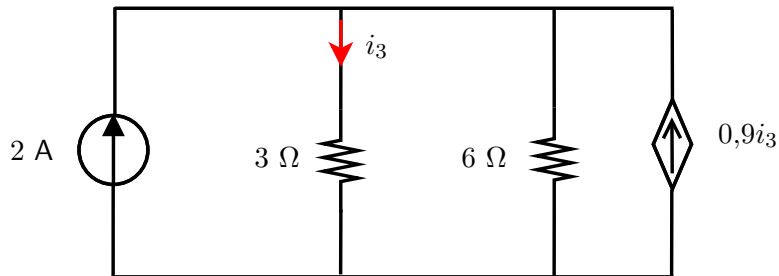
Exemplo 1



- Finalmente, associando em paralelo com o resistor de $9\ \Omega$, temos

$$18//9 = \frac{18 \times 9}{18 + 9} = 6\ \Omega$$

Exemplo 1

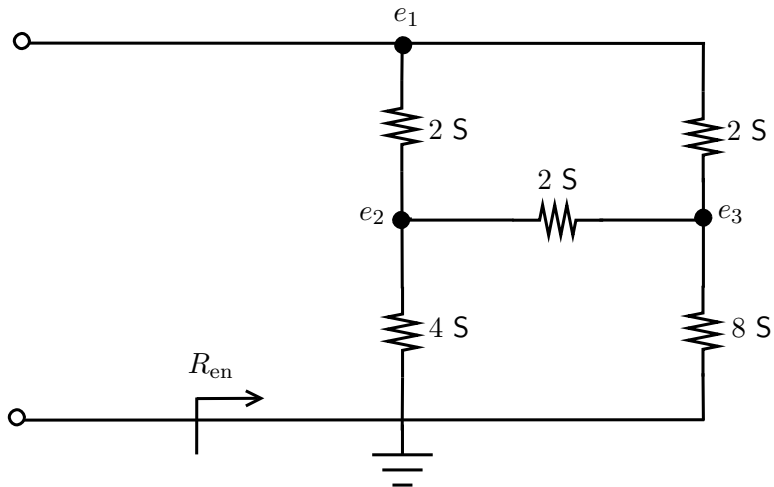


Observações

- ▶ Nem sempre é possível achar um bipolo equivalente por associações
- ▶ O bipolo equivalente depende dos terminais
- ▶ Em geral, calcula-se
 - ▶ resistência ou capacitância ou indutância de entrada

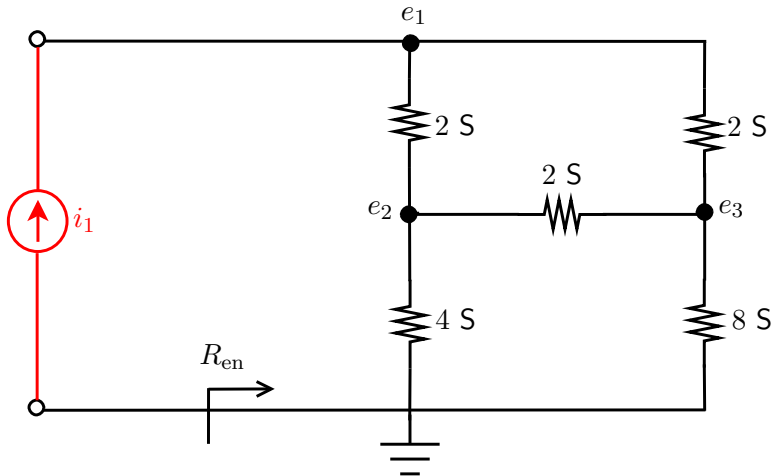
Exemplo 2

Calcule a resistência de entrada R_{en} do circuito



Exemplo 2

Vamos inserir um gerador de corrente e calcular e_1/i_1



Exemplo 2

Usando análise nodal

$$\begin{bmatrix} 4 & -2 & -2 \\ -2 & 8 & -2 \\ -2 & -2 & 12 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} i_1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

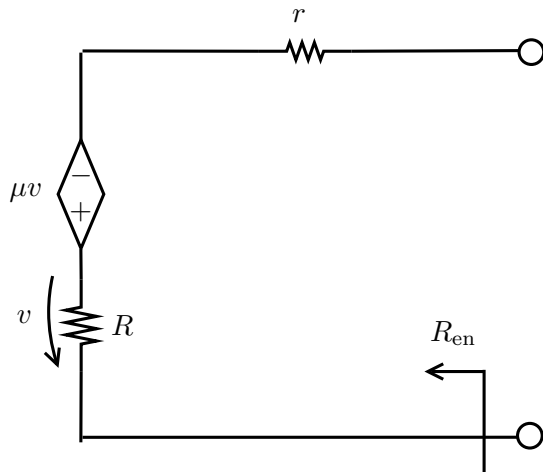
Resolvendo para e_1

$$e_1 = \frac{\begin{vmatrix} i_1 & -2 & -2 \\ 0 & 8 & -2 \\ 0 & -2 & 12 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 4 & -2 & -2 \\ -2 & 8 & -2 \\ -2 & -2 & 12 \end{vmatrix}} = \frac{23}{68} i_1$$

Assim,

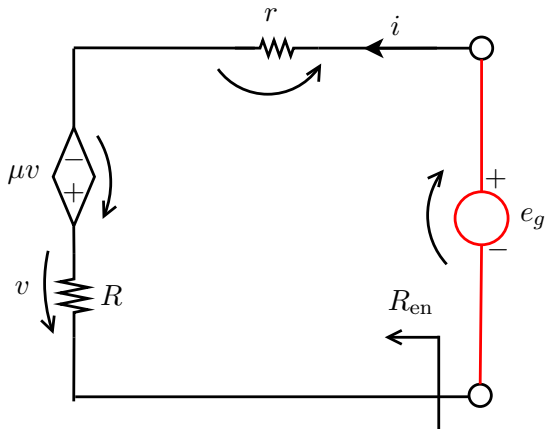
$$R_{\text{en}} = \frac{e_1}{i_1} = \frac{23}{68} = 0,3382 \, \Omega$$

Exemplo 3 - Resistência de entrada com vinculado



Exemplo 3 - Resistência de entrada com vinculado

Vamos agora inserir um gerador de tensão e calcular e_g/i



Exemplo 3 - Resistência de entrada com vinculado

Da 2ª LK

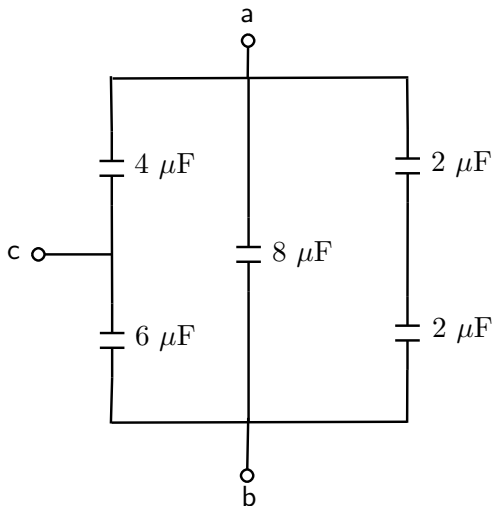
$$v + \mu v - ri + e_g = 0$$

$$e_g = ri - (\mu + 1)v$$

$$v = -Ri \quad (\text{convenção do gerador})$$

$$R_{\text{en}} = \frac{e_g}{i} = R(\mu + 1) + r$$

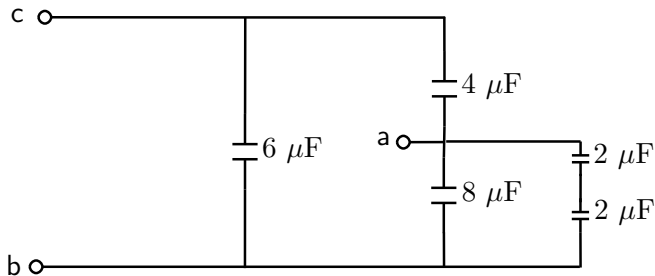
Exemplo 4 - O bipolo equivalente depende dos terminais



$$C_{ab} = \frac{2 \times 2}{2 + 2} + 8 + \frac{4 \times 6}{4 + 6} = 11,4\ \mu\text{F}$$

Exemplo 4 - O bipolo equivalente depende dos terminais

Redesenhando o circuito, temos



$$C_{bc} = \frac{(1 + 8)4}{1 + 8 + 4} + 6 = 8,7692\ \mu\text{F}$$