CIRCUITOS ELÉTRICOS I

3ª Termo

Engenharias:

Elétrica
Mecânica
Computação

PROF. DR. GIULIANO PIERRE ESTEVAM

www.electroenge.com.br

ELECTROENGE

Conteúdo

Geradores e Receptores

Leis de Kirchhoff

- Análise de malhas
- Análise Nodal

Superposição dos Efeitos

Teorema de Thevenin

Teorema de Norton

Teorema da máxima potência transferida

Capacitores

- Capacitância
- Associação de capacitores
- Transitórios em capacitores (fase de carga e descarga)

Conteúdo

Indutores

- Indutância
- Associação de Indutores
- Transitórios em indutores (fase de carga)

Circuitos RLC em corrente contínua

Avaliação

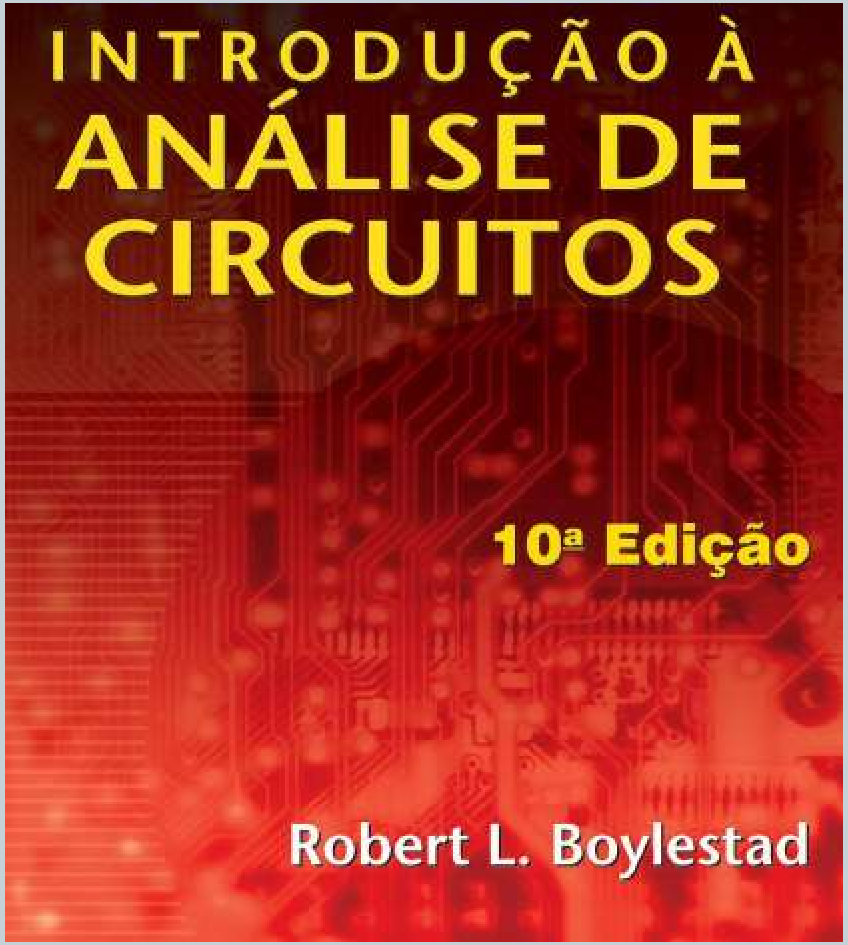
Prova (80%), Listas de exercícios (20%)

MF = MP x 0,8 + MT x 0,2

Sendo

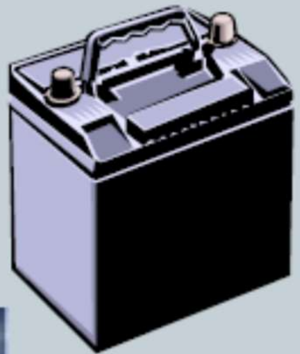
MF : Média final
MP : Média das provas realizadas
MT : Média dos trabalhos realizados

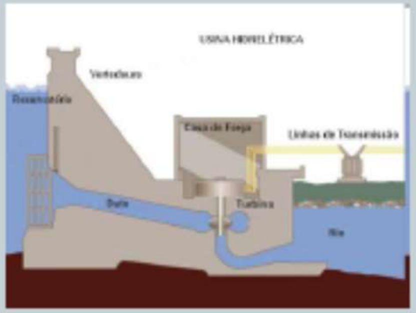
BIBLIOGRAFIA BÁSICA



Geradores em CC

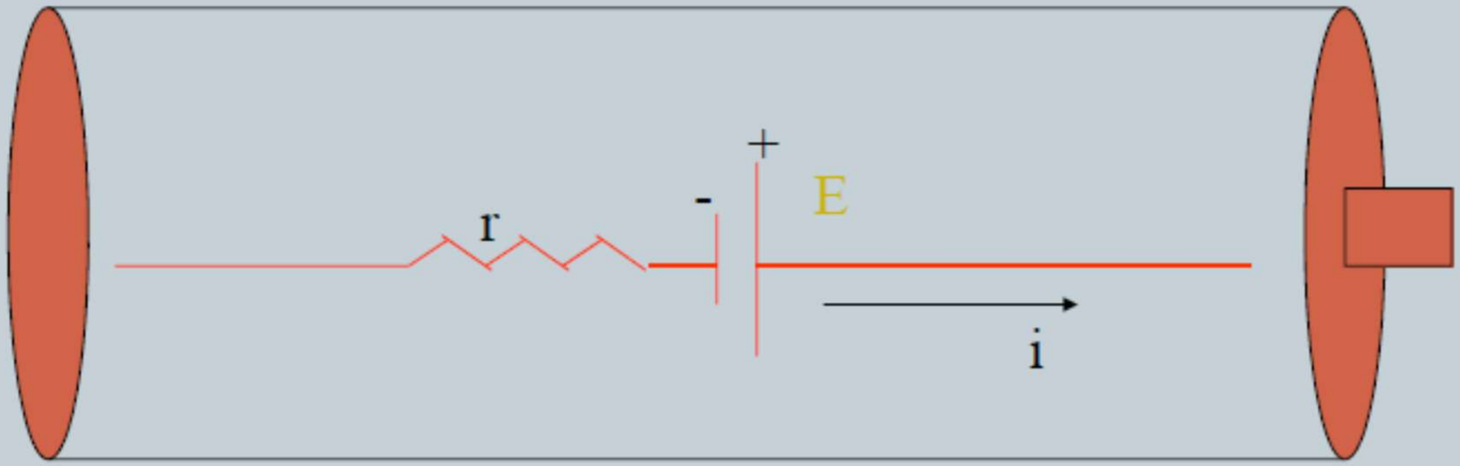
São equipamentos que transformam qualquer tipo de energia em energia elétrica. Pilhas, baterias e geradores rotativos CC.





Geradores em CC

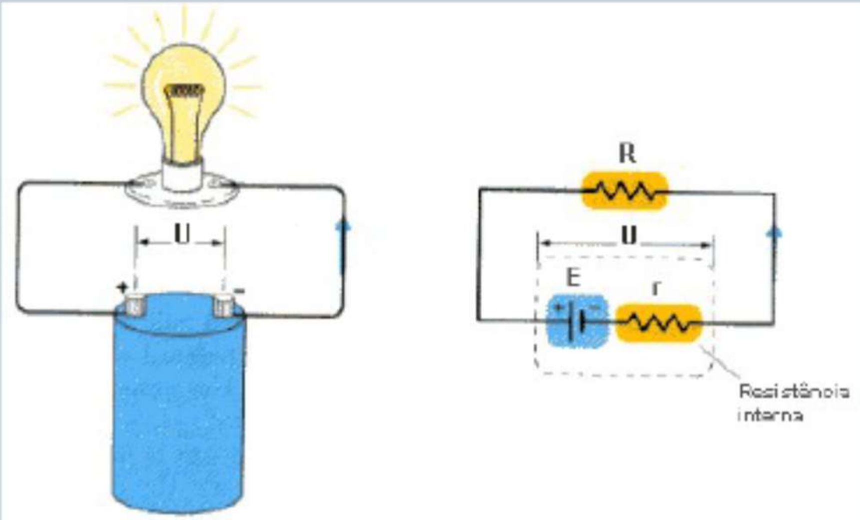
SÍMBOLO DO GERADOR



O gerador pega a corrente no seu potencial mais baixo (-) e passa para o potencial mais alto (+).

FORÇA ELETROMOTRIZ (ε)

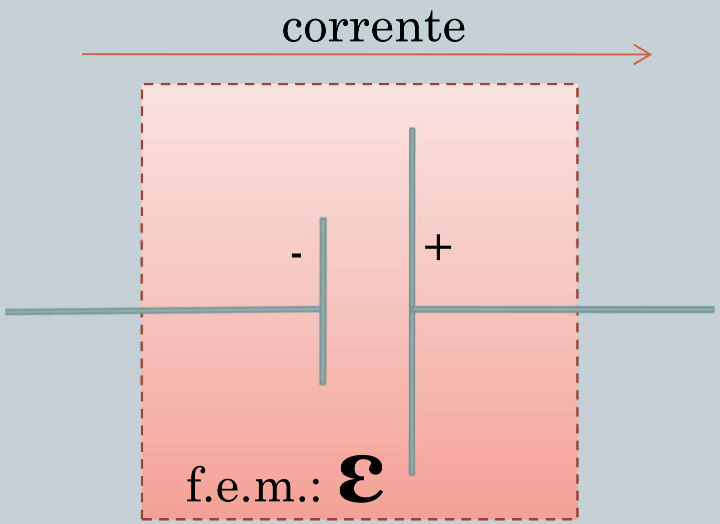
Representa a energia fornecida a cada unidade de carga da corrente elétrica, ou seja, **é a ddp total do gerador**.



ε: F.E.M
U: ddp útil
r: resistência interna do gerador
R: resistência externa do elemento que recebera energia elétrica do gerador.

Geradores em CC

Fonte IDEAL

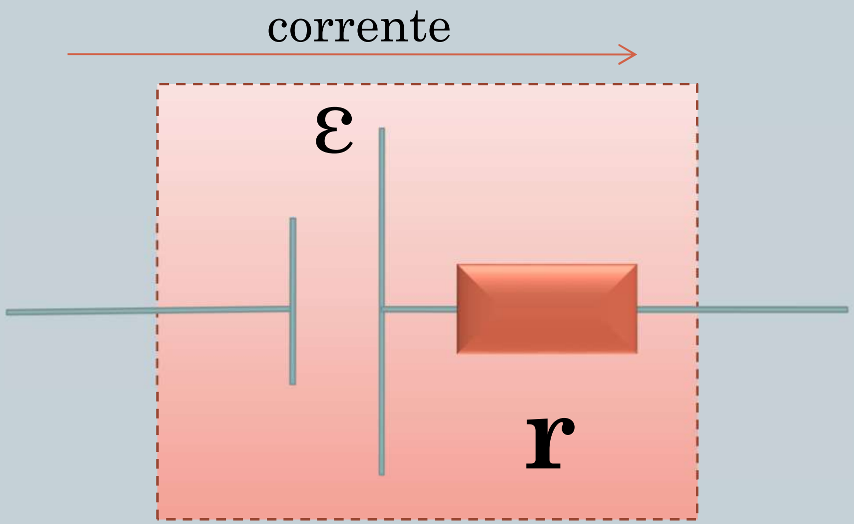


Exemplo:

ε = 1,5V

para uma
pilha AA

Fonte **REAL**



r: resistência
interna, ex.:
0,1Ω

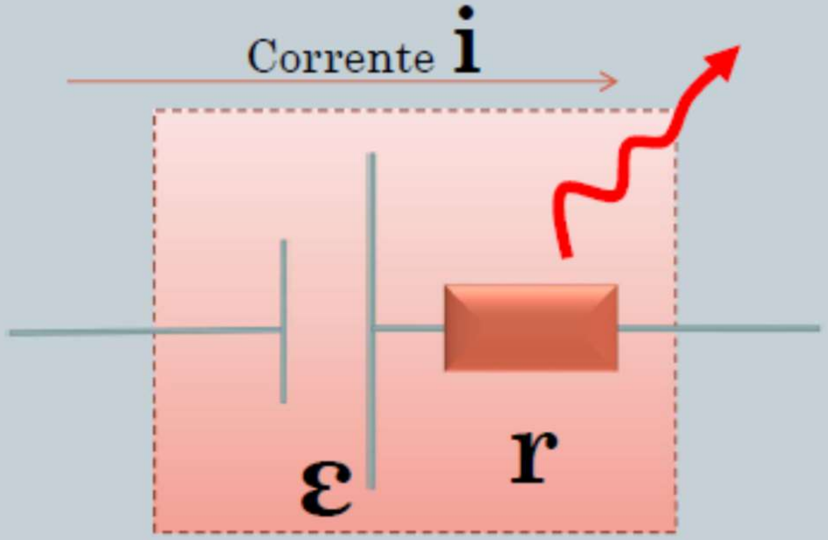
f.e.m.: força eletromotriz

Geradores em CC

- Há energia dissipada dentro da própria pilha! **Calor!**

- Voltagem dissipada em r:

$$U_{DISS} = r \cdot i$$

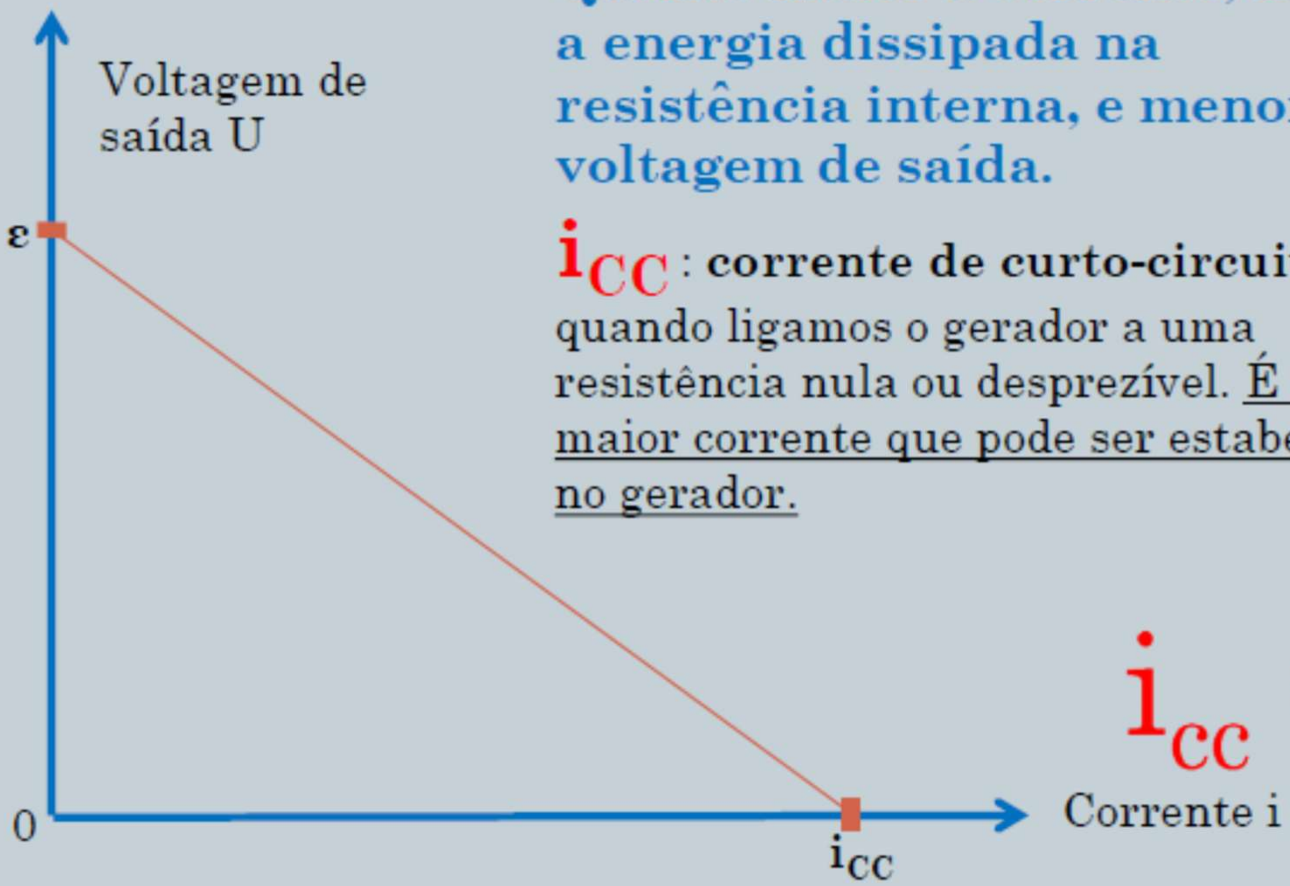


- Voltagem útil da pilha (é a energia que "sai" dela):

$$U = \varepsilon - r \cdot i$$

Equação do gerador

Curva do GERADOR



Quanto maior a corrente, maior a energia dissipada na resistência interna, e menor é a voltagem de saída.

i_{CC} : **corrente de curto-circuito**, quando ligamos o gerador a uma resistência nula ou desprezível. <u>É a maior corrente que pode ser estabelecida no gerador.</u>

$$i_{cc} = \frac{\varepsilon}{r}$$

Rendimento do gerador (η)

$$\text{rendimento (\%)} = \frac{\text{Energia Útil}}{\text{Energia Total}}$$

$$\eta = \frac{P_{ÚTIL}}{P_{TOTAL}}$$

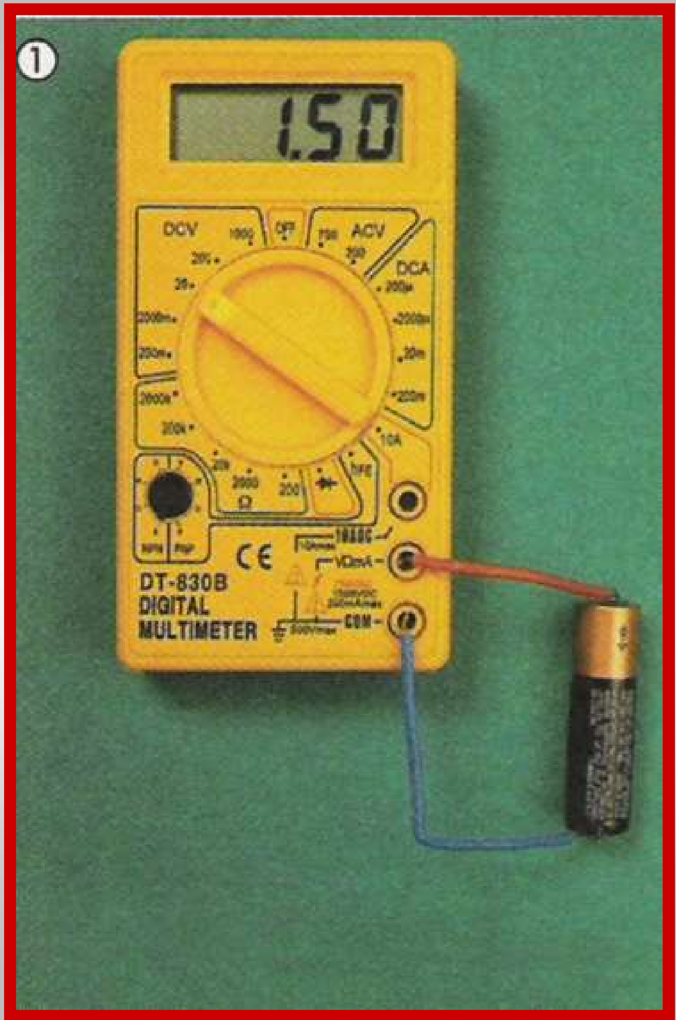
ou

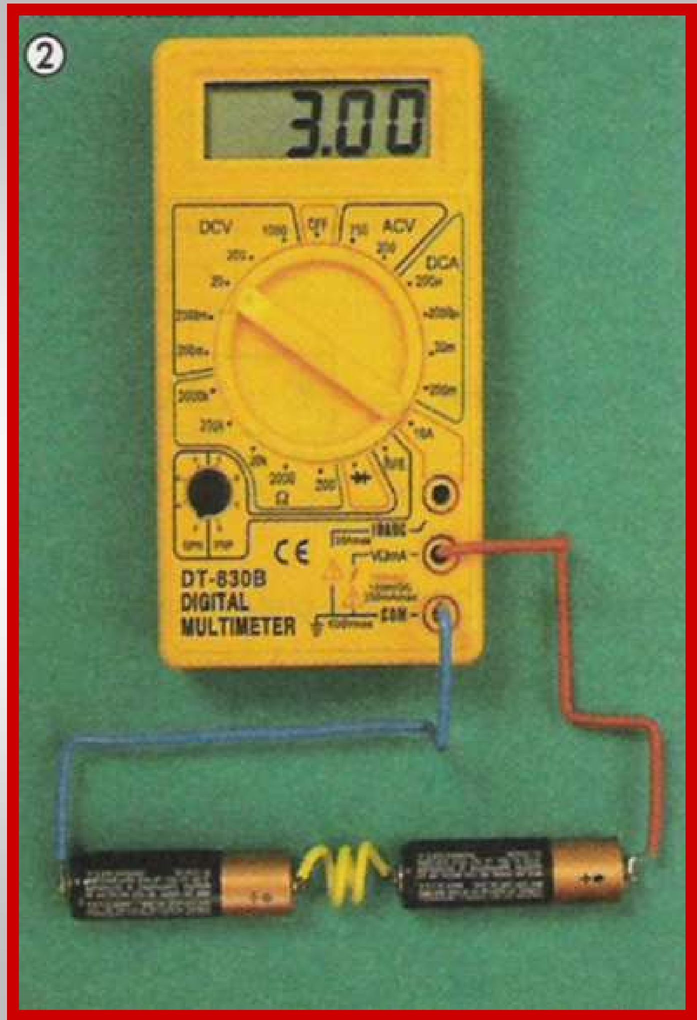
$$\eta = \frac{U}{E}$$

- Potências:
  - Dissipada: $P_{DISS} = r.i^2$
  - Total: $P_{TOTAL} = \varepsilon.i$
  - Útil: $P_{ÚTIL} = U_{ÚTIL}.i = (\varepsilon - r.i).i = \varepsilon.i - r.i^2 = P_{TOTAL} - P_{DISS}$

Associação de Geradores

Série

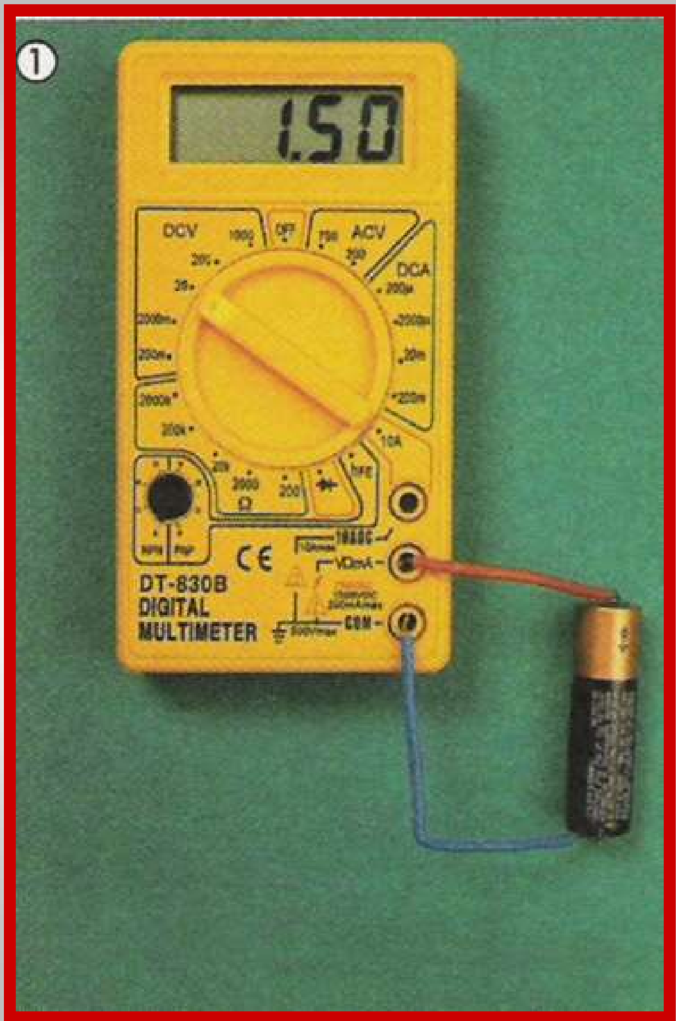


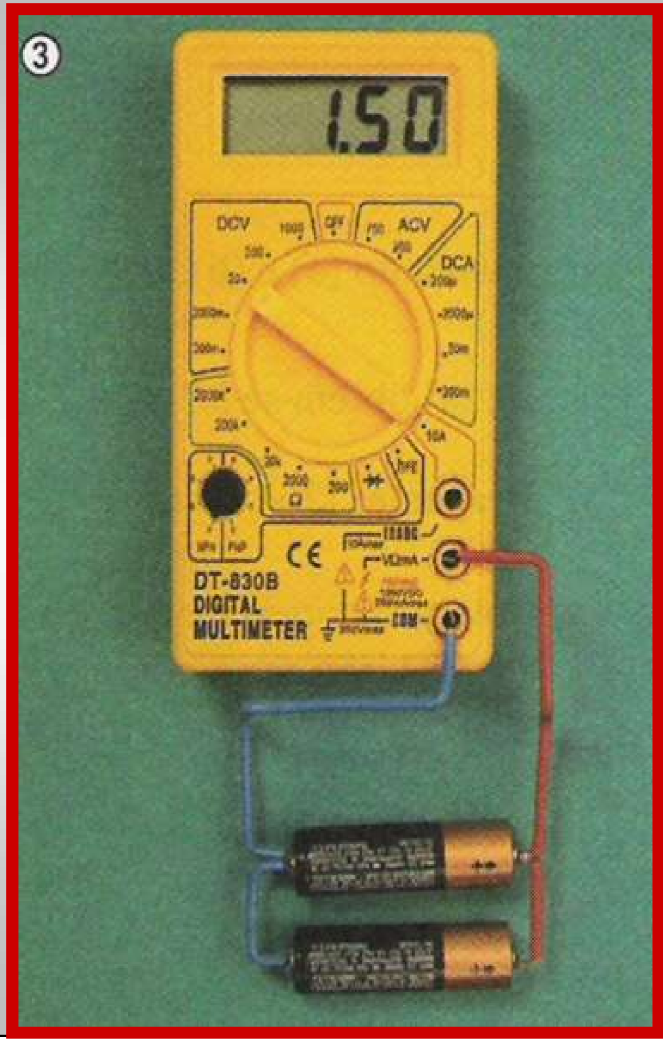


Associação de Geradores

Paralelo

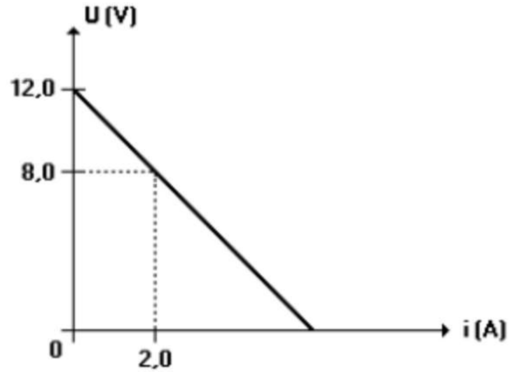
A





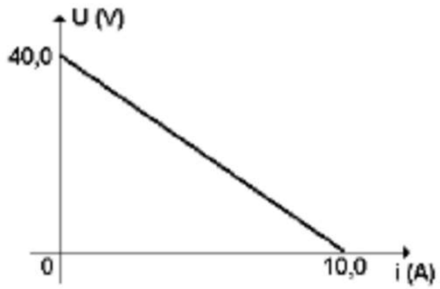
EXERCÍCIOS

119) O gráfico a seguir, representa a ddp U em função da corrente i para um determinado elemento do circuito.



A partir do gráfico determine o elemento do circuito e a corrente elétrica quando a diferença de potencial entre os terminais do elemento for nula.

120) O gráfico a seguir representa a curva característica de um gerador, isto é, a ddp nos seus terminais em função da corrente elétrica que o percorre.



Determine

a) a resistência interna do gerador;
b) a equação do gerador;
c) potência total, útil e dissipada para i=3A.
d) rendimento para i=5A.

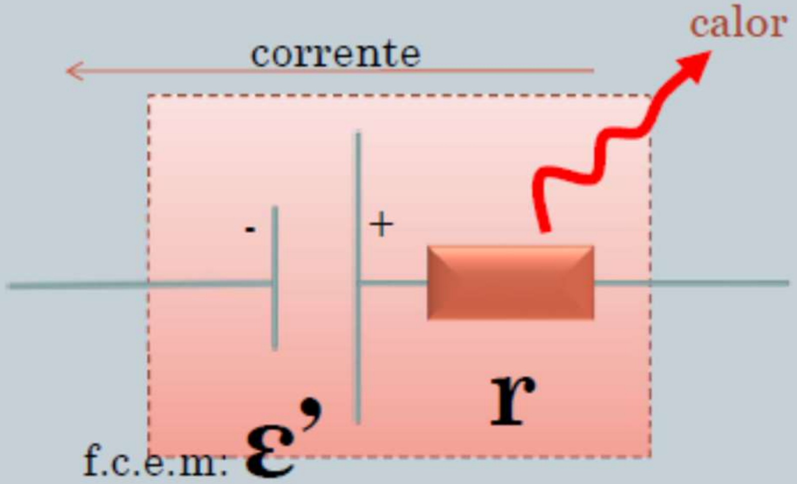
Receptores em CC

São aparelhos elétricos que transformam energia elétrica em outras formas de energia, que não exclusivamente calor.

Receptores em CC

- A corrente vai do pólo + para o pólo -, ao contrário do gerador.
- A corrente **diminui** sua energia (voltagem) ao passar pelo receptor (gasto com o trabalho do aparelho).
  - **No ventilador, p. ex., o trabalho é a produção do vento!**

Receptor **REAL**



f.c.e.m.: força contraeletromotriz

Receptores em CC

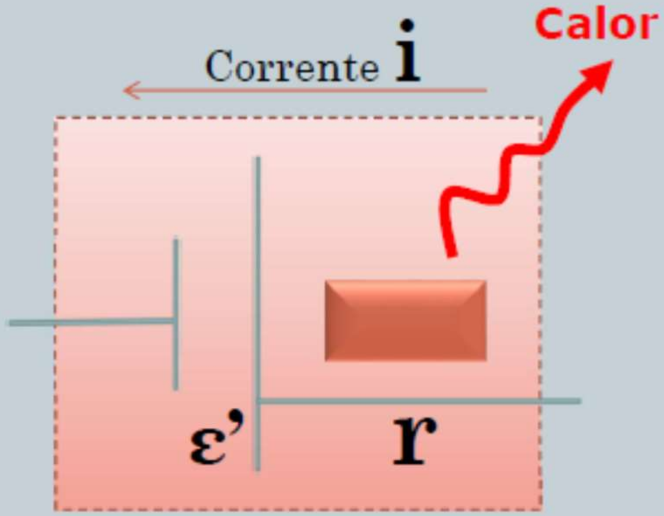
- Além do trabalho, há dissipação de energia por causa da resistência interna! **Calor!**
- Voltagem dissipada em r:

$$U_{DISS} = r \cdot i$$

- Voltagem total gasta pelo aparelho (que "entra" nele):

$$U = \varepsilon' + r \cdot i$$

Receptor **REAL**



Receptores – Rendimento (η)

$$\text{rendimento (\%)} = \frac{\text{Energia Útil}}{\text{Energia Total}}$$

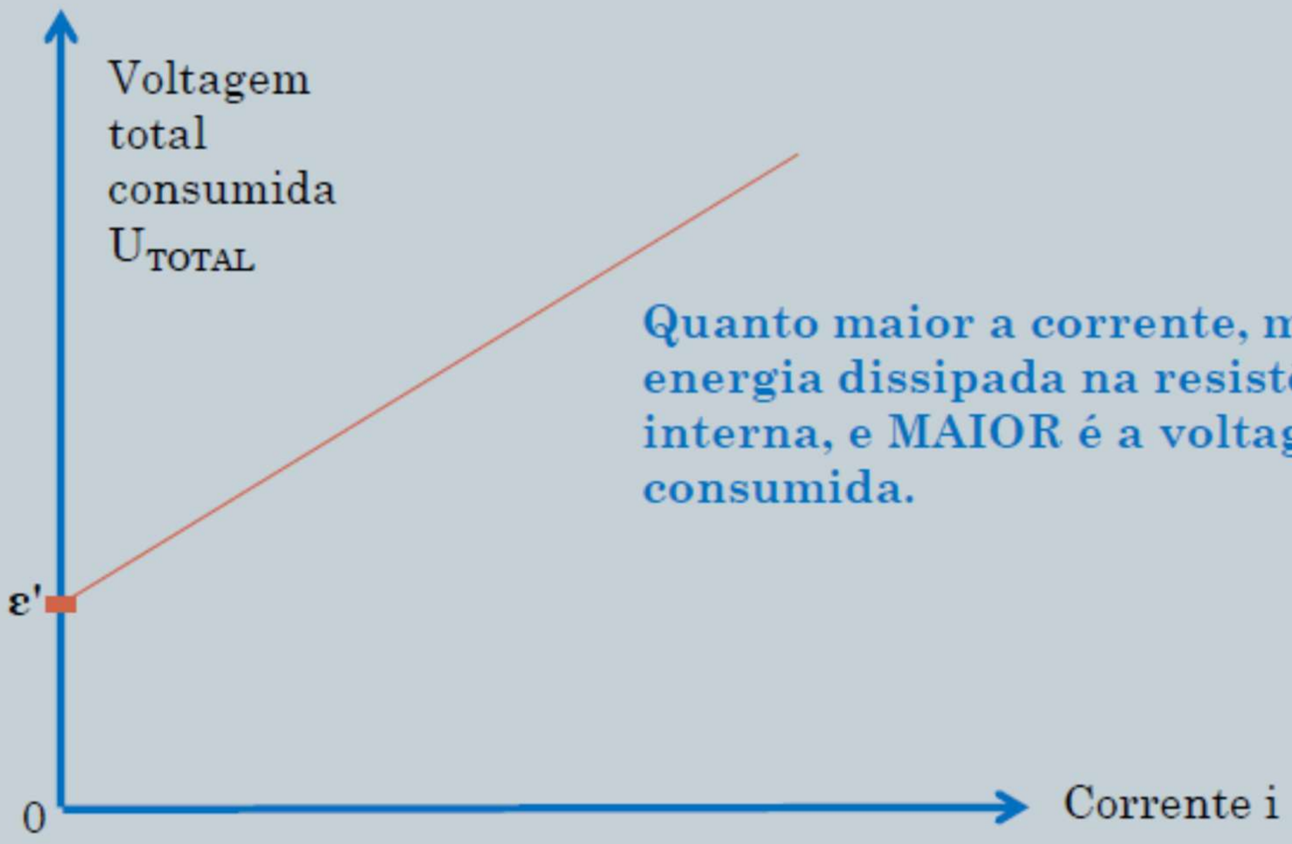
$$\eta = \frac{\varepsilon'}{U}$$

ou

$$\eta = \frac{P_{ÚTIL}}{P_{TOTAL}}$$

- Potências:
  - Dissipada: $P_{DISS} = r.i^2$
  - Útil: $P_{ÚTIL} = \varepsilon'.i$
  - Total : $P_{TOTAL} = U_{TOTAL}.i$
    $= (\varepsilon' + r.i).i$
    $= \varepsilon'.i + r.i^2$
    $= P_{ÚTIL} + P_{DISS}$

Curva do RECEPTOR



Quanto maior a corrente, maior a energia dissipada na resistência interna, e MAIOR é a voltagem total consumida.

Esquema Gerador - Receptor

$$\eta_g = \frac{Pu}{Pt} = \frac{U}{\varepsilon}$$

$$\eta_r = \frac{P'u}{P't} = \frac{\varepsilon'}{U}$$

$$\boxed{\eta_{global} = \frac{P'u}{Pt} = \frac{\varepsilon'}{\varepsilon}}$$

Pt = ε . I (w)

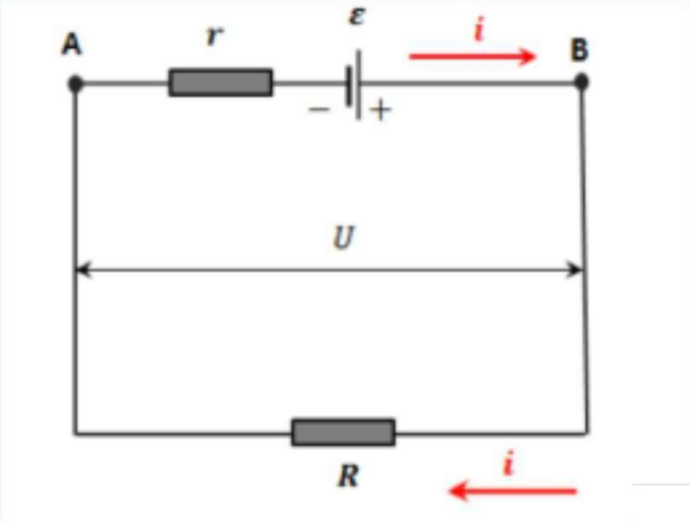
GERADOR

Pu = P´t= U . I (w)

RECEPTOR

P´u = ε´ . I (w)

Circuito Gerador - Resistor

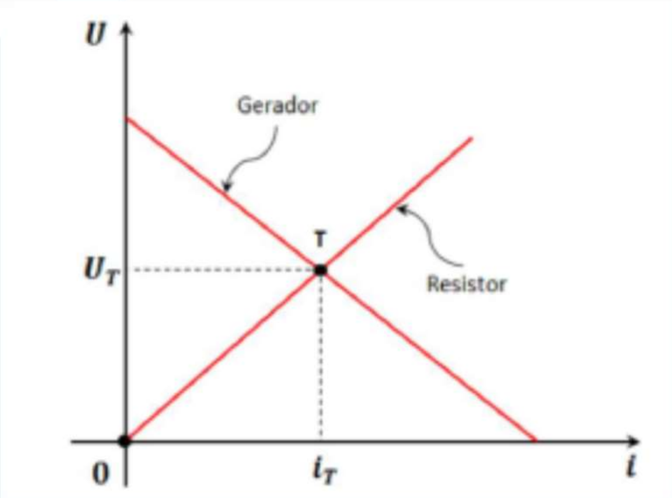


Para o gerador: $U = \varepsilon - ri$

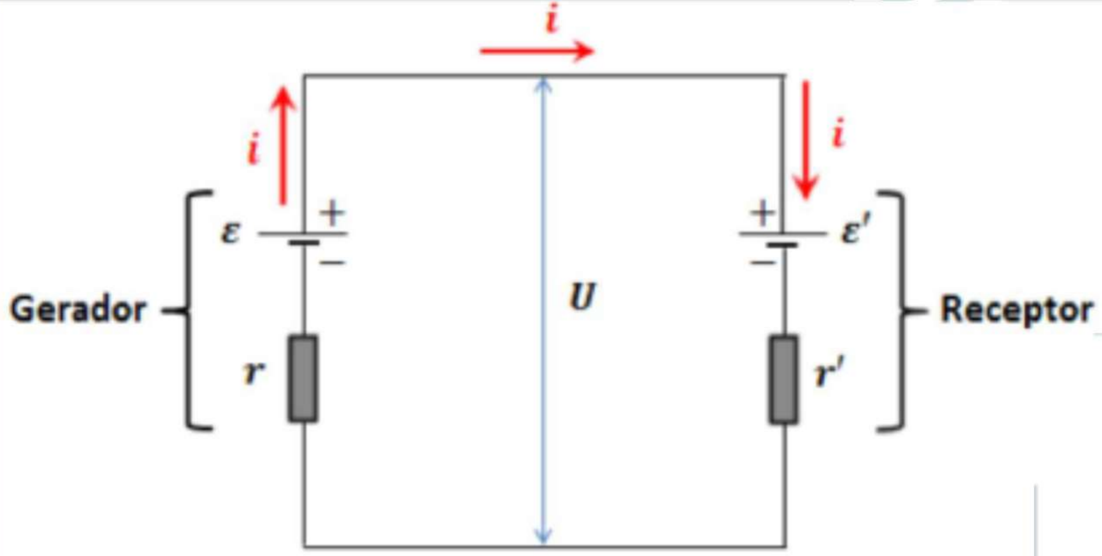
Para o resistor: $U = Ri$

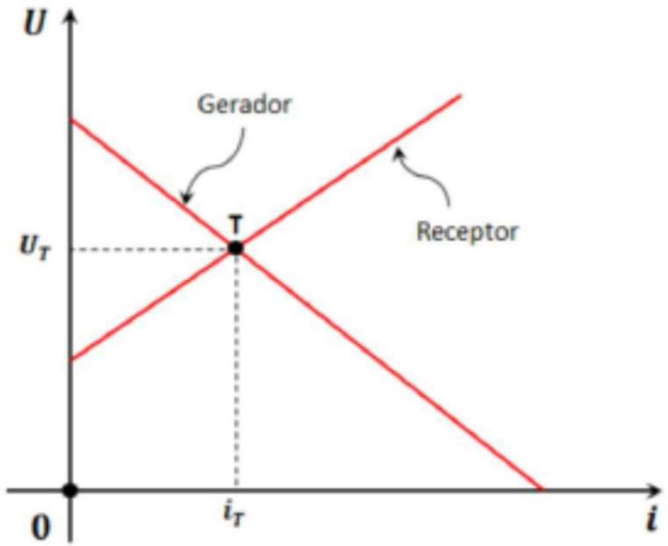
Igualando ambas as equações:

$$U = \varepsilon - ri = Ri \quad \rightarrow \quad \boxed{i = \frac{\varepsilon}{r + R}}$$



Circuito Gerador - Receptor





Para o gerador: $U = \varepsilon - ri$

Para o receptor: $U = \varepsilon' + r'i$

Igualando ambas as equações:

$$U = \varepsilon - ri = \varepsilon' + r'i \rightarrow \boxed{i = \frac{\varepsilon - \varepsilon'}{r + r'}}$$

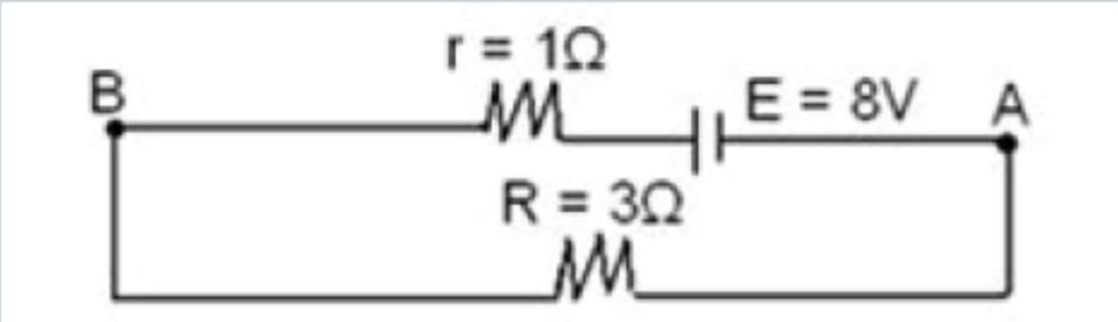
Exercícios

No circuito abaixo, um gerador de f.e.m. 8V, com resistência interna de 1Ω, está ligado a um resistor de 3 Ω.

Determine:

a) a ddp entre os terminais A e B do gerador.

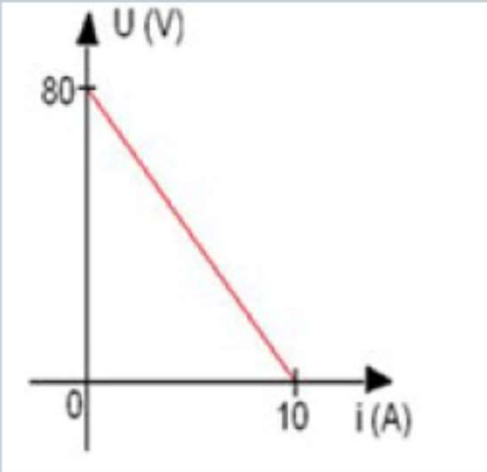
b) O rendimento do gerador



Exercícios

O gráfico a seguir, representa a curva característica de um gerador. Analisando as informações do gráfico, determine:

a) a resistência interna do gerador
b) a f.e.m. e a intensidade da corrente de curto-circuito do gerador.
c) a equação do gerador
d) U para i=2A
e) para i=2A, a potência total, a potência útil e a potência dissipada
f) para i=2A, o rendimento do gerador



Exercícios

Tem-se um gerador de f.e.m.E=12V e resistência interna r = 2,0 Ω.

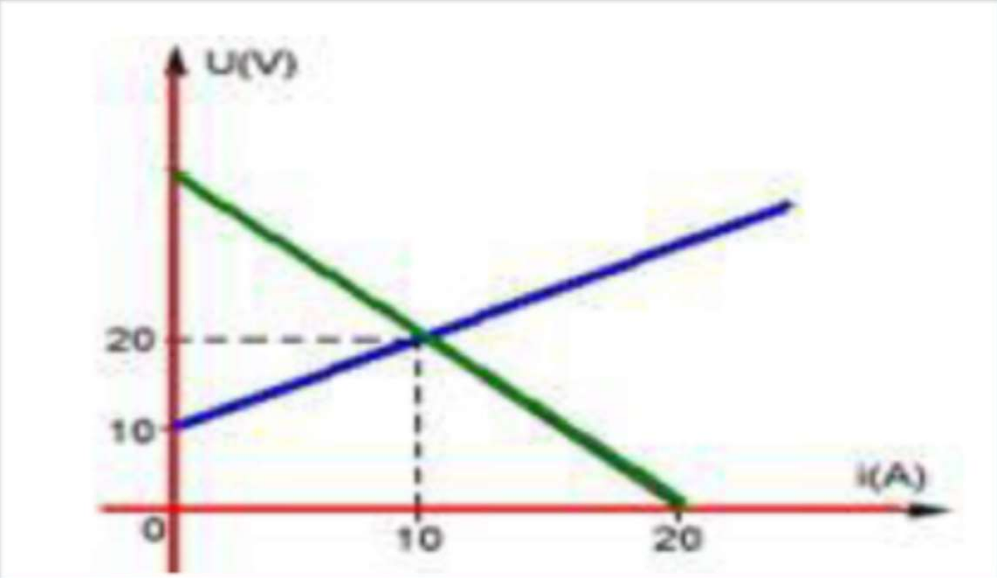
Determine:

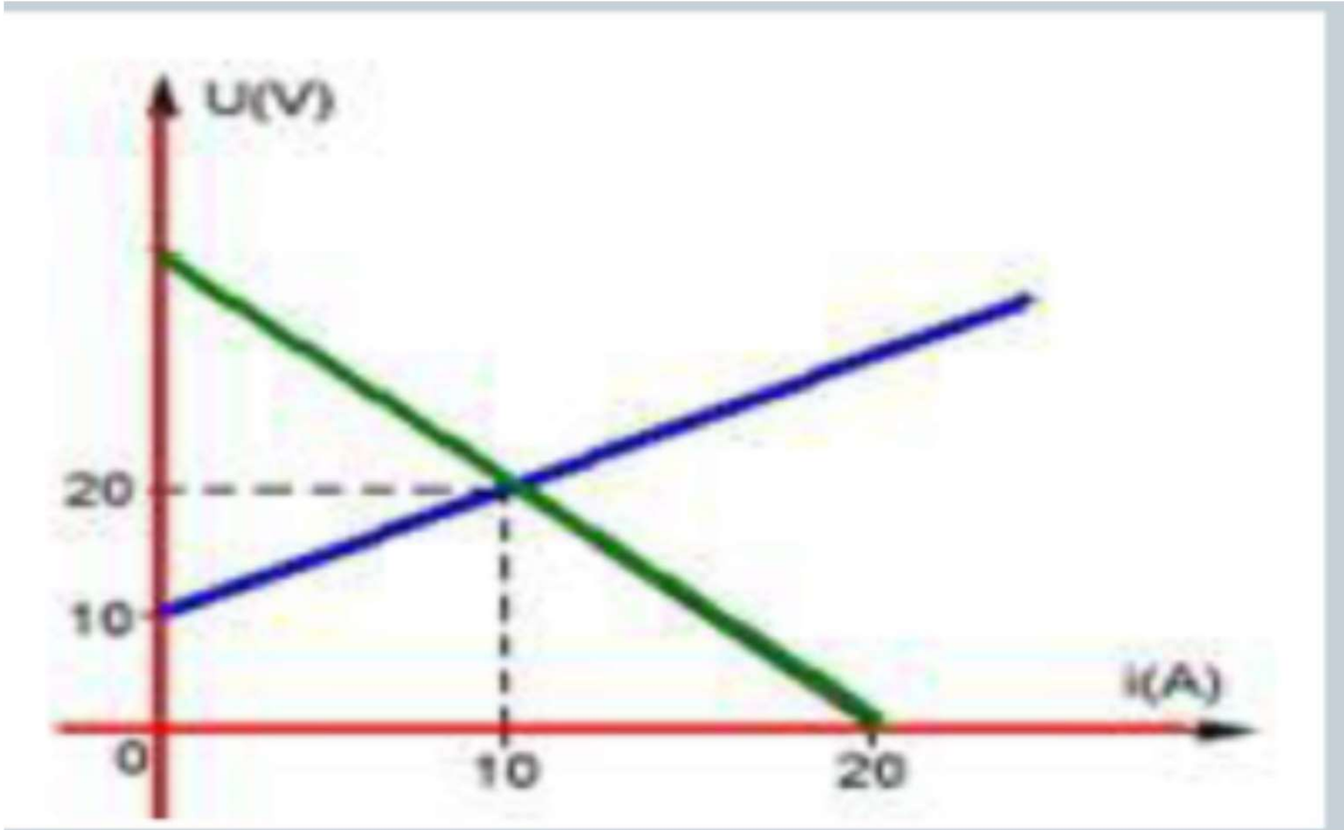
a) a ddp em seus terminais para que a corrente que o atravessa, tenha intensidade i = 2,0A;

b) a intensidade da corrente i para que a ddp no gerador seja U = 10V

Exercícios

No gráfico a seguir estão representadas as curvas características de um gerador e de um receptor. Determine a f.e.m. do gerador e a resistência interna do receptor .

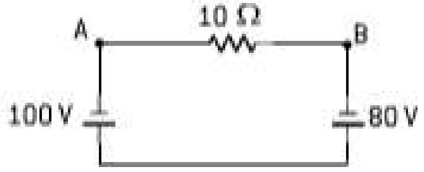




U(V)
20
10
i(A)
0
10
20

EXERCÍCIOS

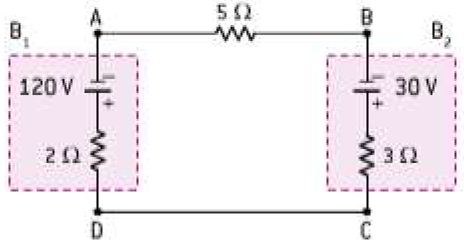
A figura a seguir mostra um circuito elétrico no qual um gerador ideal, um receptor ideal e um resistor são ligados em série.



A intensidade da corrente elétrica no resistor R = 10 Ω e a ddp entre os pontos A e B valem, respectivamente,

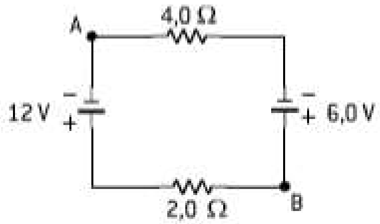
a. 2 A e 80 V.
b. 18 A e 180 V.
c. 2 A e 20 V.
d. 18 A e 20 V.
e. 2 A e 180 V.

Duas baterias, B_1 e B_2, estão ligadas de tal forma que uma está recarregando a outra, como mostra o esquema a seguir.



a. Determine a intensidade da corrente elétrica estabelecida no circuito e qual das baterias, B_1 ou B_2, está sendo recarregada.
b. Determine a ddp nos terminais da bateria que está sendo recarregada.

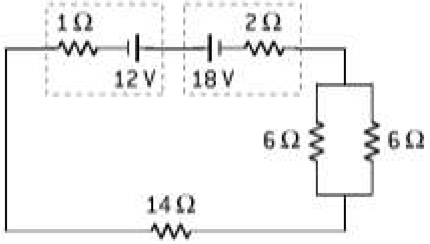
Um gerador de 12 V e resistência interna de 2,0 Ω é ligado a um receptor de 6,0 V e resistência interna de 4,0 Ω, conforme mostra a figura.



Determine

a. a intensidade da corrente elétrica no circuito e o seu sentido;
b. a ddp entre os pontos B e A.

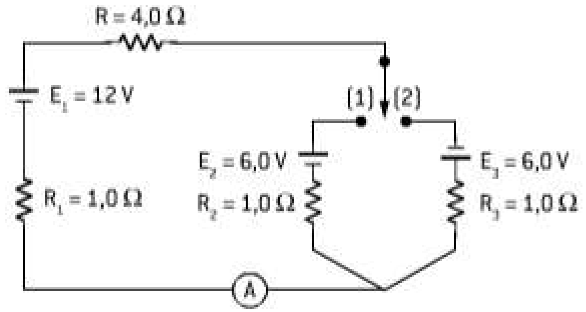
O valor da intensidade da corrente elétrica (em A) no circuito a seguir é



a. 1,5
b. 0,62
c. 1,03
d. 0,50
e. 0,30

EXERCÍCIOS

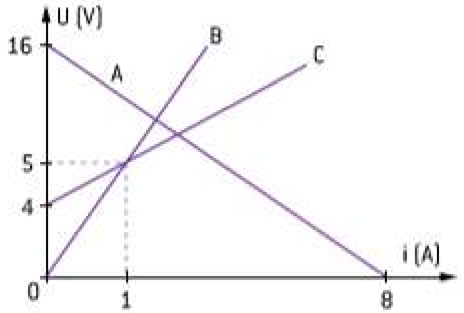
Considere o circuito esquematizado a seguir, constituído por três baterias, um resistor ôhmico e uma chave comutadora. Os valores característicos de cada elemento estão indicados no esquema.



A corrente que percorre o circuito quando a chave estiver ligada em (1) ou em (2) será, em ampères, respectivamente,

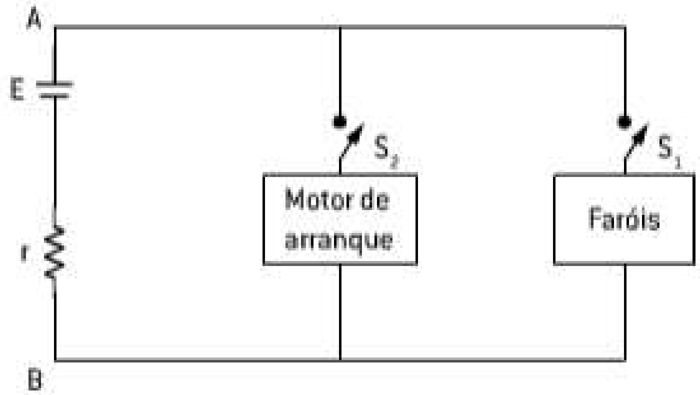
a. 1,0 e 1,0.
b. 1,0 e 3,0.
c. 2,0 e 2,0.
d. 3,0 e 1,0.
e. 3,0 e 3,0.

Um circuito é constituído por três elementos, A, B e C, em série, cujas curvas características estão representadas no gráfico a seguir. A intensidade da corrente nesse circuito vale



A figura a seguir representa um esquema simplificado do circuito elétrico que acende/apaga os faróis de um carro e liga/desliga seu motor de arranque. S_1 e S_2 são chaves, ε, a força eletromotriz da bateria e r, sua resistência interna.

Dado: ε = 12,0 V

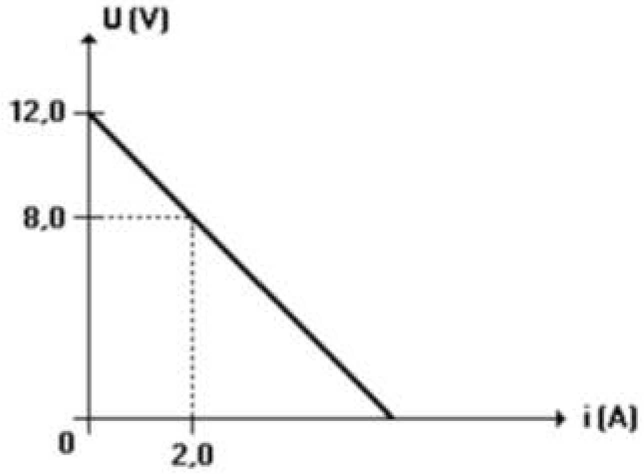


Considerando apenas a chave S_1 fechada, a diferença de potencial entre os pontos A e B é de 11,5 V e a intensidade da corrente que percorre a bateria é de 10 A. Quando a chave S_2 também é fechada, a intensidade da corrente nos faróis diminui para 8,0 A.

a. Calcule a resistência interna r da bateria.

b. Calcule a intensidade de corrente no motor de arranque, quando S_2 é fechada e os faróis estão acesos.

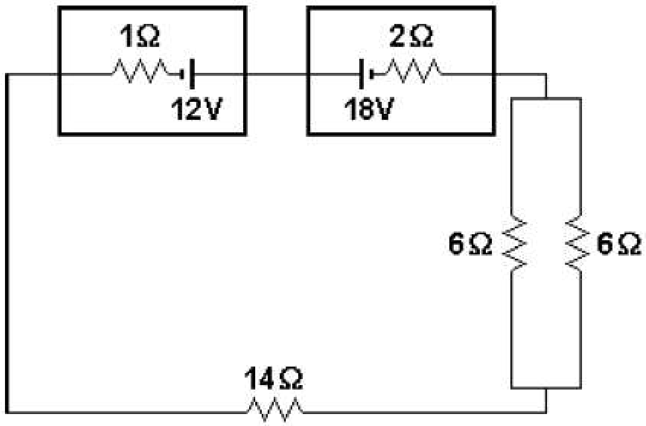
O gráfico a seguir, representa a ddp U em função da corrente i para um determinado elemento do circuito.



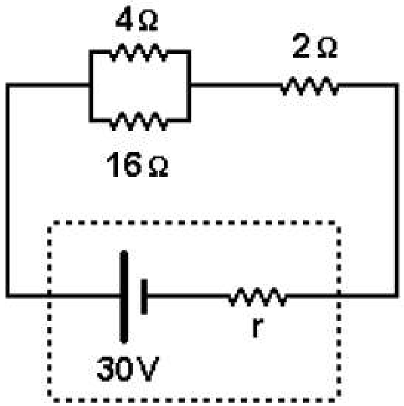
A partir do gráfico determine o elemento do circuito e a corrente elétrica quando a diferença de potencial entre os terminais do elemento for nula.

a) Equação do gerador
b) U para i=3A
c) Rendimento para i=3A

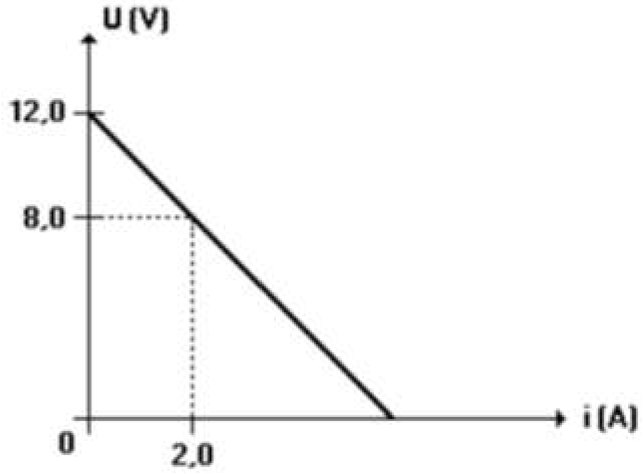
Determine o valor da intensidade de corrente (em A) no circuito a seguir.



No circuito a seguir, o resistor de resistência 4Ω dissipa a potência de 64W. Qual a resistência interna r do gerador? R: 0,8Ω



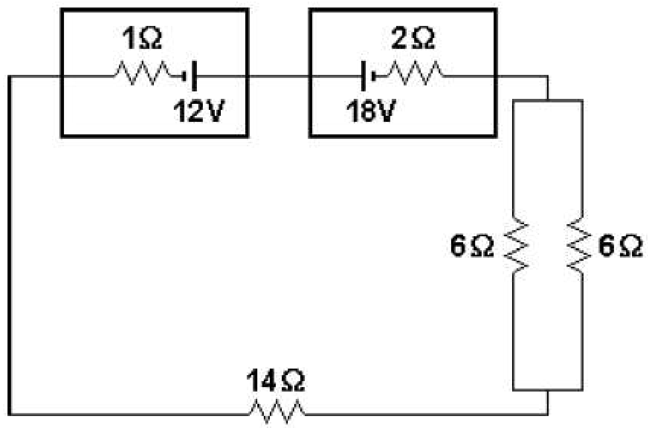
O gráfico a seguir, representa a ddp U em função da corrente i para um determinado elemento do circuito.



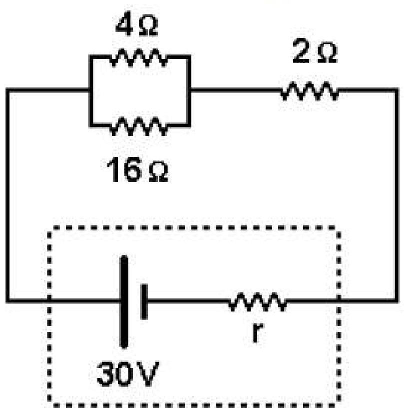
A partir do gráfico determine o elemento do circuito e a corrente elétrica quando a diferença de potencial entre os terminais do elemento for nula.

a) Equação do gerador
b) U para i=3A
c) Rendimento para i=3A

Determine o valor da intensidade de corrente (em A) no circuito a seguir.



No circuito a seguir, o resistor de resistência 4Ω dissipa a potência de 64W. Qual a resistência interna r do gerador? R: 0,8Ω



CIRCUITOS ELÉTRICOS I

3ª Termo

Engenharias:

Elétrica
Mecânica
Computação

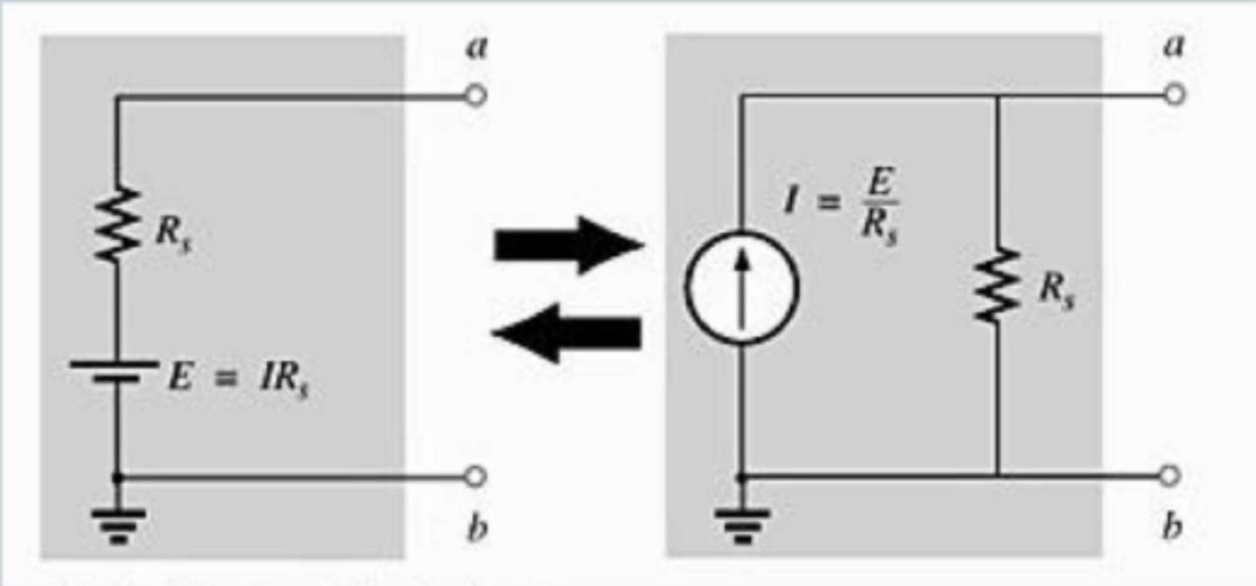
PROF. DR. GIULIANO PIERRE ESTEVAM

Aula 02

www.electroenge.com.br

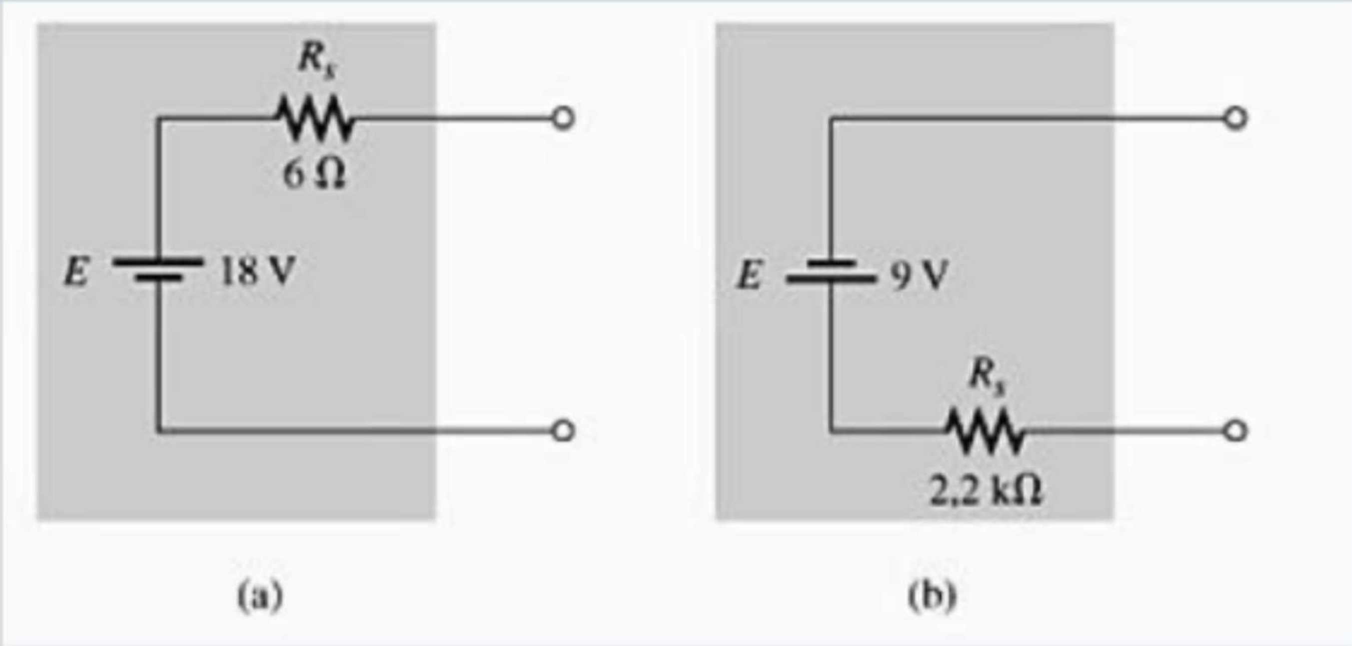
Equivalência entre fontes

"Toda fonte de tensão em série com uma resistência pode ser transformada em fonte de corrente em paralelo com a mesma resistência."



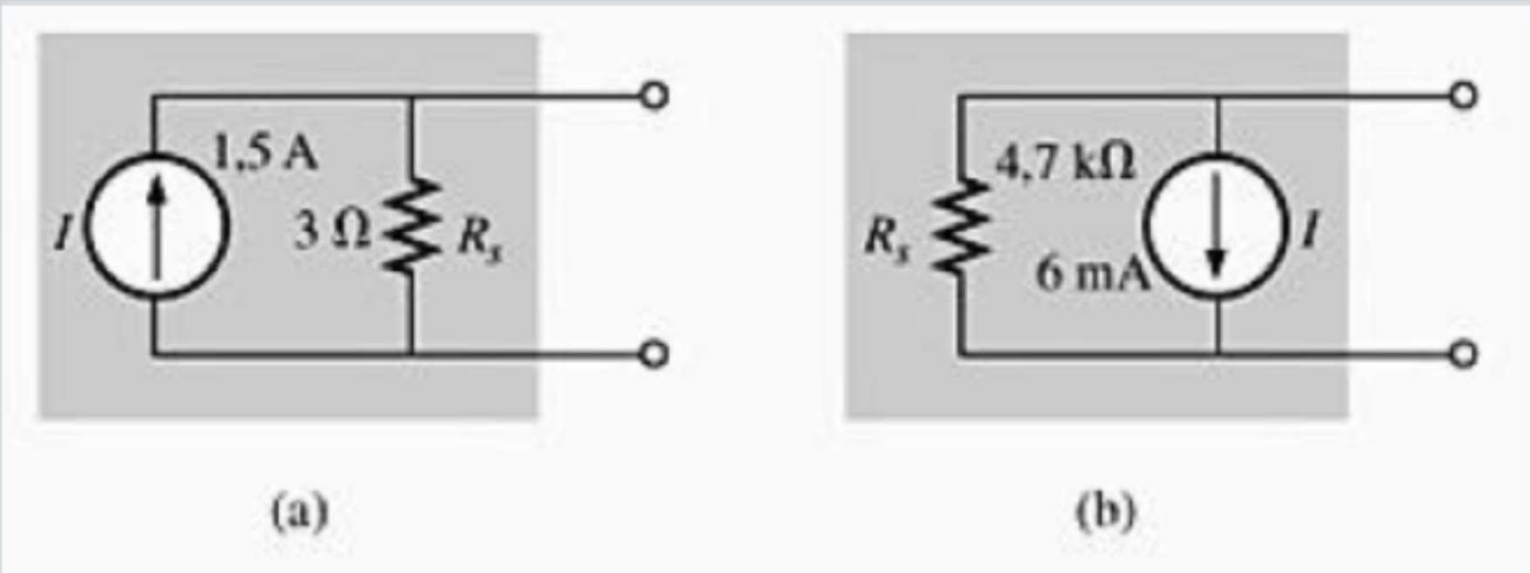
Exemplos

Converta as fontes de tensão em fontes de corrente.



Exemplos

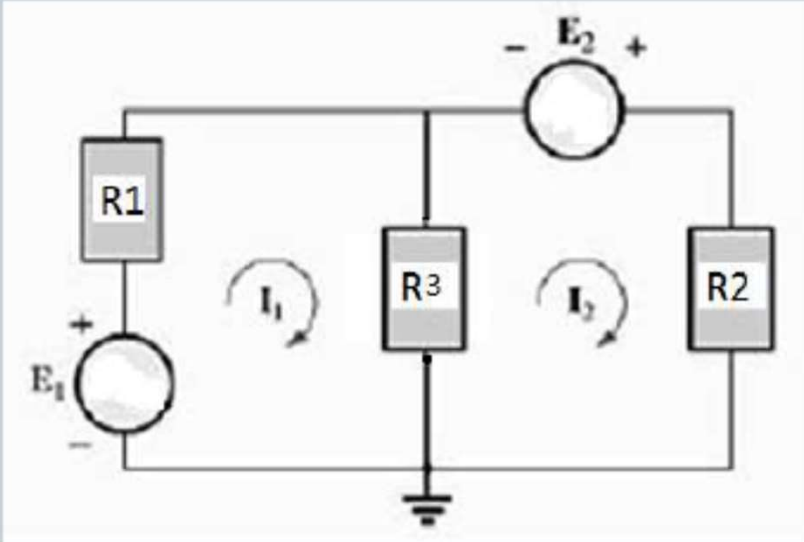
Converta as fontes de corrente em fontes de tensão.



Leis de Kirchhoff

LEI DAS MALHAS

$$\boxed{\sum_{m=1}^{M} V_{MALHA} = 0}$$



IMPORTANTE:

RESTRIÇÃO: APLICÁVEL SOMENTE PARA CIRCUITOS COM FONTES DE TENSÃO

OBJETIVO: DETERMINAR AS CORRENTES NAS MALHAS

Matriz das Resistências

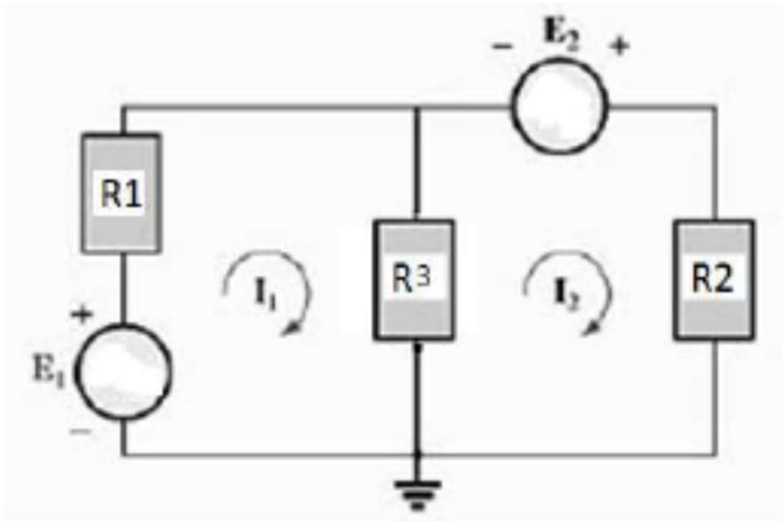
Matriz quadrada, cuja ordem igual ao número de malhas.

ELEMENTO
DE MÚTUA

$$\begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} \\ R_{21} & R_{22} \end{bmatrix}$$

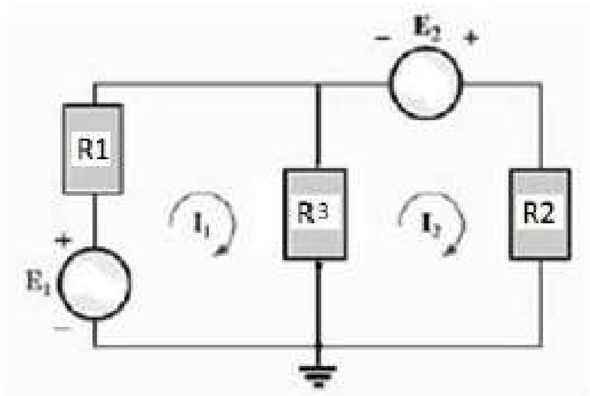
ELEMENTO
DE MÚTUA

ELEMENTOS
DE PRÓPRIA



ELEMENTOS DE PRÓPRIA $R_{ii} = \sum_{1}^{n} R_{MALHA\,i}$

ELEMENTO DE MÚTUA $R_{ij} = R_{ji} = \sum_{1}^{n} R_{MALHA\,ij}$



Obs. Os elementos de mútua entram na matriz com sinal negativo se as correntes nele possuírem sentidos opostos.

Matriz das Tensões

Matriz coluna cujo número de linhas é igual ao número de malhas.

$$[V] = \begin{bmatrix} \sum_1^n V_1 \\ \sum_1^n V_n \end{bmatrix}$$

Matriz das Correntes (INCÓGNITA)

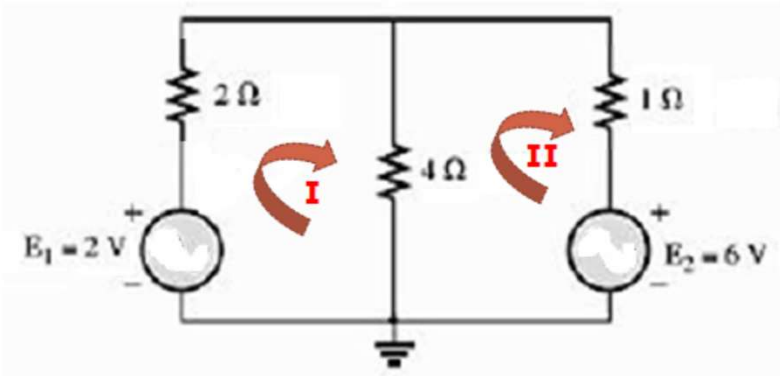
Matriz coluna cujo número de linhas é igual ao número de malhas.

$$[I] = \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$$

LEI DO ÔHM NA FORMA MATRICIAL

$$\boxed{[I] = [R]^{-1}.[V]}$$

DETERMINAR AS CORRENTES NAS MALHAS

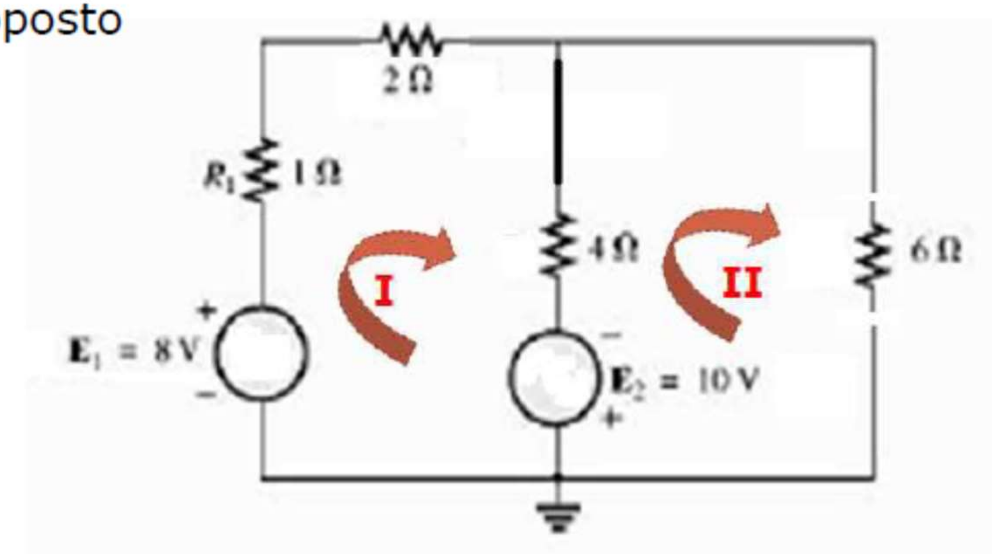


$$[R] = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} \\ R_{21} & R_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2+4 & -4 \\ -4 & 4+1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 6 & -4 \\ -4 & 5 \end{bmatrix}$$

$$[\boldsymbol{V}] = \begin{bmatrix} \boldsymbol{V_1} \\ \boldsymbol{V_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{2} \\ \boldsymbol{-6} \end{bmatrix}$$

$$[\boldsymbol{I}] = \begin{bmatrix} \boldsymbol{I_1} \\ \boldsymbol{I_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{-1} \\ \boldsymbol{-2} \end{bmatrix}$$

Exercício proposto



$$[R] = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} \\ R_{21} & R_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 7 & -4 \\ -4 & 10 \end{bmatrix}$$

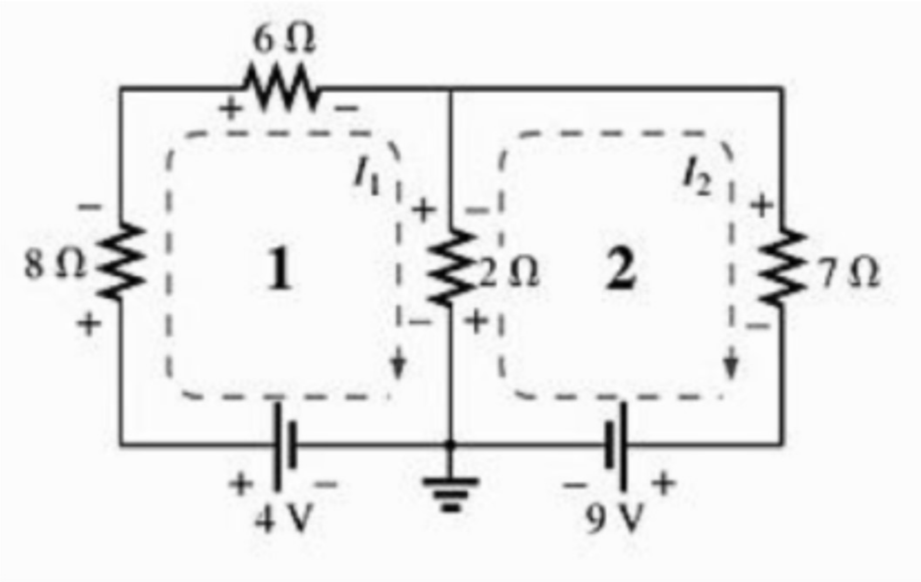
$$[V] = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 18 \\ -10 \end{bmatrix}$$

$$[I] = \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2,59 \\ 0,04 \end{bmatrix}$$

Exercício proposto:

a) Determine as matrizes [R] e [v]

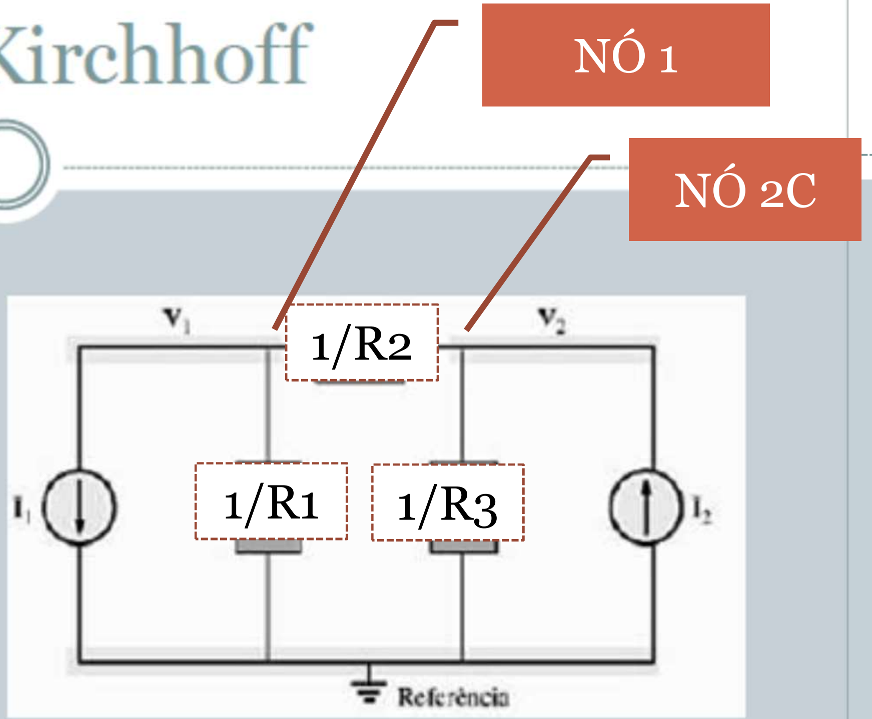
b) [I]



Leis de Kirchhoff

LEI DOS NÓS

$$\boxed{\sum_{m=1}^{M} I_{NÓ} = 0}$$



IMPORTANTE:

RESTRIÇÃO: APLICÁVEL SOMENTE PARA CIRCUITOS COM FONTES DE CORRENTE

OBJETIVO: DETERMINAR AS TENSÕES NODAIS

CONDUTÂNCIA

$$B = \frac{1}{R}\,(S)$$

Matriz das Condutâncias

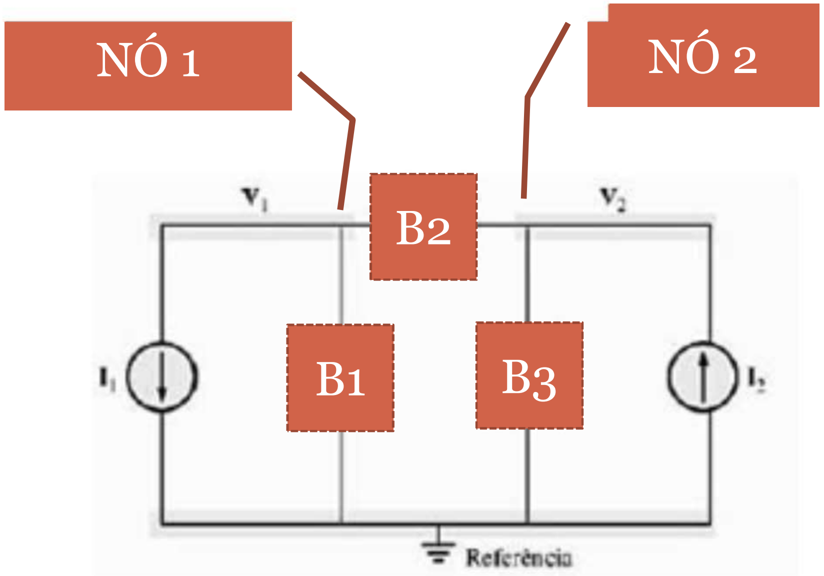
Matriz quadrada, cuja ordem igual ao número de nós.

ELEMENTO
DE MÚTUA

$$\begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} \\ B_{21} & B_{22} \end{bmatrix}$$

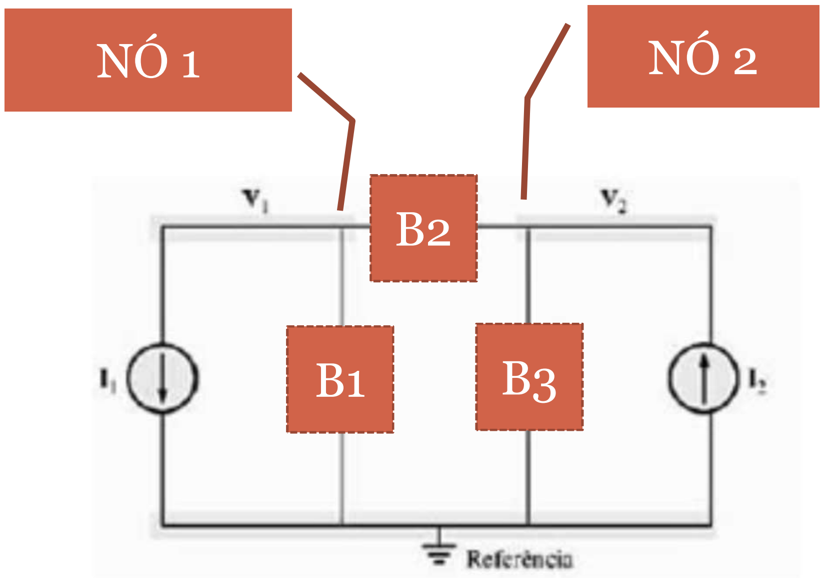
ELEMENTO
DE MÚTUA

ELEMENTOS
DE PRÓPRIA



ELEMENTOS DE PRÓPRIA $B_{ii} = \sum_{1}^{n} B_{nó\ i}$

ELEMENTO DE MÚTUA $B_{ji} = B_{ij} = \sum_{1}^{n} B_{entre\ nó\ i\ e\ j}$



Obs. Os elementos de mútua entram na matriz com sinal negativo.

Matriz das Correntes

Matriz coluna cujo número de linhas é igual ao número de NÓS

$$[\mathrm{I}] = \begin{bmatrix} \sum_1^n I_1 \\ \sum_1^n I_n \end{bmatrix}$$

$I_{CHEGANDO}$: *POSITIVO*
I_{SAINDO} : *NEGATIVO*

Matriz das Tensões (ICÓGNITA)

Matriz coluna cujo número de linhas é igual ao número de NÓS

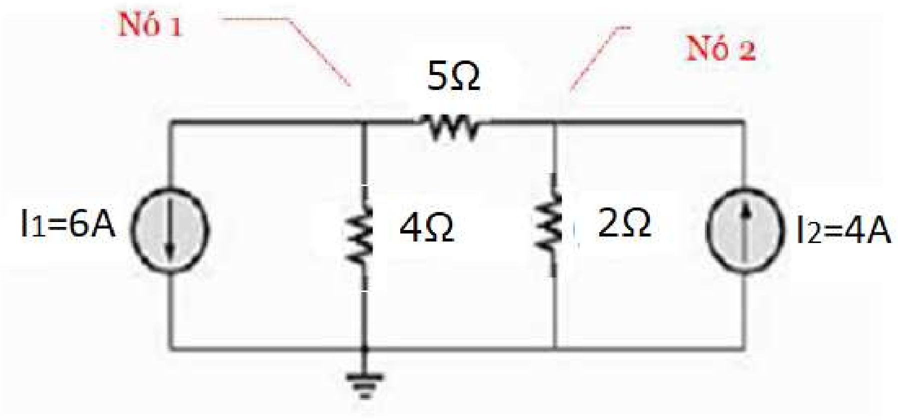
$$[V] = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix}$$

LEI DO ÔHM NA FORMA MATRICIAL

$$\boxed{[V] = [B]^{-1}.[I]}$$

INVERSA DA MATRIZ DAS CONDUTÂNCIAS

DETERMINAR AS TENSÕES NODAIS

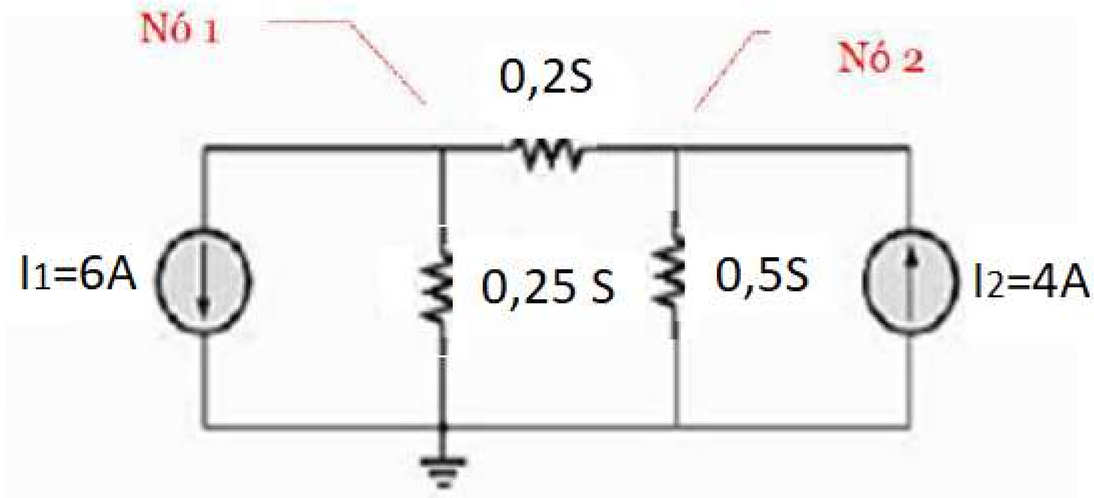


$$[B] = \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} \\ B_{21} & B_{22} \end{bmatrix}$$

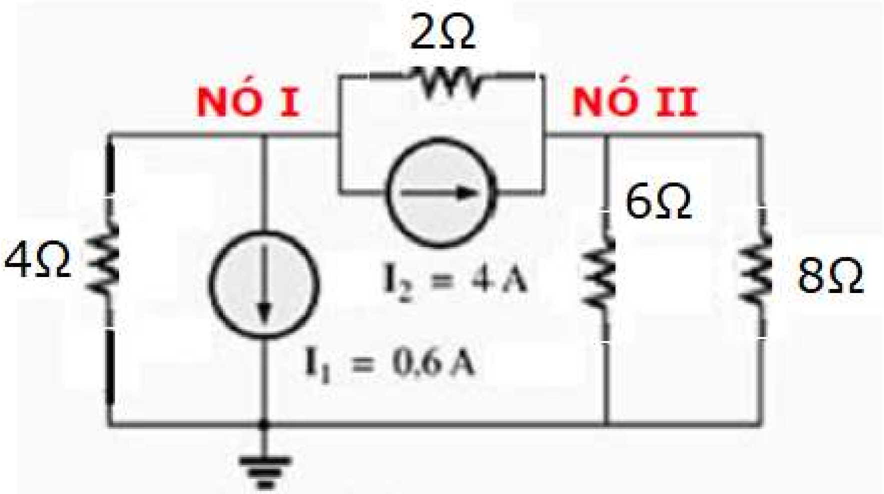
$$[B] = \begin{bmatrix} 0,45 & -0,2 \\ -0,2 & 0,7 \end{bmatrix}$$

$$[I] = \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 6 \\ -4 \end{bmatrix}$$

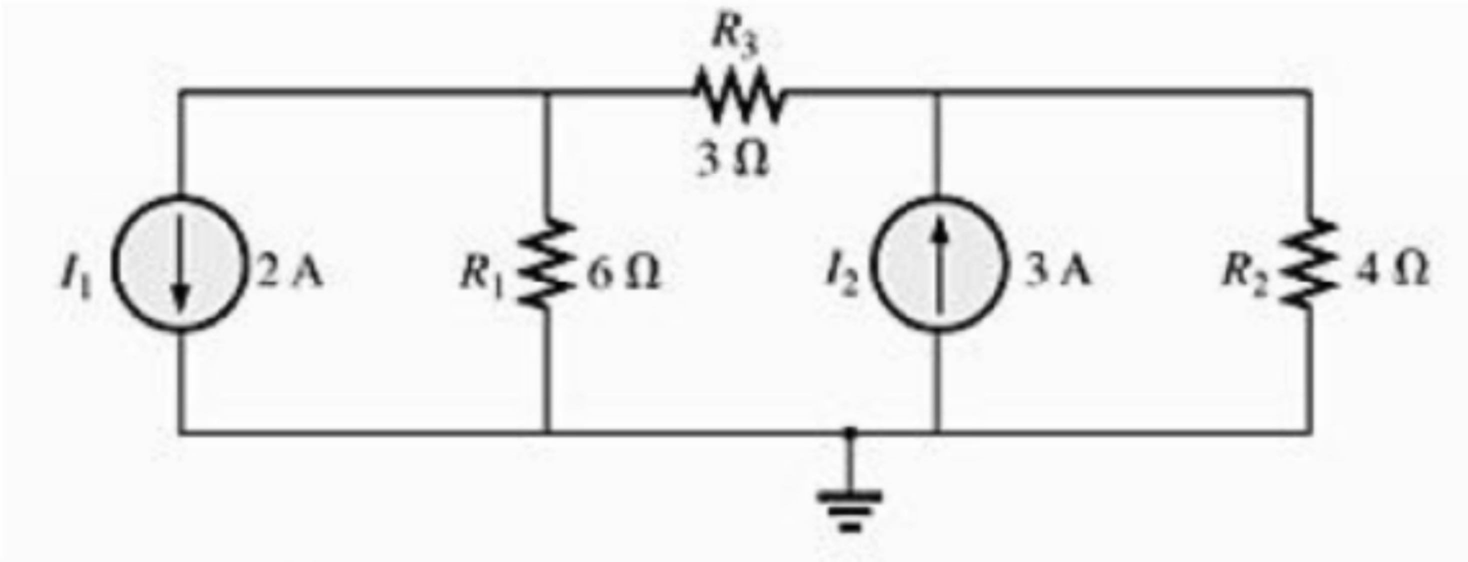
$$[V] = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 12,36 \\ -2,18 \end{bmatrix}$$



EXERCÍCIO



Exercício proposto



CIRCUITOS ELÉTRICOS I

3ª Termo

Engenharias:

Elétrica
Mecânica
Computação

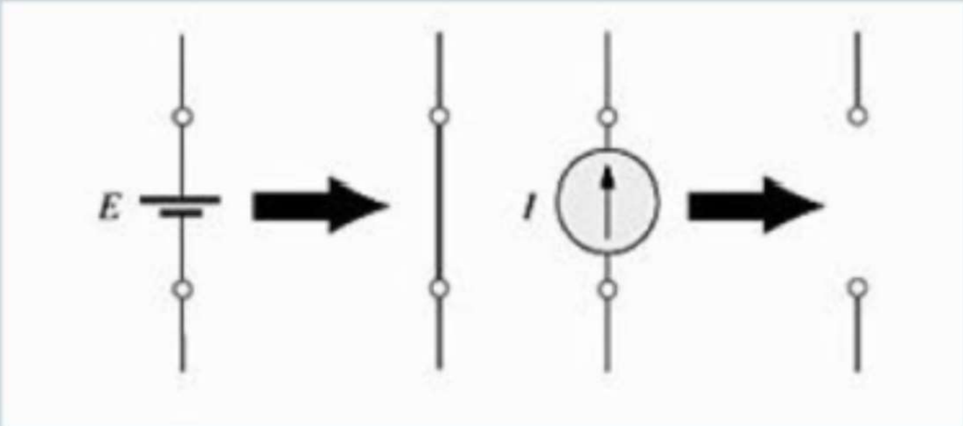
PROF. DR. GIULIANO PIERRE ESTEVAM

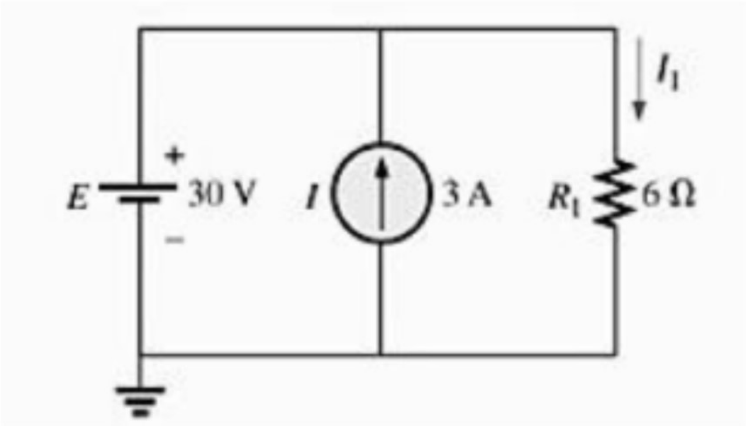
Aula 03

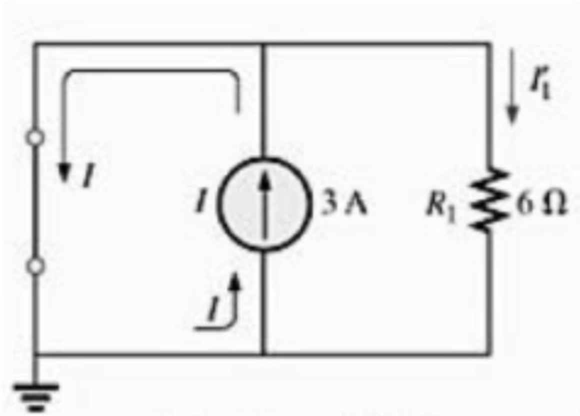
www.electroenge.com.br

TEOREMA DA SUPERPOSIÇÃO DO EFEITOS

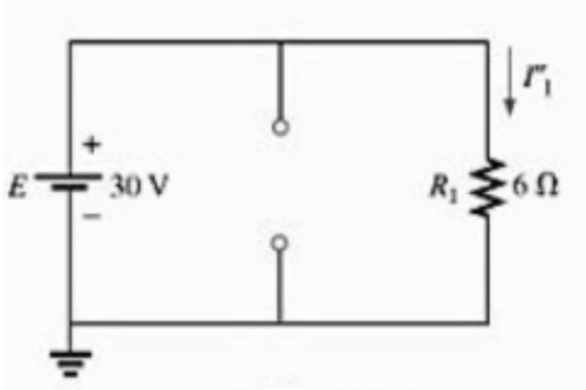
"Dado um circuito que tem somente elementos lineares e mais de uma fonte de tensão e/ou corrente. A corrente (ou tensão) em um determinado trecho do circuito pode ser determinada somando-se algebricamente as correntes (tensões) individuais de cada gerador quando os outros forem eliminados (gerador de tensão colocado em curto circuito e gerador de corrente colocados em aberto)."





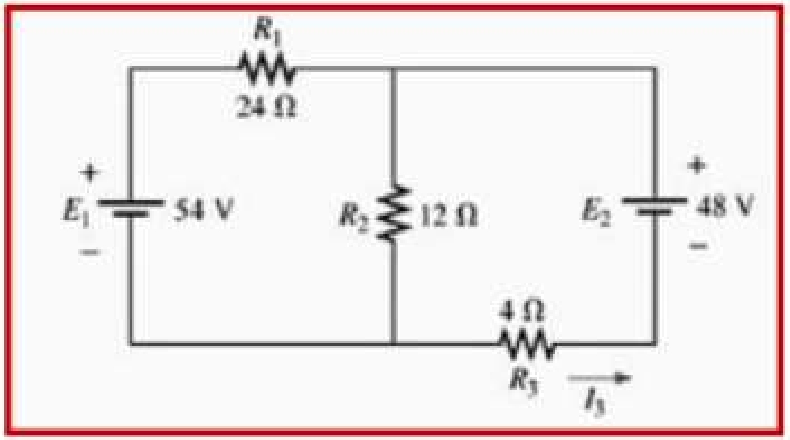


$$I'_1 = \frac{R_{sc} I}{R_{sc} + R_1} = \frac{(0\ \Omega) I}{0\ \Omega + 6\ \Omega} = 0\ \text{A}$$

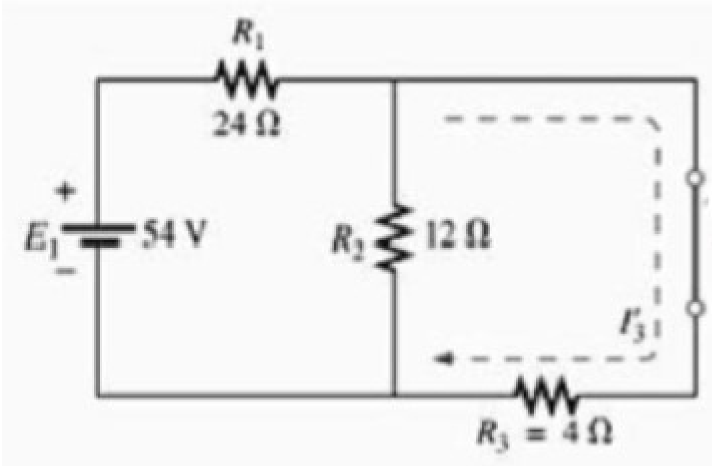


$$I''_1 = \frac{E}{R_1} = \frac{30\ \text{V}}{6\ \Omega} = 5\ \text{A}$$

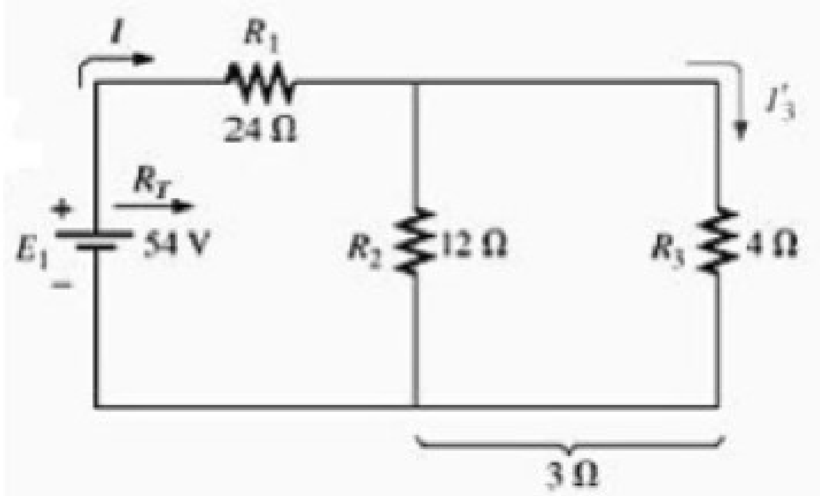
$$\boxed{I_1 = I'_1 + I''_1 = 0\ \text{A} + 5\ \text{A} = \mathbf{5\ A}}$$



Efeito da fonte de 54V



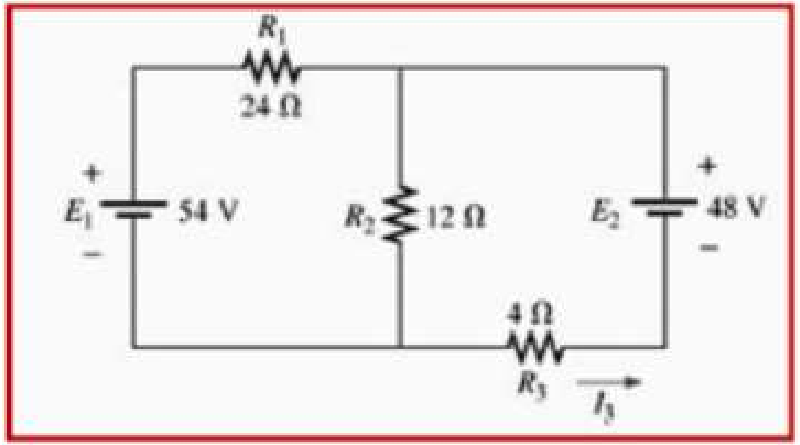
Fonte de 48V curto circuitada



$$R_T = R_1 + R_2 \parallel R_3 = 24\,\Omega + 12\,\Omega \parallel 4\,\Omega$$
$$= 24\,\Omega + 3\,\Omega = 27\,\Omega$$
$$I = \frac{E_1}{R_T} = \frac{54\text{ V}}{27\,\Omega} = 2\text{ A}$$

Usando a regra dos divisores de corrente:

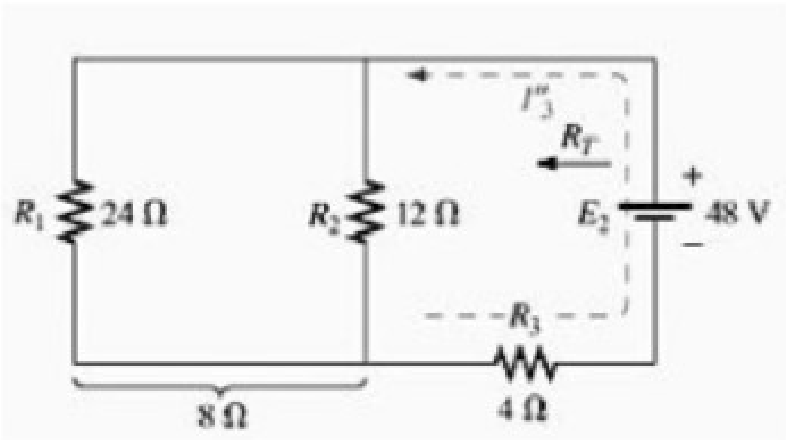
$$I'_3 = \frac{R_2 I}{R_2 + R_3} = \frac{(12\,\Omega)(2\text{ A})}{12\,\Omega + 4\,\Omega} = \frac{24\text{ A}}{16} = 1{,}5\text{ A}$$

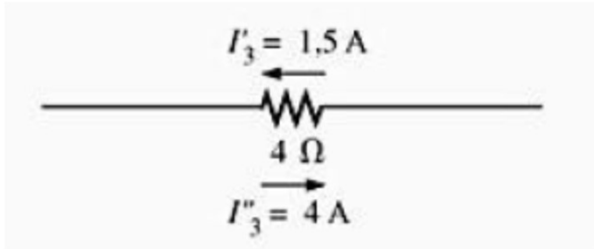


$$R_T = R_3 + R_1 \parallel R_2 = 4\ \Omega + 24\ \Omega \parallel 12\ \Omega$$
$$= 4\ \Omega + 8\ \Omega = 12\ \Omega$$

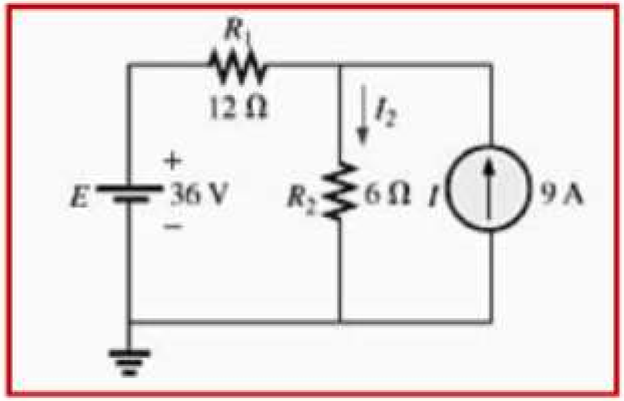
$$I''_3 = \frac{E_2}{R_T} = \frac{48\ \text{V}}{12\ \Omega} = 4\ \text{A}$$

EFEITO DA FONTE DE 48V

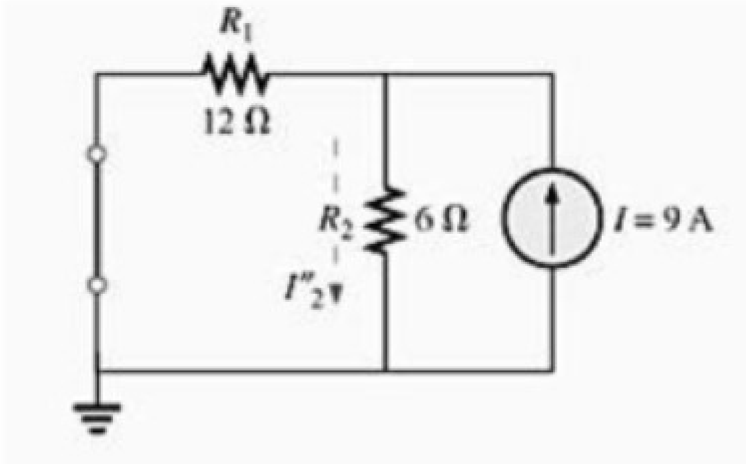




$$I_3 = I''_3 - I'_3 = 4\ \text{A} - 1{,}5\ \text{A}$$
$$= \mathbf{2{,}5\ A}\ (\text{no sentido de } I''_3)$$

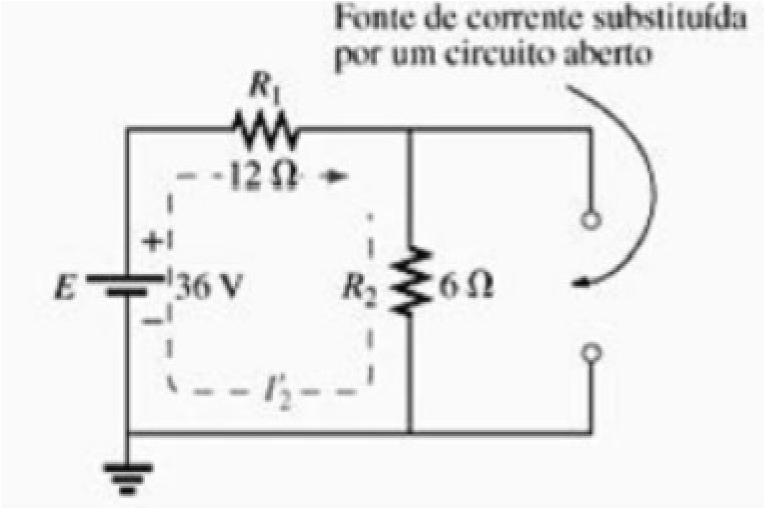


EFEITO DA FONTE DE 9A



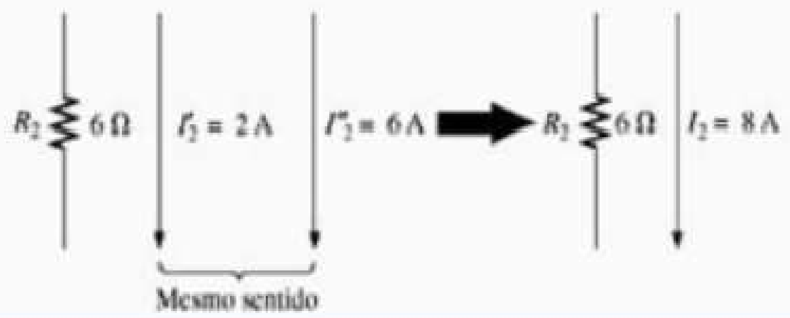
$$I''_2 = \frac{R_1 I}{R_1 + R_2} = \frac{(12\ \Omega)(9\ \text{A})}{12\ \Omega + 6\ \Omega} = \frac{108\ \text{A}}{18} = 6\ \text{A}$$

EFEITO DA FONTE DE 36V

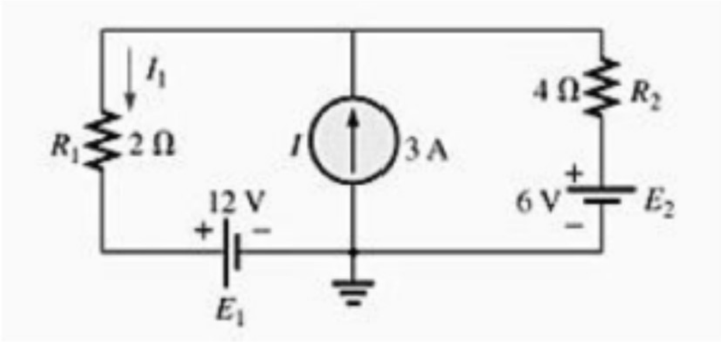


$$I'_2 = \frac{E}{R_T} = \frac{E}{R_1 + R_2} = \times \frac{36\ \text{V}}{12\ \Omega + 6\ \Omega} = 2\ \text{A}$$

$$I_2 = I'_2 + I''_2 = 2\ \text{A} + 6\ \text{A} = \mathbf{8\ A}$$

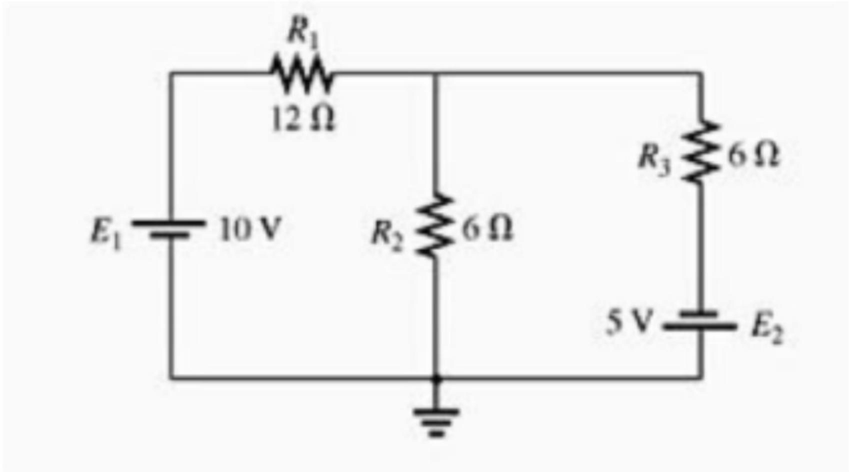


Exercício proposto



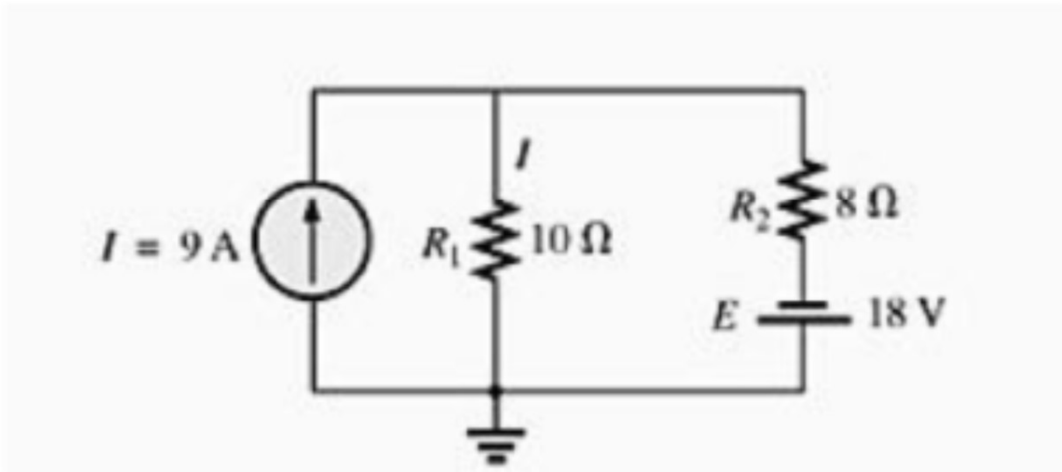
Exercício proposto

Utilizando o principio da superposição dos efeitos determine a corrente elétrica em cada resistor do circuito.



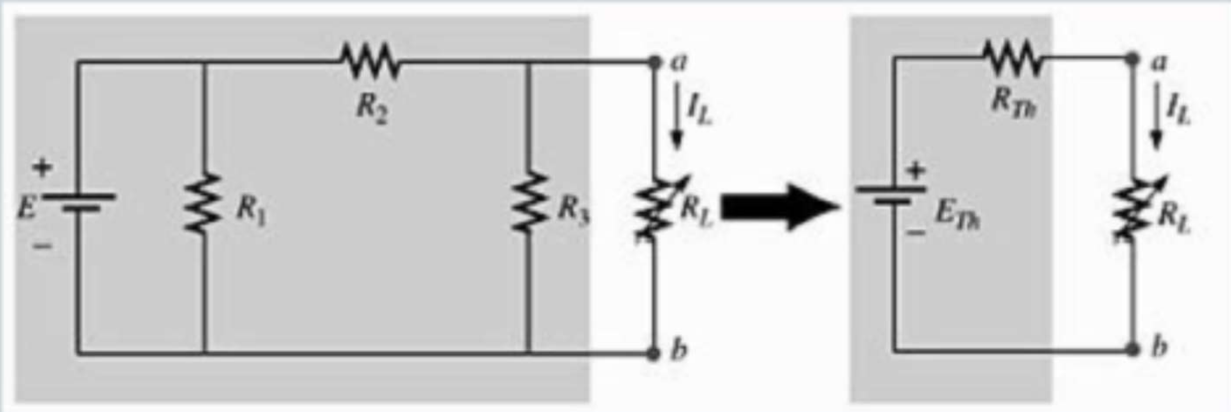
Exercício proposto

Utilizando o principio da superposição dos efeitos determine a corrente elétrica em cada resistor do circuito.



TEOREMA DE THEVENIN

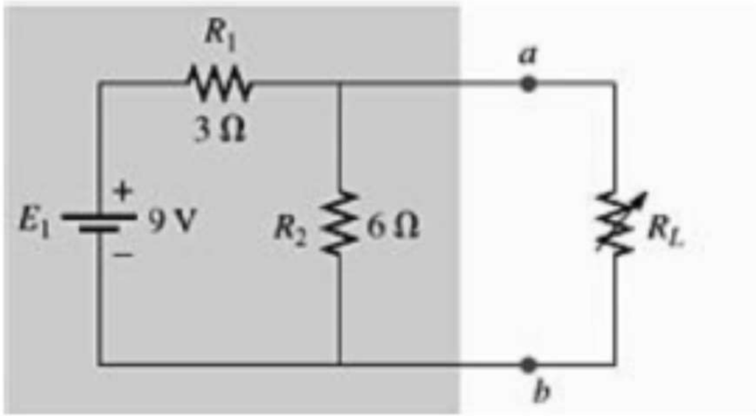
Qualquer circuito linear de dois terminais pode ser transformado em uma fonte de tensão em série com uma resistência.



Eth = Tensão de Thevenin

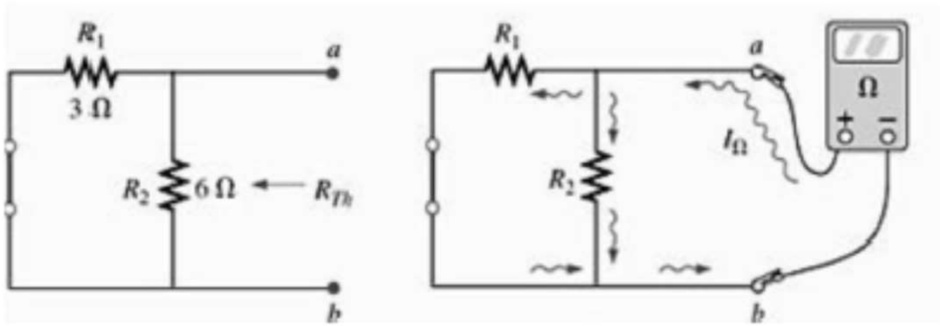
Rth = Resistência de Thevenin

Exemplo 01



Cálculo do R_{TH}

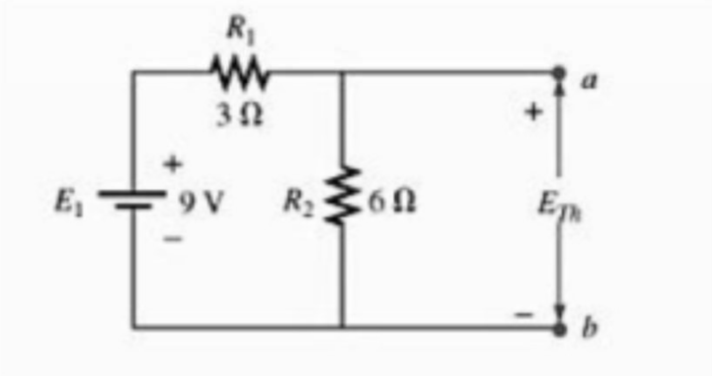
Eliminar todas as fontes substituindo as fontes de tensão por curto circuito e as fontes de corrente por circuitos aberto

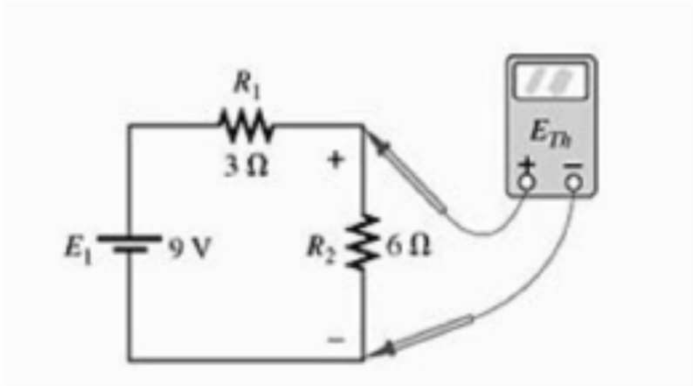


$$R_{Th} = R_1 \parallel R_2 = \frac{(3\ \Omega)(6\ \Omega)}{3\ \Omega + 6\ \Omega} = \mathbf{2\ \Omega}$$

Cálculo do V_{TH}

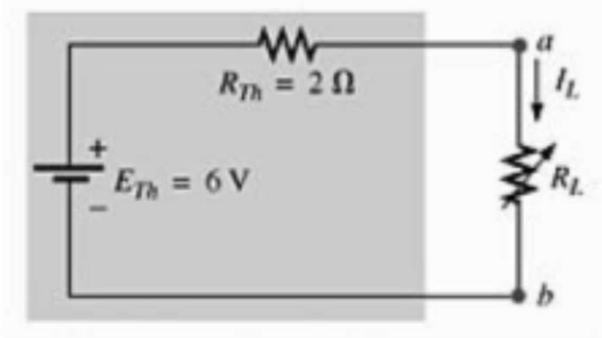
Retorne todas as fontes do circuito às posições originais e determine a tensão nos terminais escolhidos.



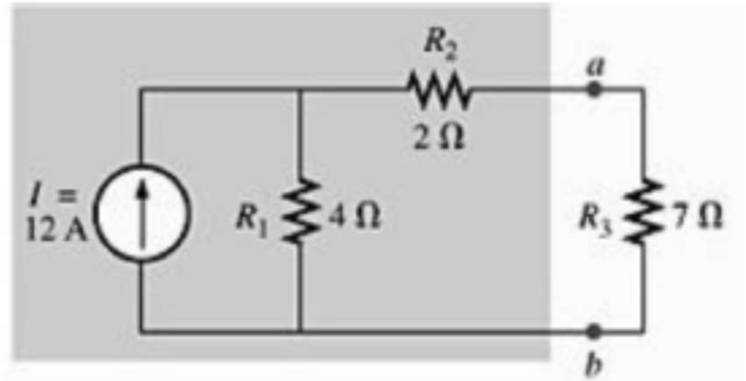


$$E_{Th} = \frac{R_2 E_1}{R_2 + R_1} = \frac{(6\ \Omega)(9\ \text{V})}{6\ \Omega + 3\ \Omega} = \frac{54\ \text{V}}{9} = \mathbf{6\ V}$$

Circuito equivalente de Thevenin

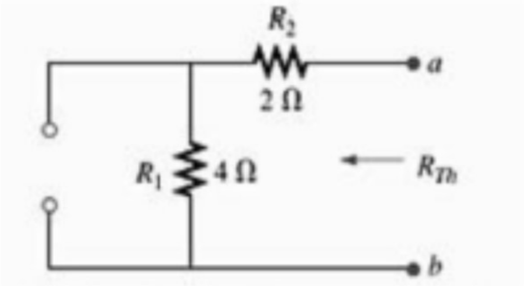


Exemplo 02



Cálculo do R_{TH}

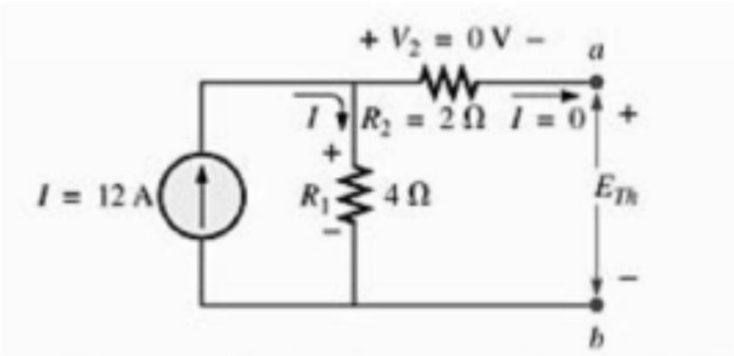
Eliminar todas as fontes substituindo as fontes de tensão por curto circuito e as fontes de corrente por circuitos aberto



$$R_{Th} = R_1 + R_2 = 4\,\Omega + 2\,\Omega = \mathbf{6\,\Omega}$$

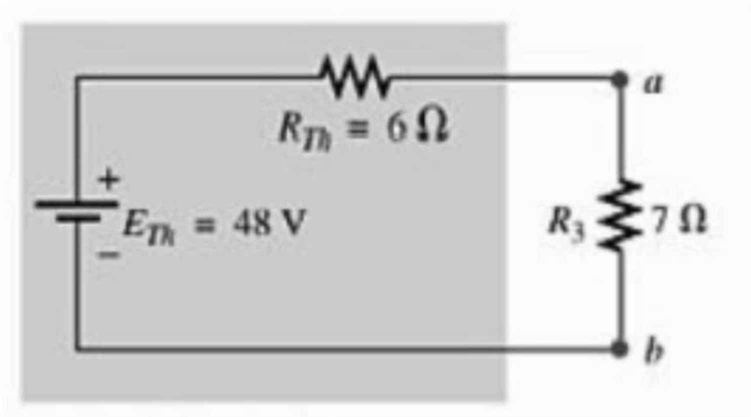
Cálculo do V_{TH}

Retorne todas as fontes do circuito às posições originais e determine a tensão nos terminais escolhidos.

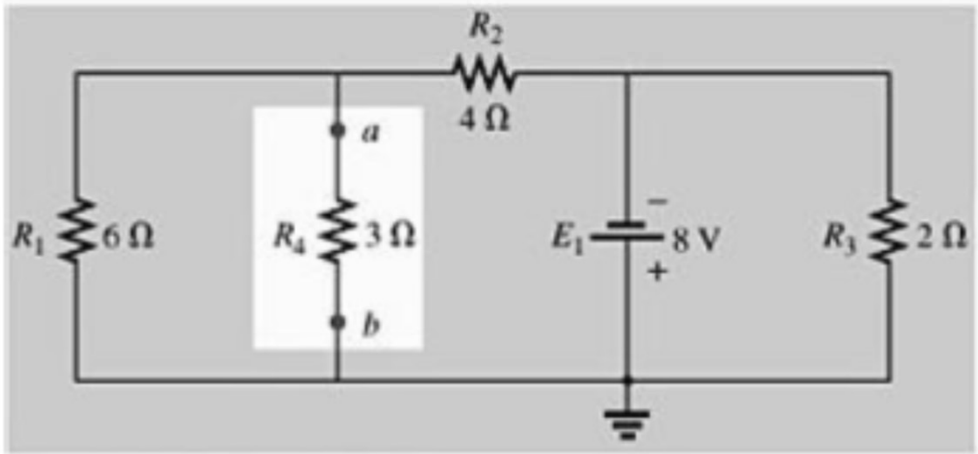


$$E_{Th} = V_1 = I_1R_1 = IR_1 = (12\text{ A})(4\,\Omega) = \mathbf{48\ V}$$

Circuito equivalente de Thevenin

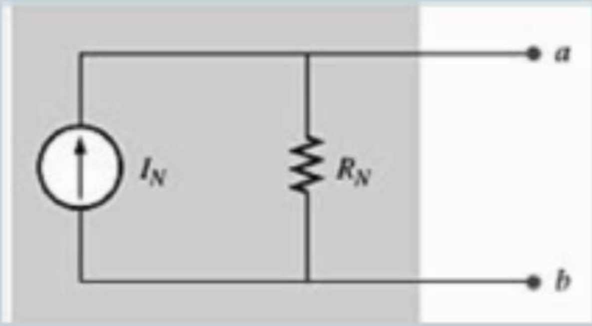


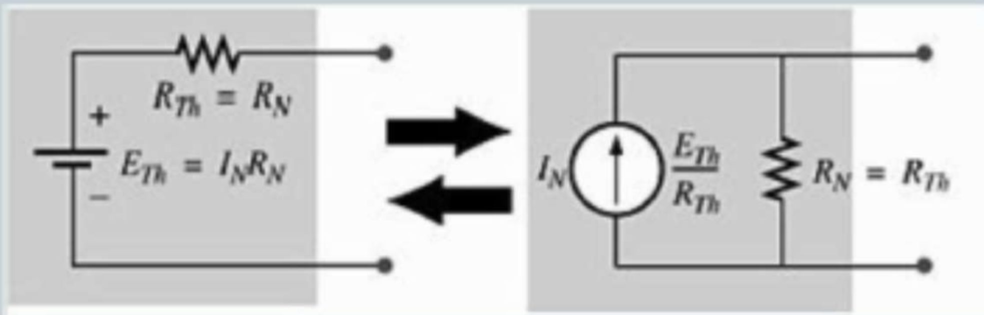
Exercício proposto



TEOREMA DE NORTON

Qualquer circuito linear de dois terminais pode ser transformado em uma fonte de corrente em paralelo com uma resistência.

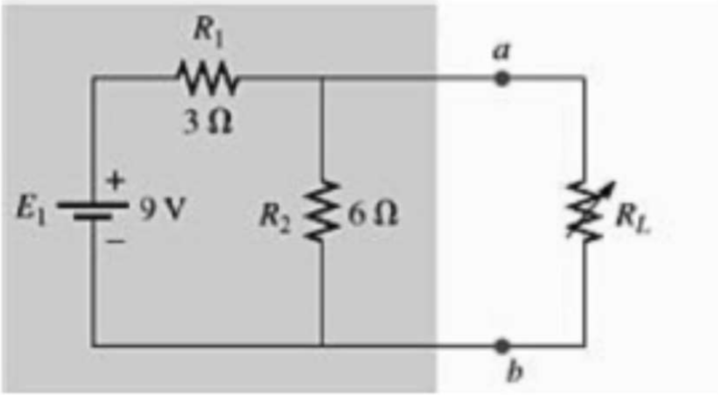




In = Corrente de Norton

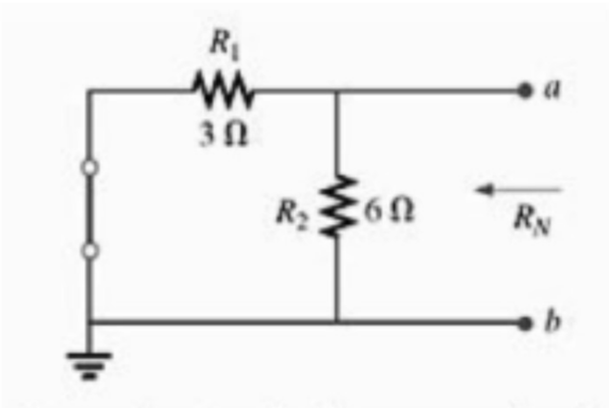
Rn = Resistência de Norton

Exemplo 01



Cálculo do R_{TH} = Rn

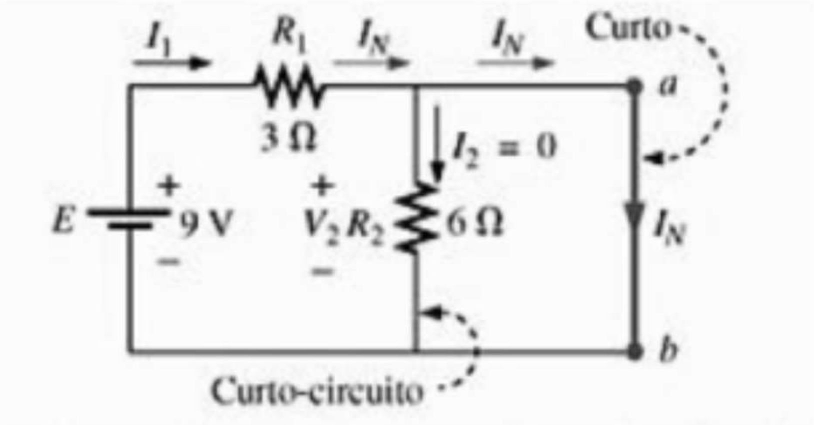
Eliminar todas as fontes substituindo as fontes de tensão por curto circuito e as fontes de corrente por circuitos aberto



$$R_N = R_1 \parallel R_2 = 3\,\Omega \parallel 6\,\Omega = \frac{(3\,\Omega)(6\,\Omega)}{3\,\Omega + 6\,\Omega} = \frac{18\,\Omega}{9}$$
$$= \mathbf{2\,\Omega}$$

Cálculo do In

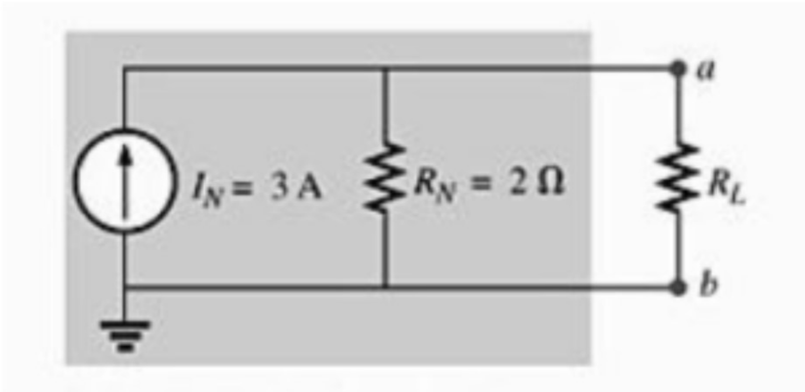
Retorne todas as fontes do circuito às posições originais e determine a corrente nos terminais escolhidos.



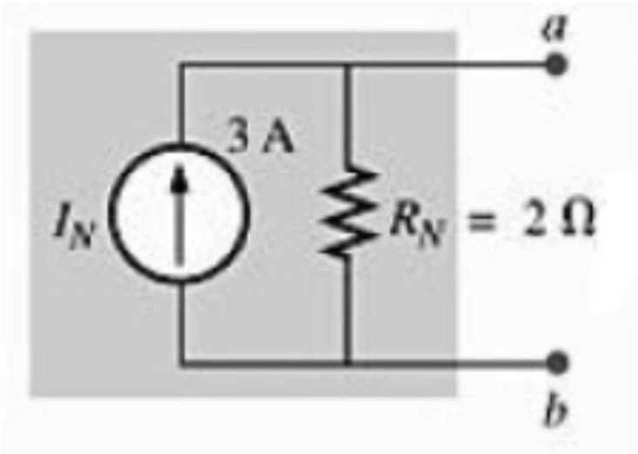
$$V_2 = I_2 R_2 = (0)6\ \Omega = 0\ \text{V}$$

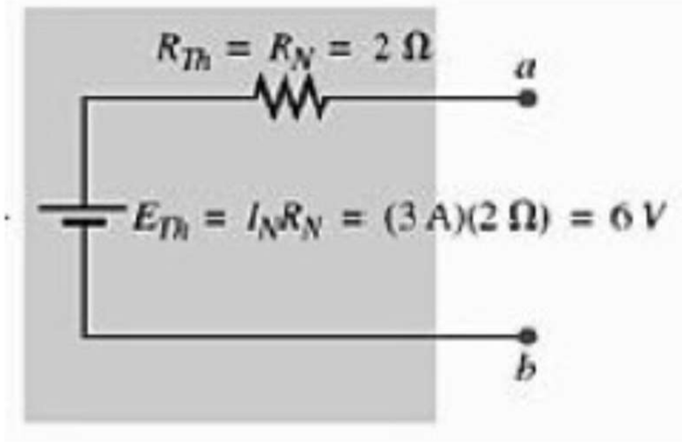
$$I_N = \frac{E}{R_1} = \frac{9\ \text{V}}{3\ \Omega} = \mathbf{3\ A}$$

Circuito equivalente de Norton

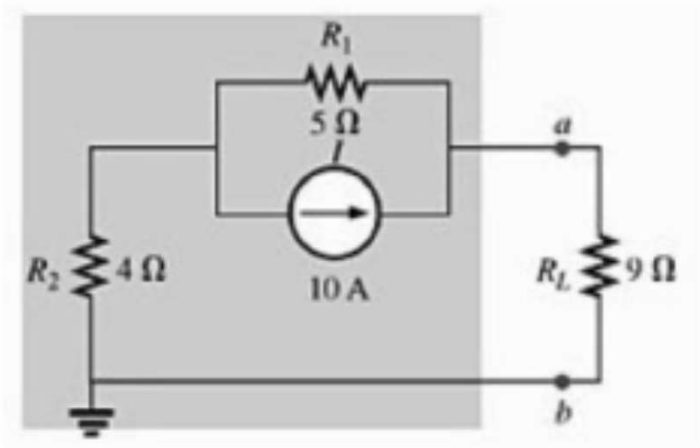


Equivalência entre Thevenin e Norton

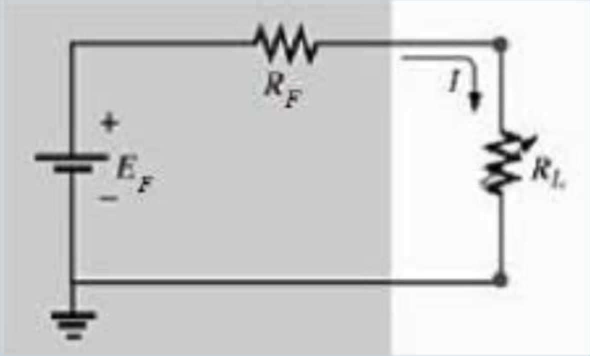




Exercício proposto



TEOREMA DA MÁXIMA POTÊNCIA TRANSFERIDA

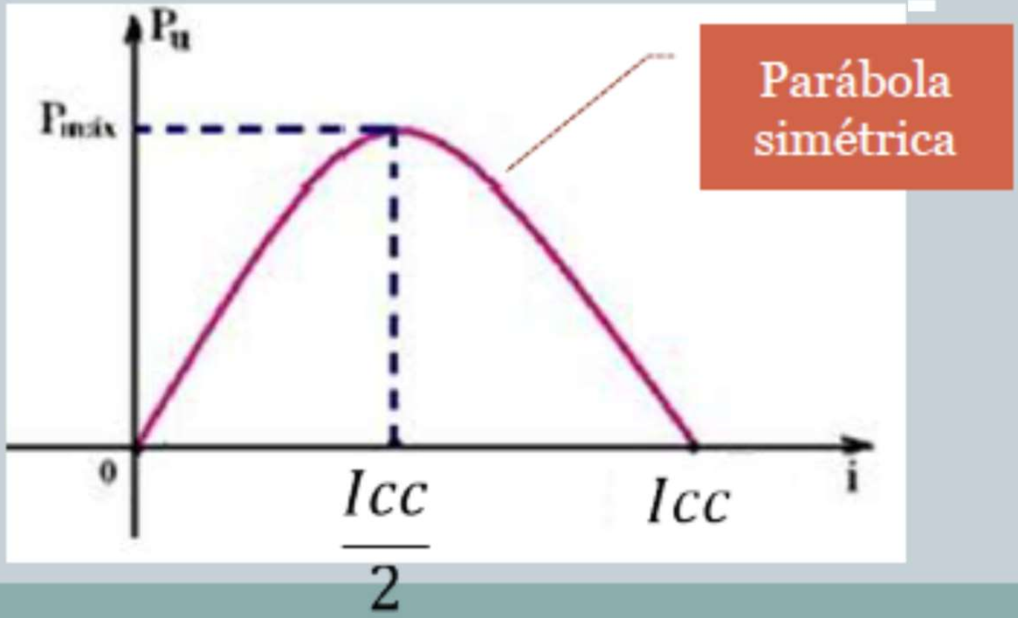


$$Pu = Pt - Pd$$

$$Pu = \varepsilon . I - R_F . I^2$$

p/ $I = 0 \rightarrow Pu = 0$

p/ $Pu = 0$

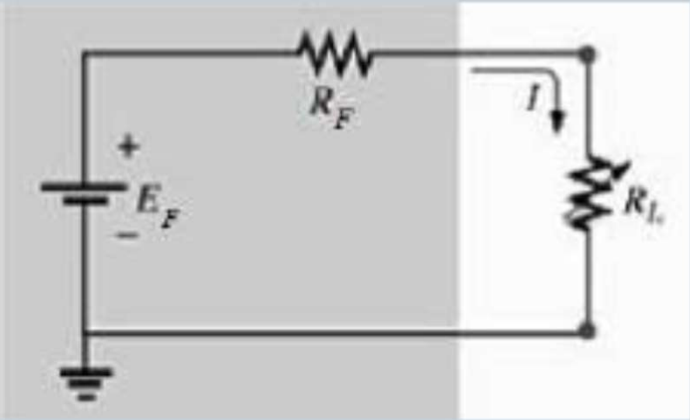


$$0 = \varepsilon . I - R_F . I^2$$

$$R_F . I^2 = \varepsilon . I$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_F} \qquad \boxed{\therefore I = Icc}$$

TEOREMA DA MÁXIMA POTÊNCIA TRANSFERIDA



$$I_L = \frac{E_F}{R_F + R_L}$$

Para potência máxima tem-se que $I_L = \frac{Icc}{2}$

$$\frac{Icc}{2} = \frac{E_F}{R_F + R_L}$$

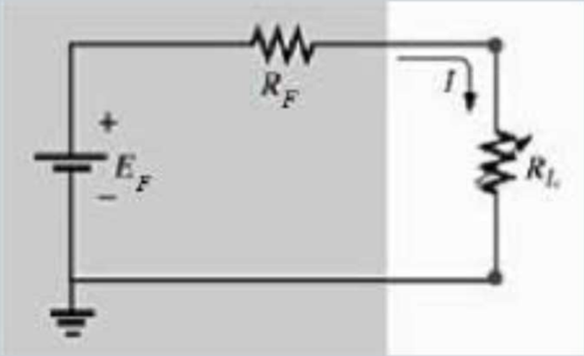
$$\frac{\frac{E_F}{R_F}}{2} = \frac{E_F}{R_F + R_L} \qquad \frac{\cancel{E_F}}{2R_F} = \frac{\cancel{E_F}}{R_F + R_L} \qquad R_F + R_L = 2R_F$$

A potência máxima transferida de uma fonte para uma carga ocorre quando a resistência da fonte for igual a resistência da carga.

$$\boxed{R_L = R_F}$$

TEOREMA DA MÁXIMA POTÊNCIA TRANSFERIDA

Cálculo da potência máxima transferida à carga



$$Pmáx = R_L . I_L^2$$

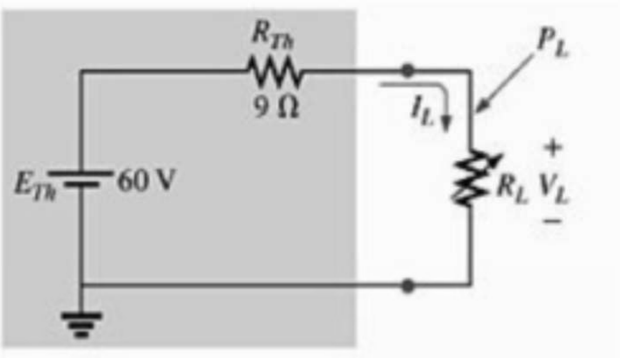
$$Pmáx = R_L . \left(\frac{E_F}{R_L + R_F}\right)^2$$

$$Pmáx = R_F . \left(\frac{E_F}{R_F + R_F}\right)^2 \qquad Pmáx = R_F . \left(\frac{E_F}{2R_F}\right)^2 \qquad Pmáx = R_F . \frac{E_F^2}{4R_F^2}$$

$$\boxed{Pmáx = \frac{E_F^2}{4R_F}}$$

O teorema da máxima potência transferida é uma aplicação do teorema de Thevenin

Exemplo

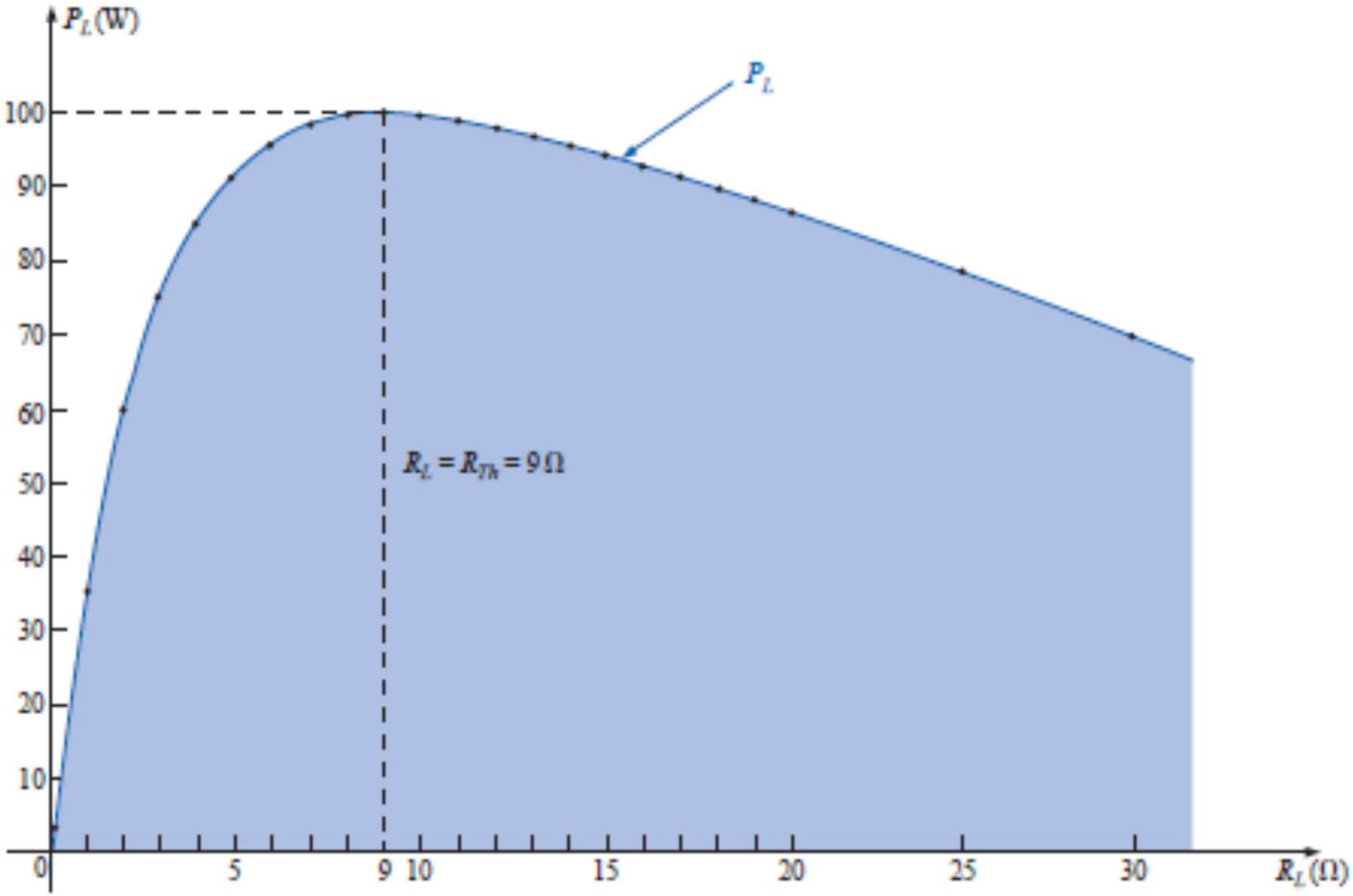


$$P_L = \frac{E_{Th}^2 R_L}{(R_{Th} + R_L)^2} = \frac{3600 R_L}{(9\ \Omega + R_L)^2}$$

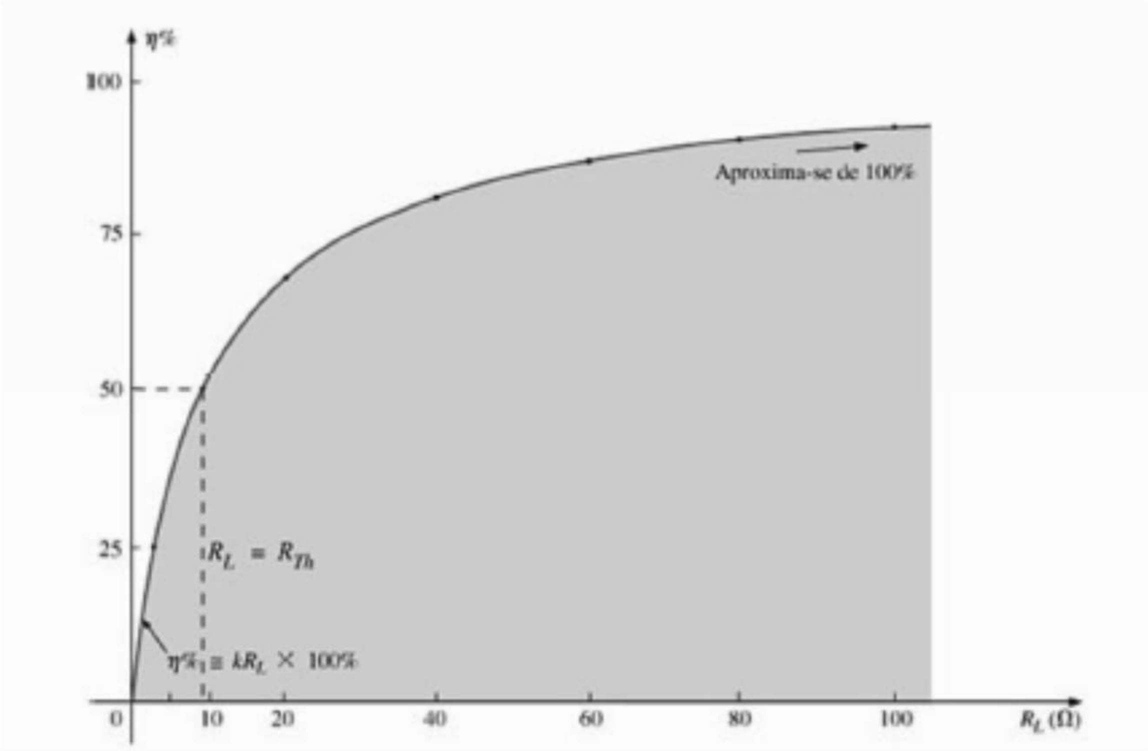
$$I_L = \frac{E_{Th}}{R_{Th} + R_L} = \frac{60\ \text{V}}{9\ \Omega + R_L}$$

$$V_L = \frac{R_L(60\ \text{V})}{R_{Th} + R_L} = \frac{R_L(60\ \text{V})}{9\ \Omega + R_L}$$

R_L (Ω)	P_L (W)	I_L (A)	V_L (V)
0,1	4,35	6,59	0,66
0,2	8,51	6,52	1,30
0,5	19,94	6,32	3,16
1	36,00	6,00	6,00
2	59,50	5,46	10,91
3	75,00	5,00	15,00
4	85,21	4,62	18,46
5	91,84 Aumenta	4,29 Diminui	21,43 Aumenta
6	96,00	4,00	24,00
7	98,44	3,75	26,25
8	99,65	3,53	28,23
9 (R_{Th})	**100,00 (Máximo)**	**3,33 ($I_{máx}/2$)**	**30,00 ($E_{Th}/2$)**
10	99,72	3,16	31,58
11	99,00	3,00	33,00
12	97,96	2,86	34,29
13	96,69	2,73	35,46
14	95,27	2,61	36,52
15	93,75	2,50	37,50
16	92,16	2,40	38,40
17	90,53 Diminui	2,31 Diminui	39,23 Aumenta
18	88,89	2,22	40,00
19	87,24	2,14	40,71
20	85,61	2,07	41,38
25	77,86	1,77	44.12
30	71,00	1,54	46,15
40	59,98	1,22	48,98
100	30,30	0,55	55,05
500	6,95	0,12	58,94
1000	3,54	0,06	59,47



P_L (W)
P_L
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
5
9
10
15
20
25
30
$R_L = R_{Th} = 9\,\Omega$
R_L (Ω)



$$\eta\% = \frac{R_L}{R_{Th} + R_L} \times 100\% = \frac{1000}{1009} \times 100\% = 99{,}11\%$$

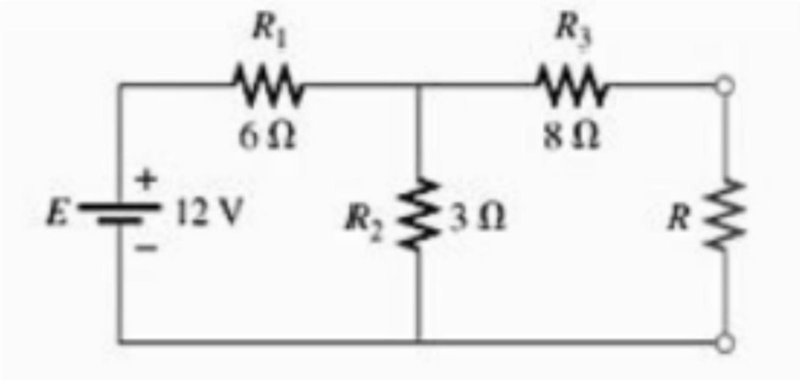
Quando $R_L = R_{Th}$:

$$\eta\% = \frac{R_L}{R_{Th} + R_L} \times 100\% = \frac{R_L}{2R_L} \times 100\% = \mathbf{50\%}$$

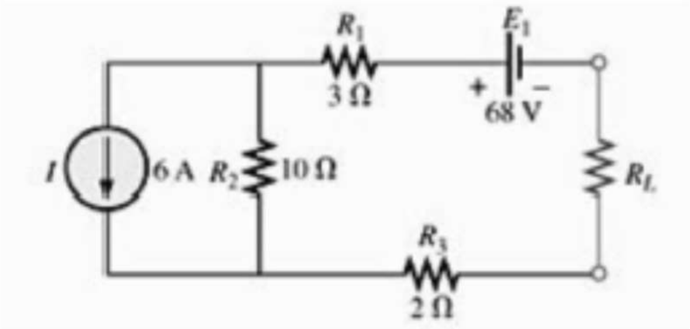
Apesar da potência ser máxima o rendimento é 50%

Exercício proposto

Determine, para o circuito da Figura 9.86, o valor de R que faz com que a potência fornecida a este resistor seja máxima e calcule o valor desta potência.

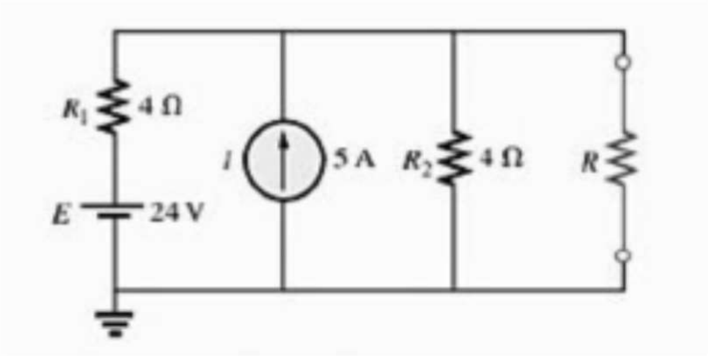


Exercício proposto



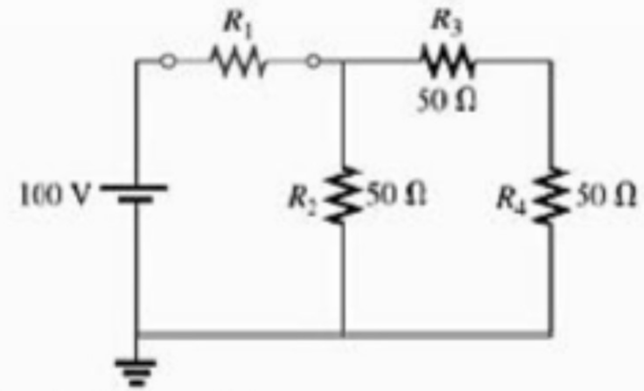
Determine o valor de R_L no circuito da Figura 9.89 para que a potência fornecida a essa resistência seja máxima e determine o valor desta potência.

Exercício proposto



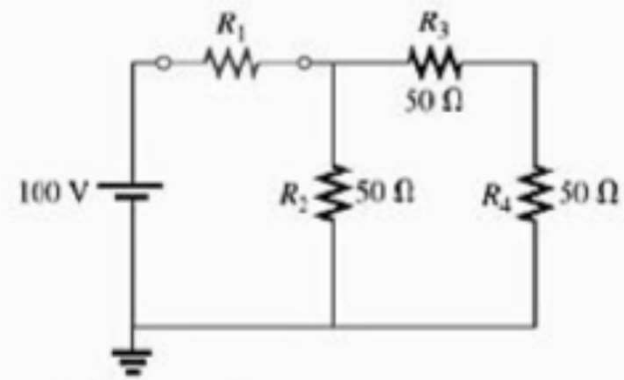
Exercício proposto

Determine o valor da resistência R_1 na Figura 9.137 para que a potência dissipada em R_4 seja máxima. Pense!

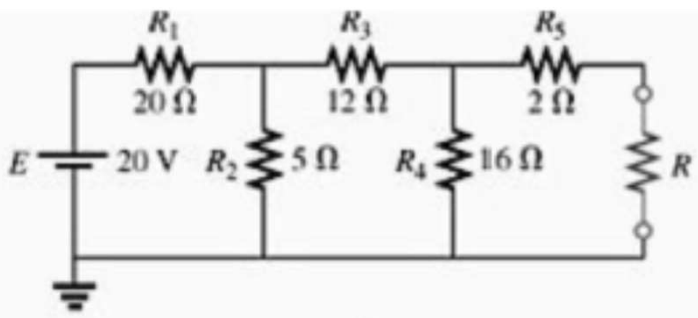


Exercício proposto

Determine o valor da resistência R_1 na Figura 9.137 para que a potência dissipada em R_4 seja máxima. Pense!

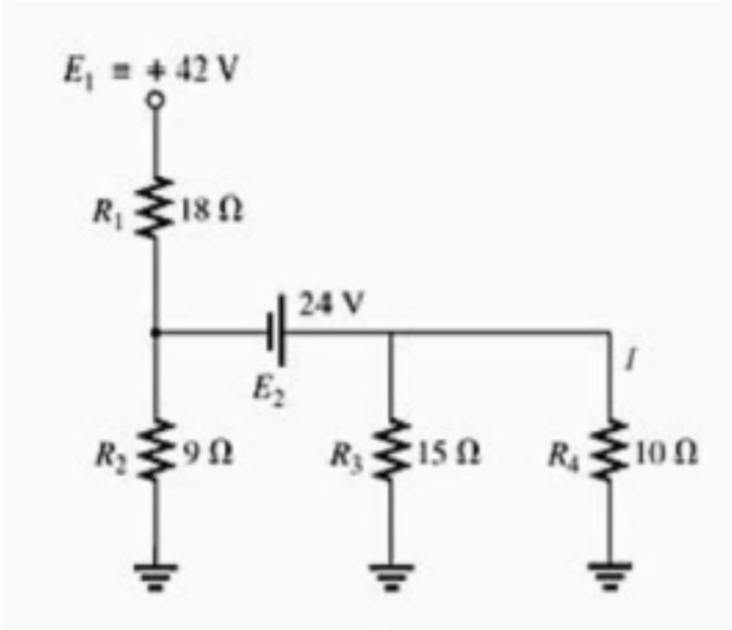


EPC : Determine o valor de R para que a potência transferida seja máxima



EPC

Usando o teorema da superposição, determine a corrente I no resistor de 10 Ω para cada um dos circuitos mostrados na Figura 9.124.



CIRCUITOS ELÉTRICOS I

3ª Termo

Engenharias:

Elétrica
Mecânica
Computação

PROF. DR. GIULIANO PIERRE ESTEVAM

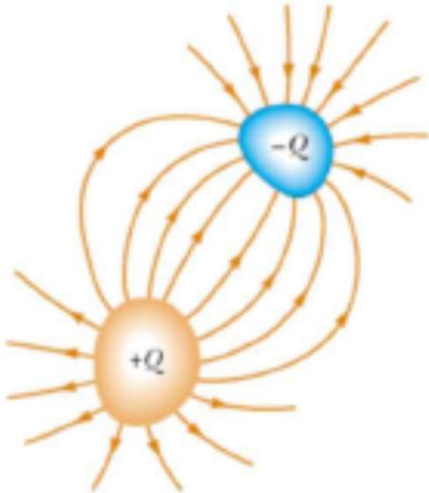
Aula 04

www.electroenge.com.br

ELECTROENGE

CAPACITÂNCIA

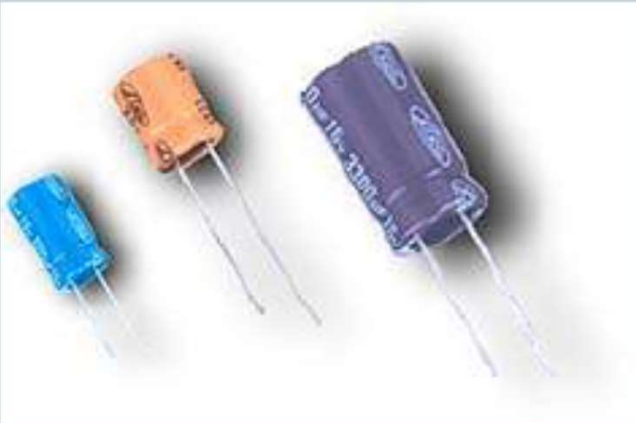
Dois condutores carregados com cargas *+Q* e *–Q* e isolados, de formatos arbitrários, formam o que chamamos de um *capacitor* .



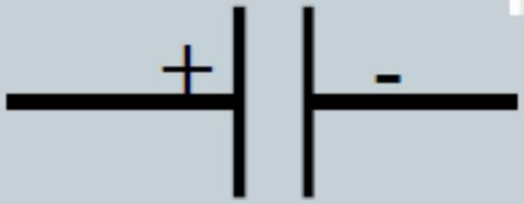
A sua utilidade é *armazenar energia potencial* no *campo elétrico* por ele formado .

CAPACITORES

ELEMENTO PASSIVO DO CIRCUITO ELÉTRICO QUE ARMAZENA ENERGIA NA FORMA DE CAMPO ELÉTRICO (ENERGIA POTENCIAL ELÉTRICA)

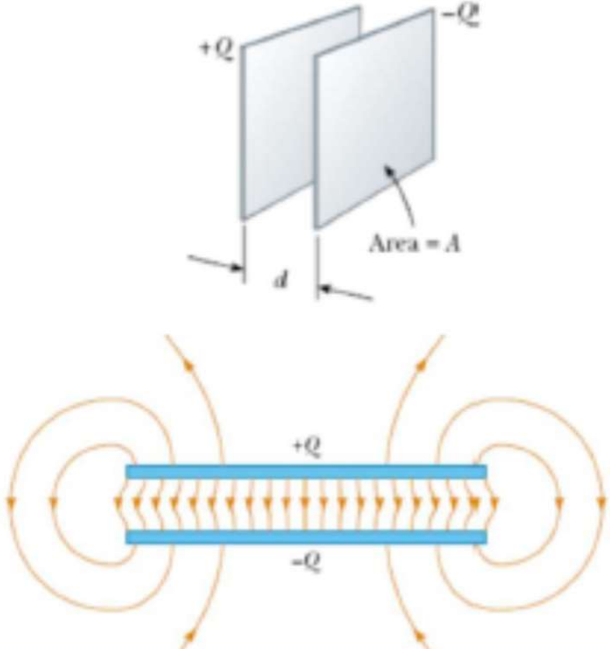


REPRESENTAÇÃO

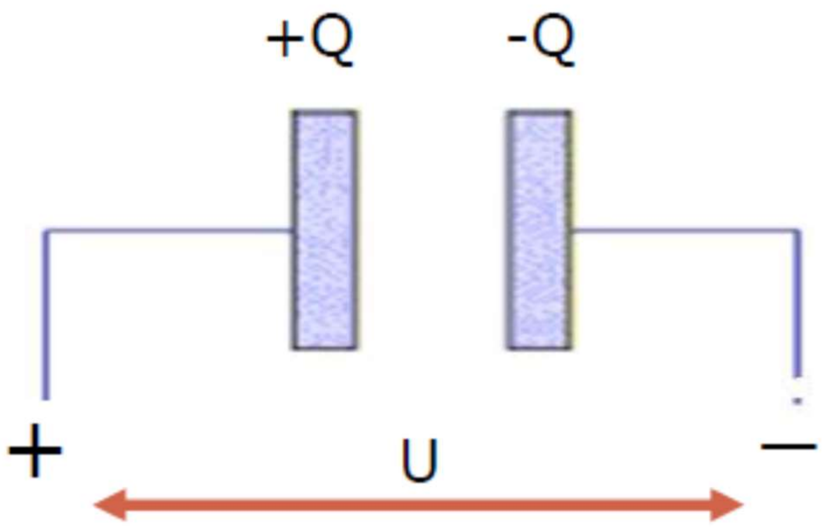


CAPACITORES

O capacitor mais convencional é o de *placas paralelas* . Em geral, dá-se o nome de *placas do capacitor* (*ou armaduras*) aos condutores que o compõem, independentemente das suas formas.



Outros capacitores



U	Q
U_1	Q_1
U_2	Q_2
U_3	Q_3
U_4	Q_4

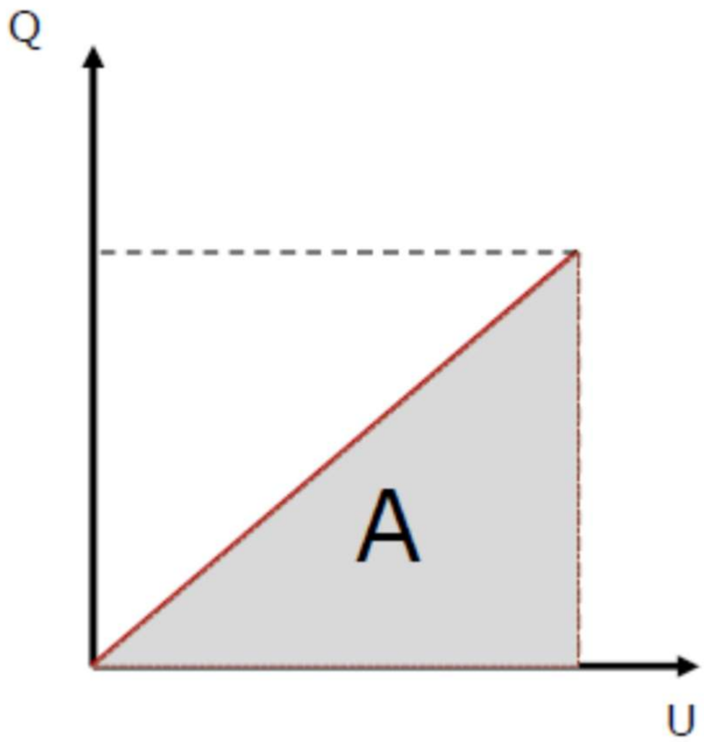
$$\frac{Q_1}{U_1} = \frac{Q_2}{U_2} = \frac{Q_3}{U_3}$$

CAPACITÂNCIA DO CAPACITOR: É a medida da capacidade de armazenamento de um capacitor.

PORTANTO

$$\frac{Q}{U} = C$$ ou $$\boxed{Q = C \cdot U}$$

$$\boxed{Q = C \cdot U}$$

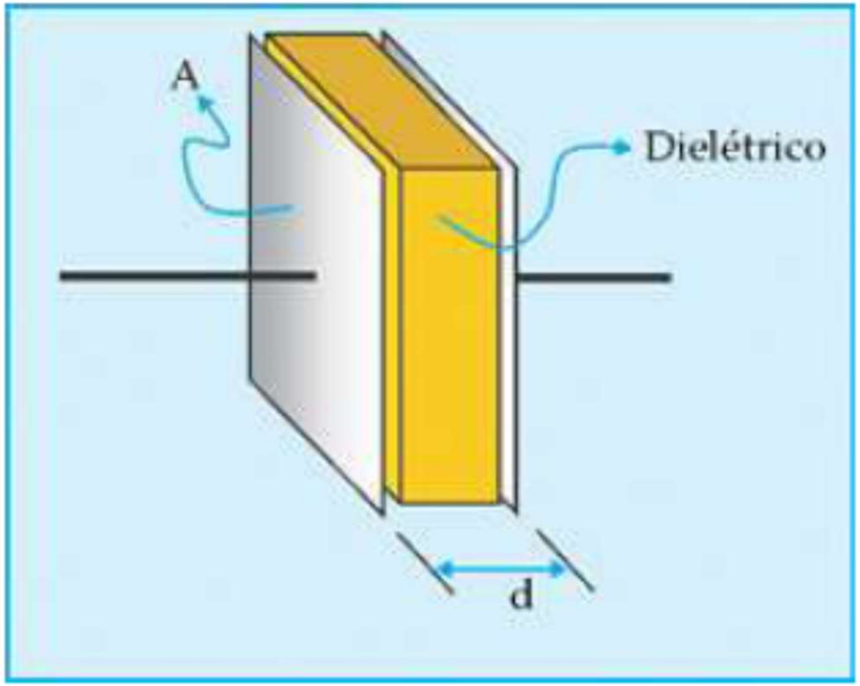


$$E_{POT} = A = \frac{Q.U}{2} (J)$$

$$E_{POT} = \frac{C.U.U}{2} = \frac{C.U^2}{2} (J)$$

$$E_{POT} = \frac{Q.Q}{2C} = \frac{Q^2}{2C} (J)$$

CAPACITOR PLANO DE PLACAS PARALELAS

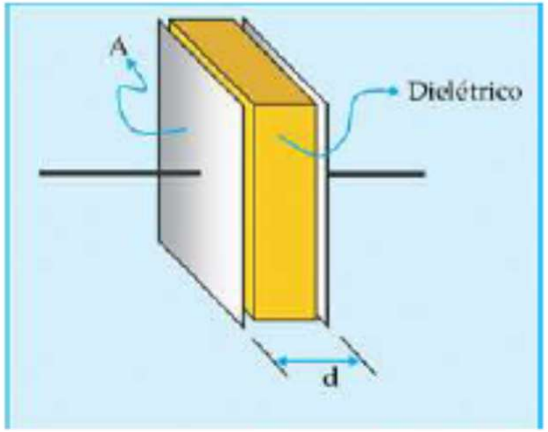


$$\boxed{C = \frac{\varepsilon_0 A}{d}}$$

A constante C depende apenas da *geometria* do capacitor.
No SI a capacitância é medida em *farads* (F).

1 farad = 1F = 1 coulomb/volt = 1C/V

1 μfarad = 10^{-6} F



Importante: $\varepsilon_0 = 8{,}85\,\mathrm{pF/m}$

PERMISSIVIDADE DIELÉTRICA DO VÁCUO

Dielétricos : São materiais isolantes

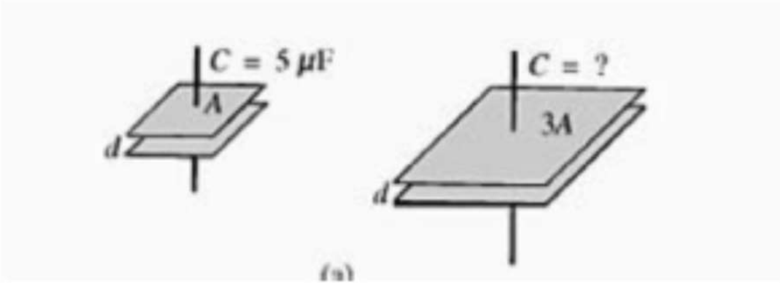
Dielétrico	ϵ_r (Valores Médios)
Vácuo	1,0
Ar	1,0006
Teflon	2,0
Papel parafinado	2,5
Borracha	3,0
Óleo de transformador (ascarel)	4,0
Mica	5,0
Porcelana	6,0
Baquelite	7,0
Vidro	7,5
Água deslilada	80,0
Titanato de bário e estrôncio (cerâmica)	7.500,0

Constante dielétrica

$$\boxed{\mathrm{k} = \frac{\varepsilon_{meio}}{\varepsilon_o}}$$

No vácuo, $\kappa = 1$

Exemplo



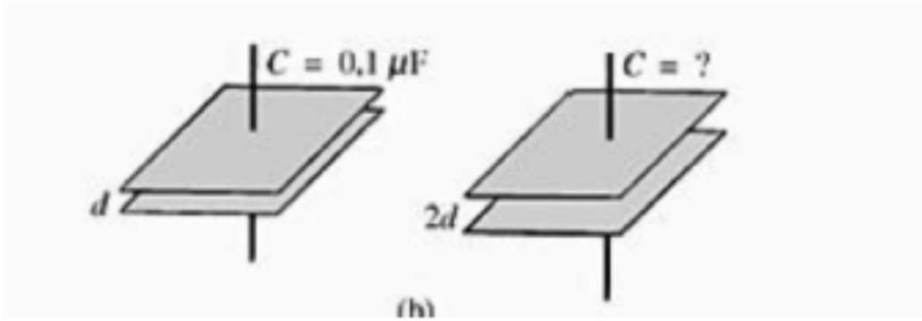
$$C1 = \varepsilon_{meio}\frac{A}{d} \qquad C2 = \varepsilon_{meio}\frac{3A}{d}$$

$$\frac{C1}{C2} = \frac{\varepsilon_{meio}\frac{A}{d}}{\varepsilon_{meio}\frac{3A}{d}} = \cancel{\varepsilon_{meio}}\frac{\cancel{A}}{\cancel{d}}\cdot\frac{\cancel{d}}{\cancel{\varepsilon_{meio}}\,3\cancel{A}} = \frac{1}{3}$$

$$\boxed{C2 = 3\,C1}$$

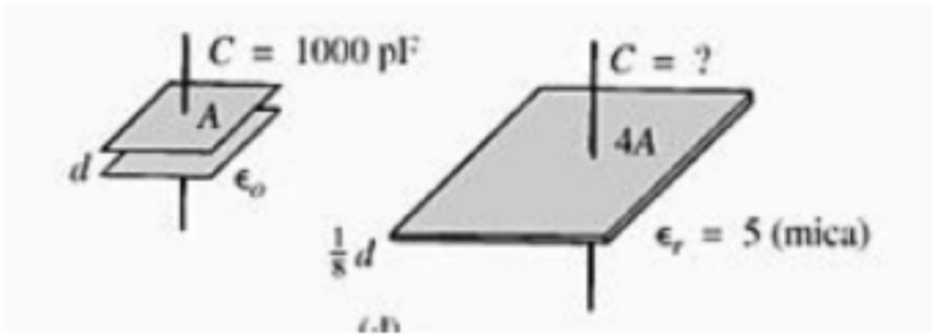
EXERCÍCIOS PROPOSTOS

a)



$$C = \frac{1}{2}(0,1\ \mu F) = \mathbf{0,05\ \mu F}$$

b)

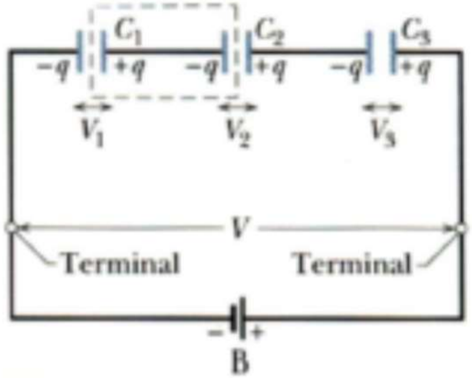


$$C = (5)\frac{4}{(1/8)}(1000\ pF) = (160)(1000\ pF) = \mathbf{0,16\ \mu F}$$

Associação de capacitores em série

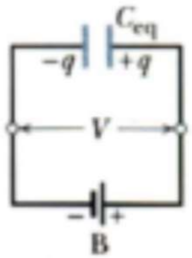
$$q = C_1 V_1, \quad q = C_2 V_2 \quad \text{e} \quad q = C_3 V_3$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = q\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}\right)$$



(a)

Como $V = \dfrac{q}{C_{eq}}$:



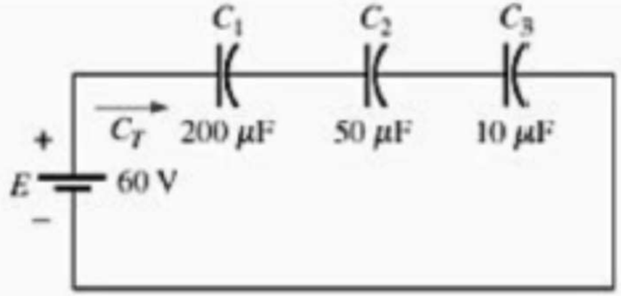
(b)

$$\boxed{\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}} \quad \text{ou} \quad \frac{1}{C_{eq}} = \sum_i \frac{1}{C_i}$$

EXEMPLO

Para o circuito da Figura 10.63:

a. Determine a capacitância total.



$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

$$= \frac{1}{200 \times 10^{-6}\,\mathrm{F}} + \frac{1}{50 \times 10^{-6}\,\mathrm{F}} + \frac{1}{10 \times 10^{-6}\,\mathrm{F}}$$

$$= 0{,}005 \times 10^6 + 0{,}02 \times 10^6 + 0{,}1 \times 10^6$$

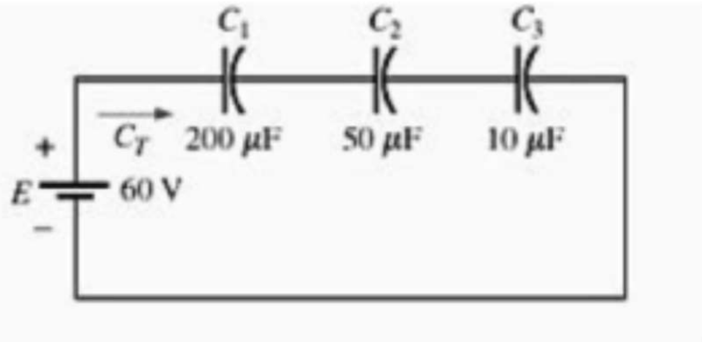
$$= 0{,}125 \times 10^6$$

$$C_T = \frac{1}{0{,}125 \times 10^6} = \mathbf{8\ \mu F}$$

EXEMPLO

Para o circuito da Figura 10.63:

b. Determine a carga em cada placa.



c. Calcule a tensão entre os terminais de cada capacitor.

Associação de capacitores em paralelo

$$q_1 = C_1 V,\ \ q_2 = C_2 V \ \text{ e } \ q_3 = C_3 V$$

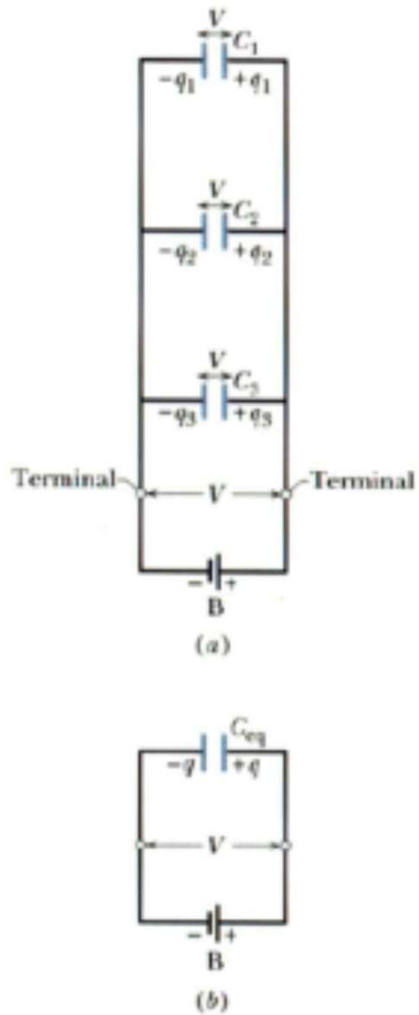
$$q = q_1 + q_2 + q_3 \Rightarrow q = (C_1 + C_2 + C_3)V$$

Como $\quad q = C_{eq} V$

$$\boxed{C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3}$$

ou

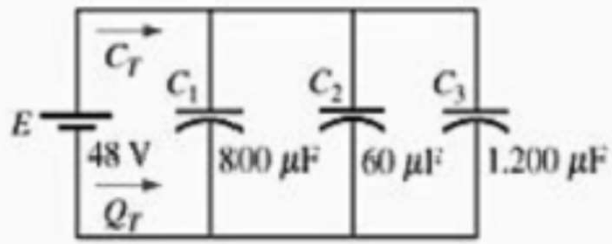
$$C_{eq} = \sum_i C_i$$



EXEMPLO

Para o circuito da Figura 10.64:

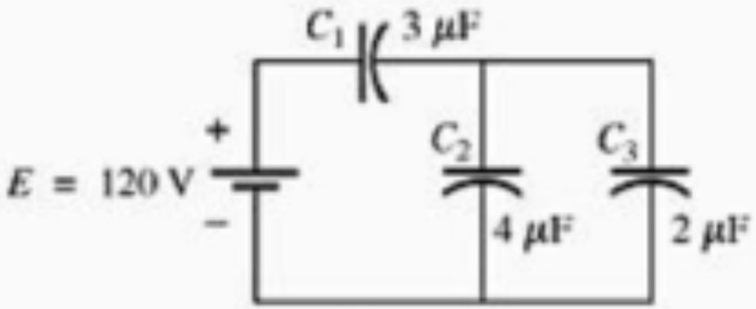
a. Determine a capacitância total.



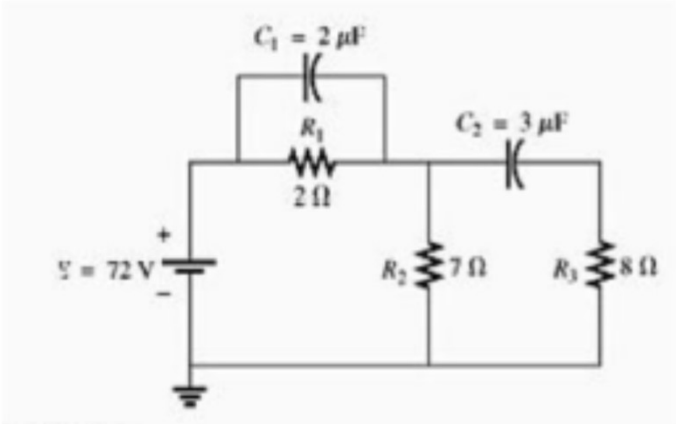
b. Determine a carga em cada placa.

c. Calcule a carga total.

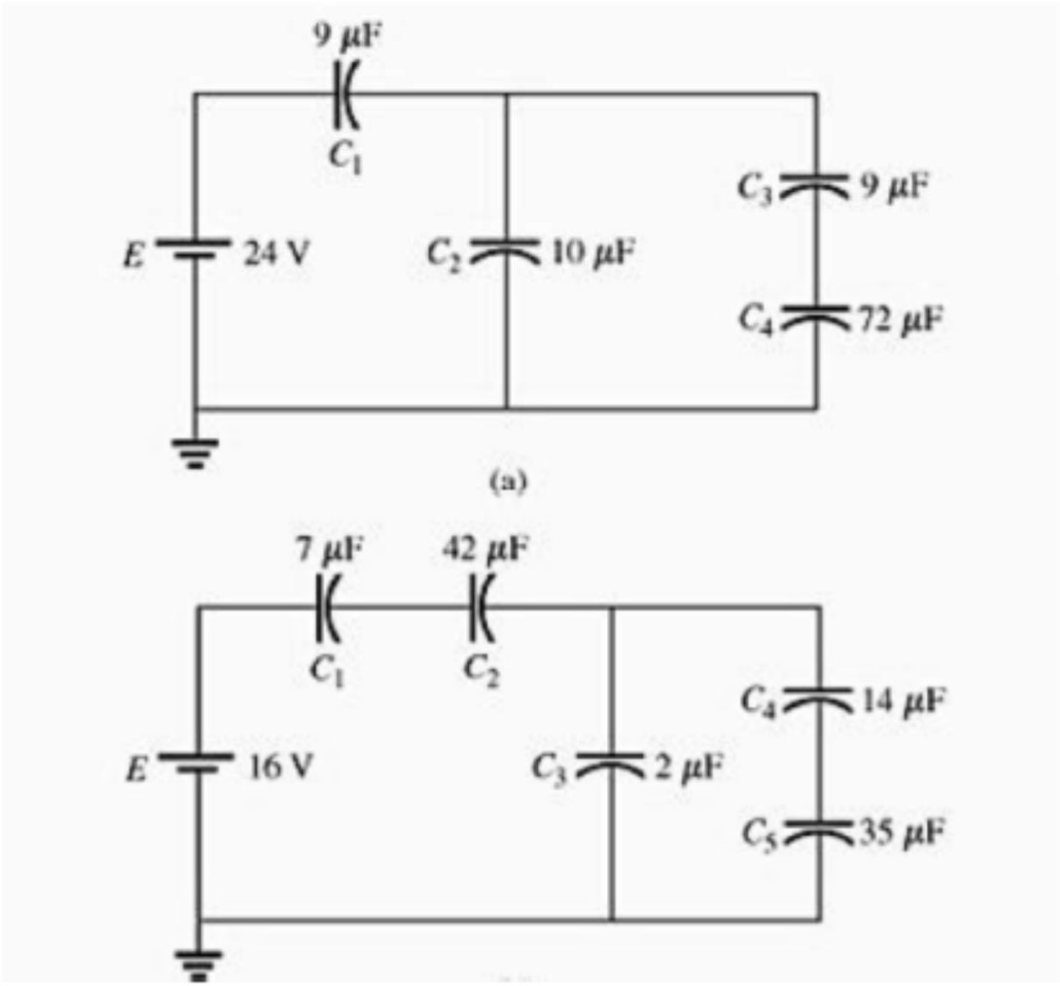
Determine a tensão entre os terminais e a carga de cada capacitor do circuito da Figura 10.65.



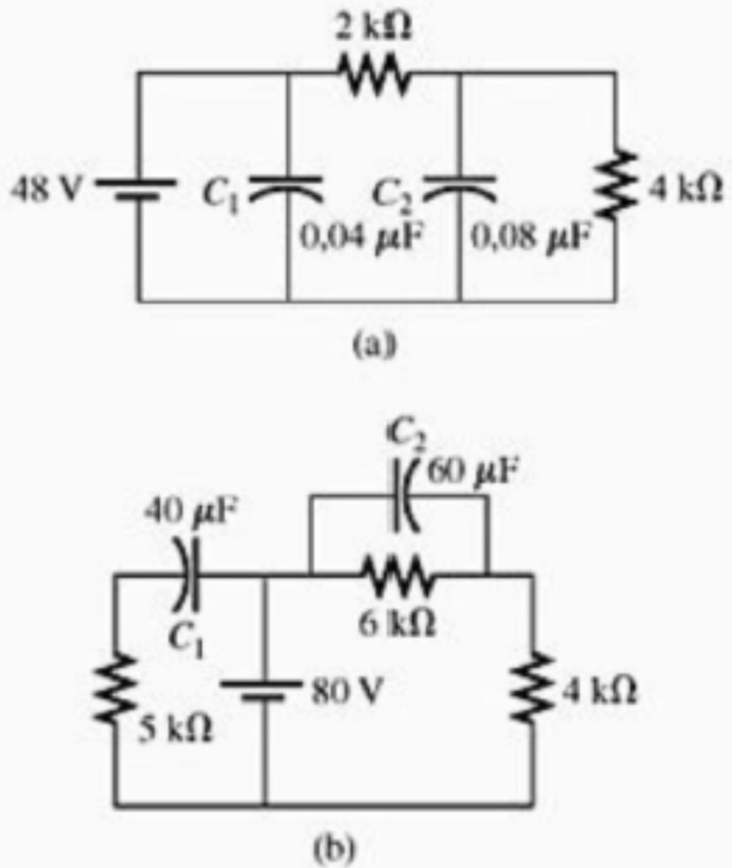
Determine as tensões entre os terminais e as cargas dos capacitores do circuito da Figura 10.69 após todos atingirem o valor final de carga.



Determine a capacitância equivalente dos circuitos a seguir



Para os circuitos mostrados na Figura 10.108, determine a tensão entre os terminais de cada capacitor e suas cargas, após atingirem seu valor final.

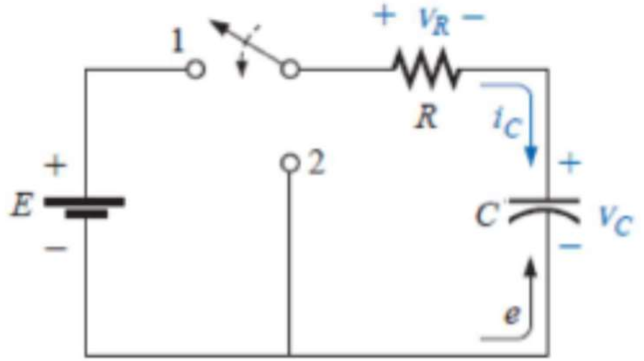


Transitórios em circuitos RC

Fase de carga

Considere o circuito a seguir, onde o capacitor se encontra totalmente descarregado.

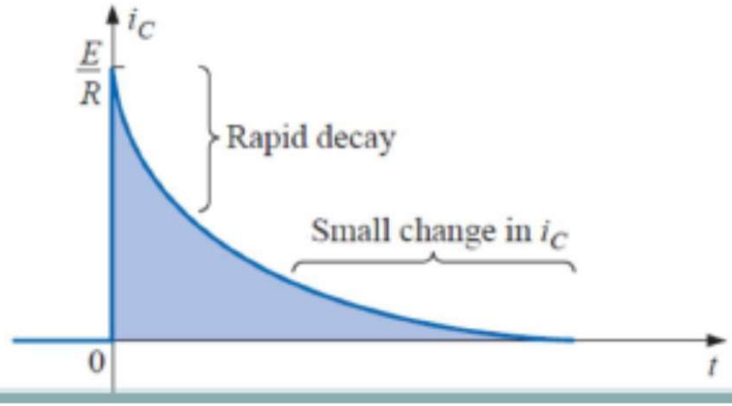
Em t=0s, a chave é colocada na posição 1

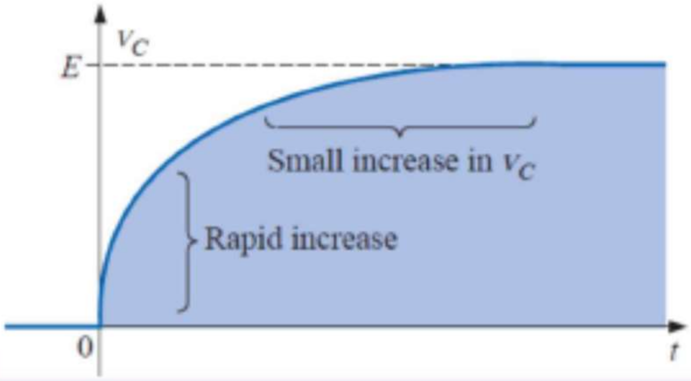


A equação para a carga do capacitor nesse circuito é dada por:

$$v_c = E\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right) \quad [V]$$

$$i_c = \frac{E}{R}e^{-\frac{t}{RC}} \quad [A]$$





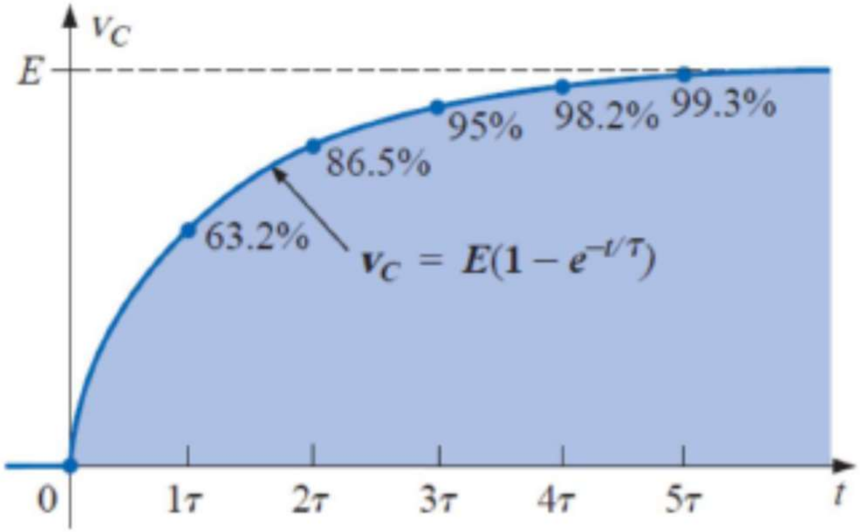
Constante de tempo (τ) fase de carga

$$RC = \left(\frac{V}{I}\right)\left(\frac{Q}{V}\right) = \left(\frac{\cancel{V}}{\cancel{Q}/t}\right)\left(\frac{\cancel{Q}}{\cancel{V}}\right) = t \longrightarrow \boxed{\tau = RC}$$

Tempo de carga do capacitor

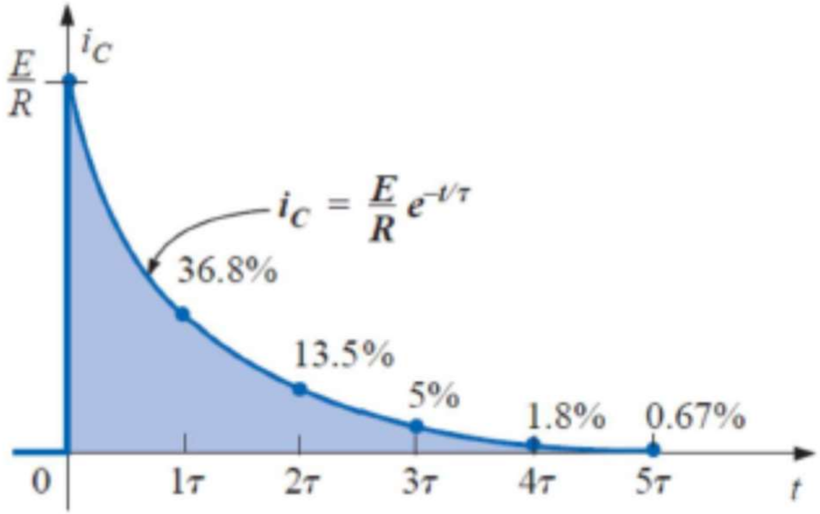
$$\boxed{v_C = E(1 - e^{-t/RC})}$$

t	Vc
0	$E.\left(1 - e^{\frac{0}{\tau}}\right) = 0$
1τ	$E.\left(1 - e^{\frac{-\tau}{\tau}}\right) = 0{,}63E$
2τ	$E.\left(1 - e^{\frac{-2\tau}{\tau}}\right) = 0{,}86E$
3τ	$E.\left(1 - e^{\frac{-3\tau}{\tau}}\right) = 0{,}95E$
4τ	$E.\left(1 - e^{\frac{-4\tau}{\tau}}\right) = 0{,}98E$
5τ	$E.\left(1 - e^{\frac{-5\tau}{\tau}}\right) = 0{,}99E$



t	Ic
0	$\frac{E}{R}\left(e^{\frac{0}{\tau}}\right) = \frac{E}{R}$
1τ	$\frac{E}{R}\left(e^{\frac{-\tau}{\tau}}\right) = 0{,}36\frac{E}{R}$
2τ	$\frac{E}{R}\left(e^{\frac{-2\tau}{\tau}}\right) = 0{,}13\frac{E}{R}$
3τ	$\frac{E}{R}\left(e^{\frac{-3\tau}{\tau}}\right) = 0{,}05\frac{E}{R}$
4τ	$\frac{E}{R}\left(e^{\frac{-4\tau}{\tau}}\right) = 0{,}018\frac{E}{R}$
5τ	$\frac{E}{R}\left(e^{\frac{-5\tau}{\tau}}\right) = 0{,}0067\frac{E}{R}$

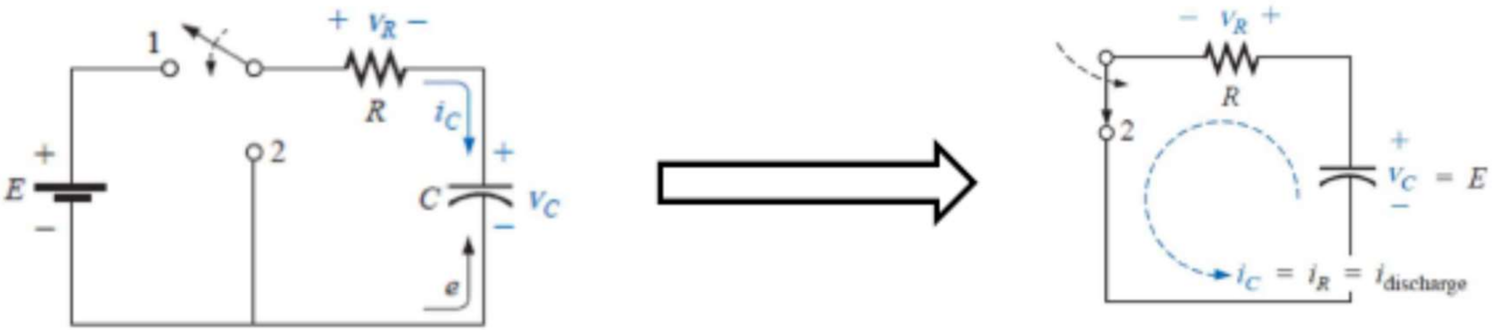
$$\boxed{i_C = \frac{E}{R}e^{-t/RC}}$$



Transitórios em circuitos RC

Fase de descarga

Para o circuito anterior, se após um tempo suficiente de carga, ou seja, onde o capacitor está totalmente carregado, colocamos a chave na posição 2. Assim ocorrerá sua descarga dada pela equação:

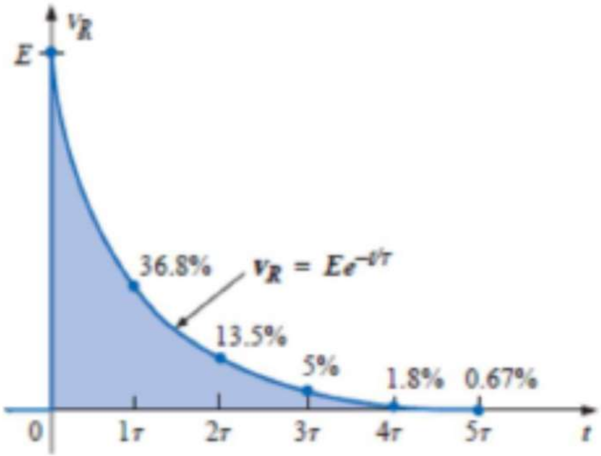


$$\boxed{v_C = Ee^{-t/RC}}$$

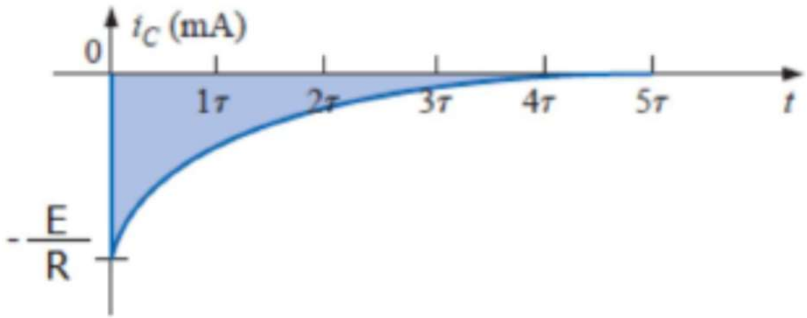
$$\boxed{i_C = \frac{E}{R}e^{-t/RC}}$$

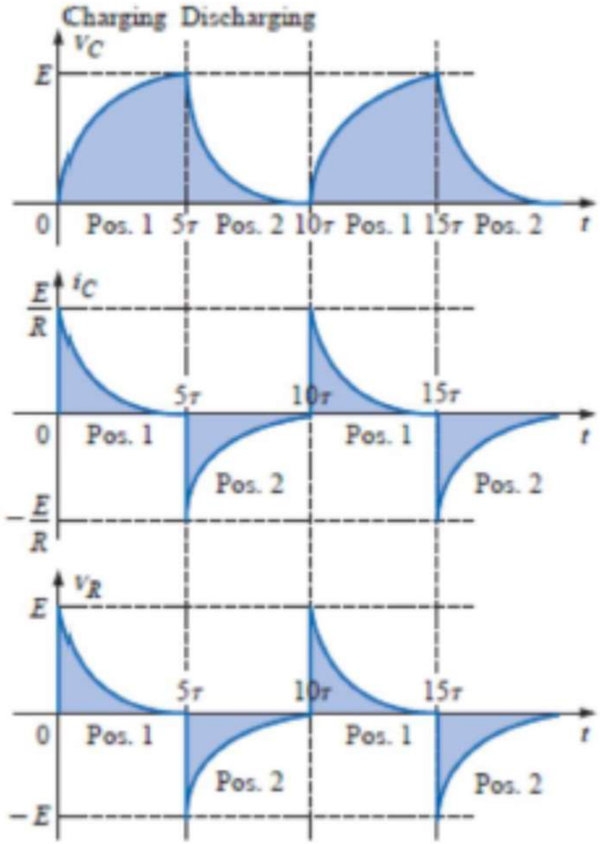
$$v_C = Ee^{-t/RC}$$

Gráficos de Carga e Descarga

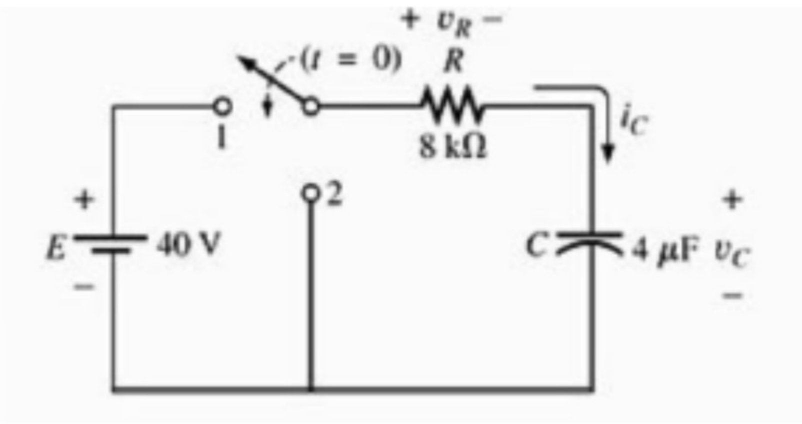


$$i_C = \frac{E}{R}e^{-t/RC}$$

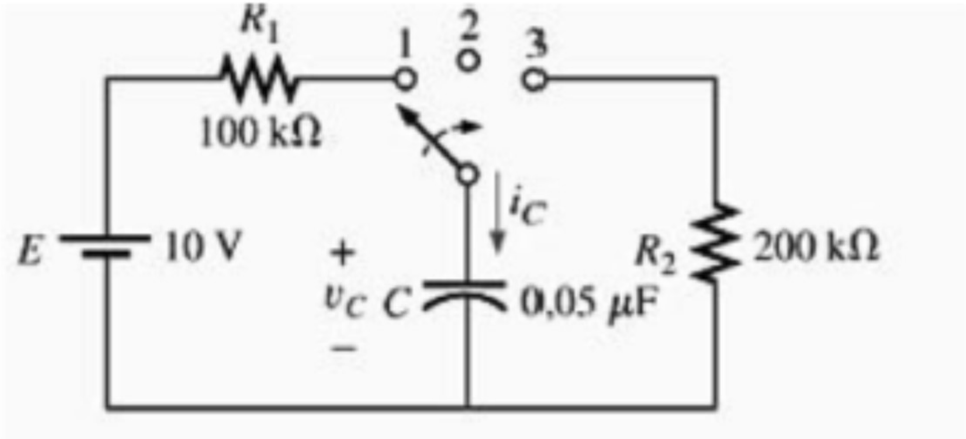




Determine as expressões matemáticas para o comportamento transitório de v_C, i_C e v_R para o circuito mostrado na Figura 10.35 quando a chave é colocada na posição 1. Plote as curvas de v_C, i_C e v_R.



a. Determine a expressão matemática para o comportamento transitório para a tensão entre os terminais do capacitor da Figura 10.42 se a chave for colocada na posição 1 em $t = 0$ s.
b. Repita o item (a) para i_C.
c. Determine as expressões matemáticas para v_C e i_C se a chave for colocada na posição 2 após 30 ms (considere que a resistência de fuga do capacitor seja infinita).
d. Determine as expressões matemáticas para a tensão v_C e a corrente i_C se a chave for colocada na posição 3 em $t = 48$ ms.



CIRCUITOS ELÉTRICOS I

3ª Termo

Engenharias:

Elétrica
Mecânica
Computação

PROF. DR. GIULIANO PIERRE ESTEVAM

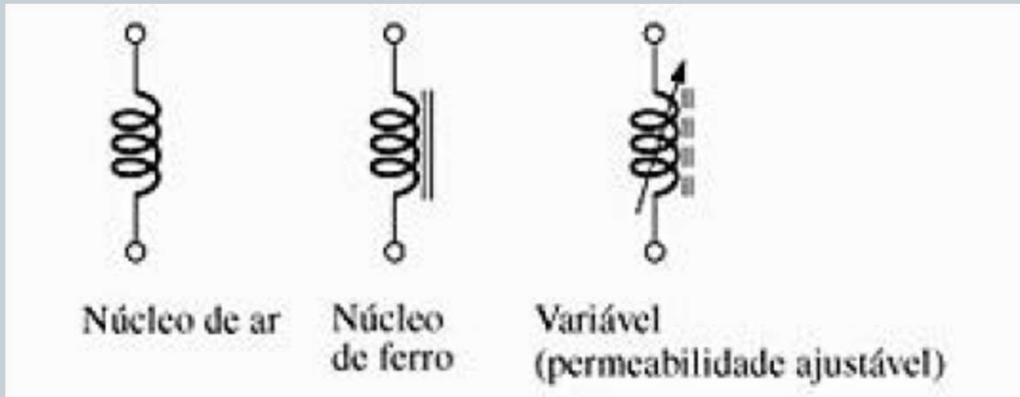
Aula 05

www.electroenge.com.br

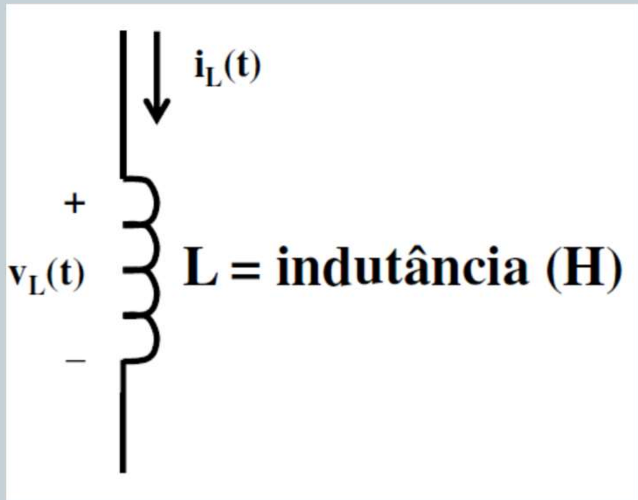
ELECTROENGE

INDUTORES

ELEMENTO PASSIVO DO CIRCUITO ELÉTRICO QUE ARMAZENA ENERGIA EM FORMA DE CAMPO MAGNÉTICO



TENSÃO NO INDUTOR



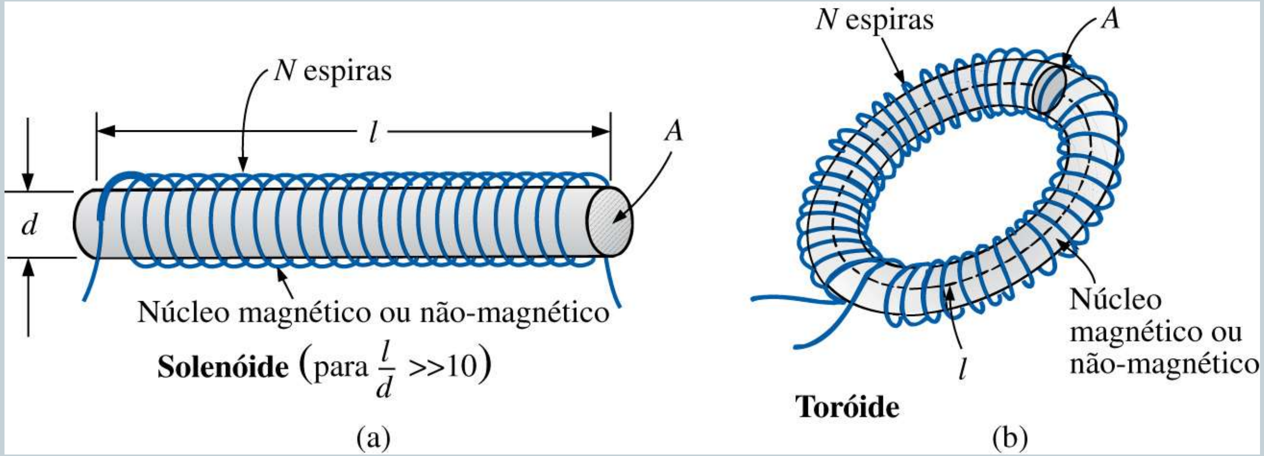
$$\boxed{v_L = L \cdot \frac{di_L}{dt}}$$

Equação do Indutor

<u>Onde</u>:

- $L = indutância\ (\ H\ )$
- $i_L\ = corrente\ no\ indutor\ (\ Ampères\ )$
- $v_L = tensão\ no\ indutor\ (\ volts\ )$

INDUTÂNCIA

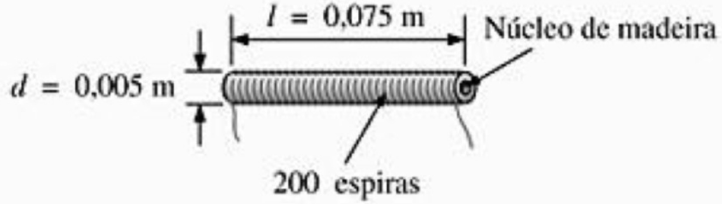


Indutância: $$L = \frac{N^2 \mu A}{l}$$ (em Henry, H)

sendo N é o número de espiras; μ, a permeabilidade do núcleo; A é a área da seção reta do núcleo em metros quadrados e l é o comprimento do núcleo em metros.

EXERCÍCIOS

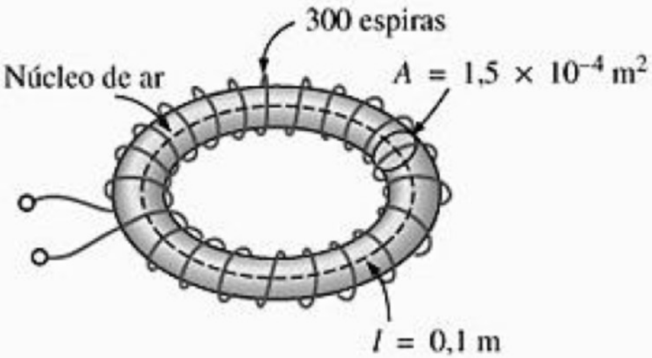
Determine a indutância L, em henries, do indutor visto na Figura 12.64.



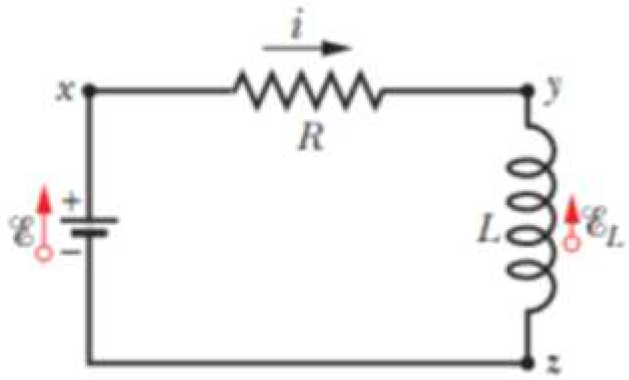
EXERCÍCIOS

a. Determine a indutância L, em henries, do indutor visto na Figura 12.65.

b. Repita o item (a) se o indutor tiver um núcleo ferromagnético com $\mu_r = 2.000$.



Energia armazenada no indutor



➢ Da lei das malhas temos:

$$\mathcal{E} - iR - L\frac{di}{dt} = 0$$

$$\mathcal{E}i = i^2R + Li\frac{di}{dt}$$

➢ Cada um dos termos representa uma potência (W = J/s). Para o indutor temos:

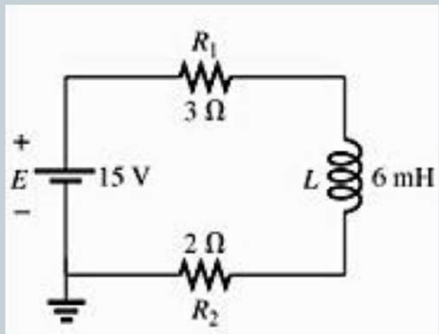
$$P = \frac{dU_B}{dt} = Li\frac{di}{dt} \qquad dU_B = Lidi$$

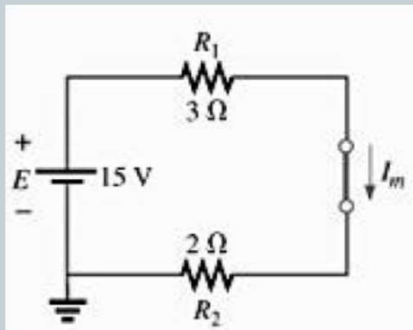
➢ A energia potencial magnética associada ao indutor é:

$$\boxed{U_B = \frac{Li^2}{2}}$$

EXERCÍCIOS

Calcule a energia armazenada pelo indutor no circuito da Figura 12.49 quando a corrente no circuito alcança o valor final.





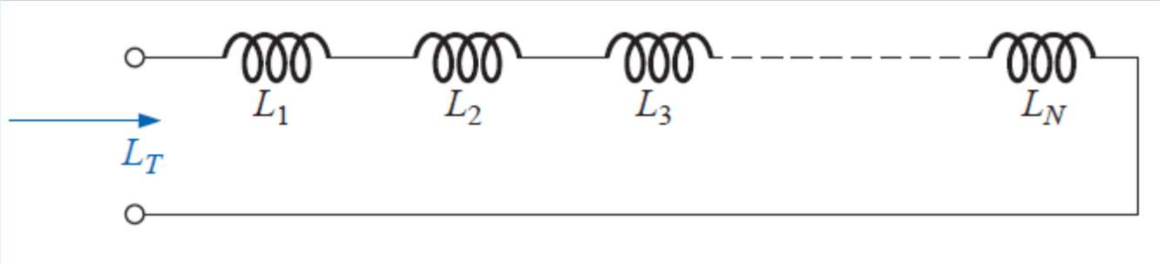
$$I_m = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{15\ \text{V}}{3\ \Omega + 2\ \Omega} = \frac{15\ \text{V}}{5\ \Omega} = 3\ \text{A}$$

$$W_{\text{armazenada}} = \frac{1}{2}LI_m^2 = \frac{1}{2}(6 \times 10^{-3}\ \text{H})(3\ \text{A})^2$$

$$= \frac{54}{2} \times 10^{-3}\ \text{J} = \mathbf{27\ mJ}$$

Associação de indutores

SÉRIE



$$v = v_1 + v_2 + \ldots + v_N \text{ , ou seja :}$$

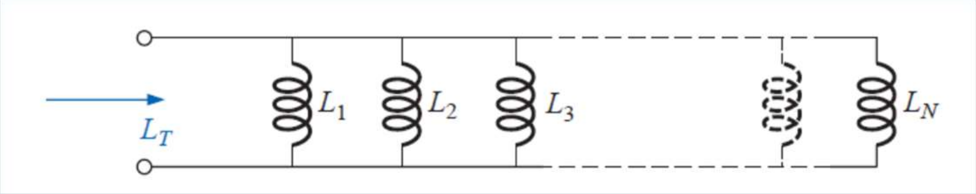
$$L_{EQ} \cdot \frac{di_L}{dt} = L_1 \cdot \frac{di_L}{dt} + L_2 \cdot \frac{di_L}{dt} + \ldots + L_N \cdot \frac{di_L}{dt}$$

$$Disto, teremos: L_{EQ} \cdot \frac{di_L}{dt} = (L_1 + L_2 + \ldots + L_N) \cdot \frac{di_L}{dt}$$

$$Disto: L_{EQ} = L_1 + L_2 + \ldots + L_N = \sum_{j=1}^{N} L_j$$

Associação de indutores

PARALELO



$i = i_1 + i_2 + \ldots + i_N$, *ou seja* :

$$\frac{di}{dt} = \frac{di_1}{dt} + \frac{di_2}{dt} + \ldots + \frac{di_N}{dt}$$

Como $v_j = v$, *para* $j = 1, 2, \ldots, N$

$$Teremos: \frac{v}{L_{EQ}} = \frac{v}{L_1} + \frac{v}{L_2} + \ldots \frac{v}{L_N} = \left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \ldots \frac{1}{L_N}\right) \cdot v$$

$$Disto: \frac{1}{L_{EQ}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \ldots \frac{1}{L_N} = \sum_{j=1}^{N} \frac{1}{L_j}$$

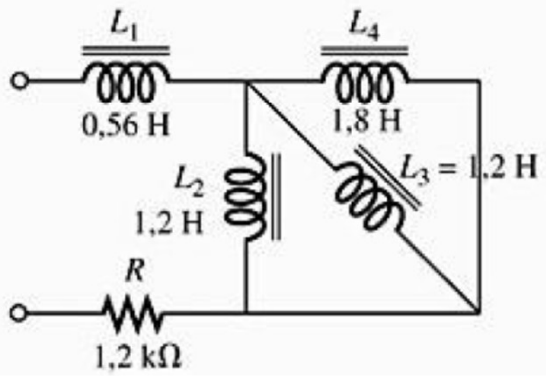
DOIS INDUTORES

$$L_T = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$$

N INDUTORES IGUAIS

$$L_T = \frac{L}{n}$$

Reduza o circuito da Figura 12.41 à forma mais simples.



Os indutores L_2 e L_3 possuem valores idênticos e estão em paralelo, resultando em uma indutância equivalente de:

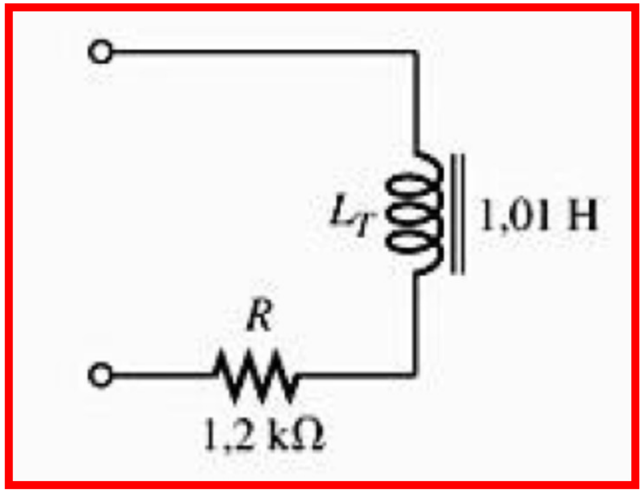
$$L'_T = \frac{L}{N} = \frac{1{,}2\ \text{H}}{2} = 0{,}6\ \text{H}$$

O indutor de 0,6 H resultante está em paralelo com o indutor de 1,8 H, assim:

$$L''_T = \frac{(L'_T)(L_4)}{L'_T + L_4} = \frac{(0{,}6\ \text{H})(1{,}8\ \text{H})}{0{,}6\ \text{H} + 1{,}8\ \text{H}}$$
$$= 0{,}45\ \text{H}$$

O indutor L_1 está em série com o indutor equivalente a L_2, L_3 e L_4 e, portanto:

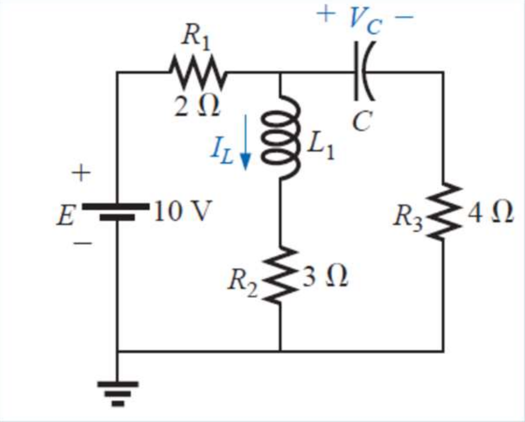
$$L_T = L_1 + L''_T = 0{,}56\ \text{H} + 0{,}45\ \text{H}$$
$$= 1{,}01\ \text{H}$$

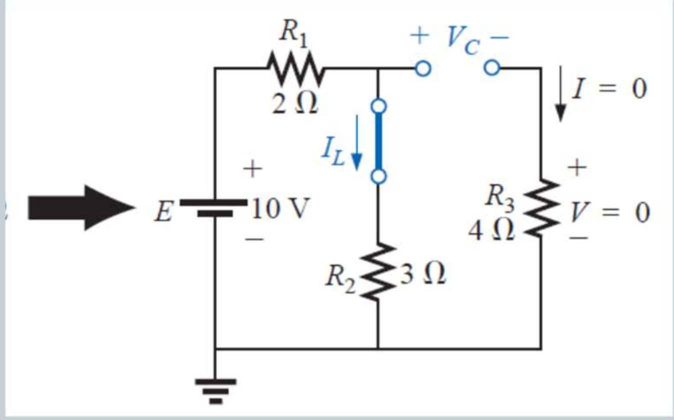


CIRCUITOS RL E RLC
EM REGIME CC

INDUTOR : CURTO CIRCUITO
CAPACITOR : CIRCUITO ABERTO

Determine a corrente I_L e a tensão V_C para o circuito da Figura 12.45.



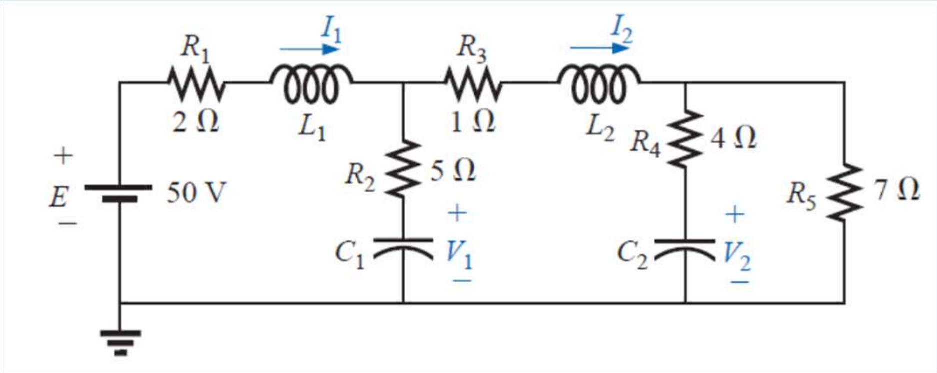


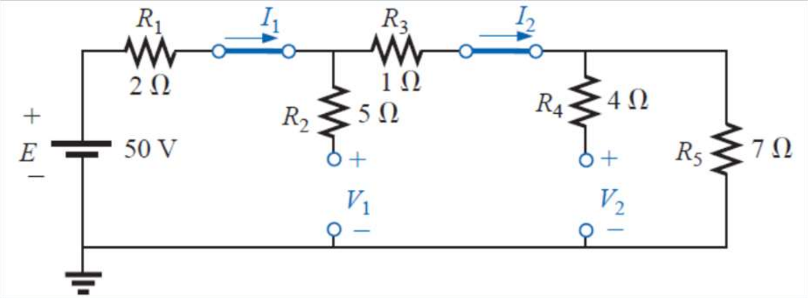
$$I_L = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{10\text{ V}}{5\ \Omega} = \mathbf{2\ A}$$

$$V_C = \frac{R_2 E}{R_2 + R_1} = \frac{(3\ \Omega)(10\text{ V})}{3\ \Omega + 2\ \Omega} = \mathbf{6\ V}$$

CIRCUITOS RL E RLC
EM REGIME CC

Determine as correntes I_1 e I_2 e as tensões V_1 e V_2 para o circuito da Figura 12.46.





$$I_1 = I_2$$

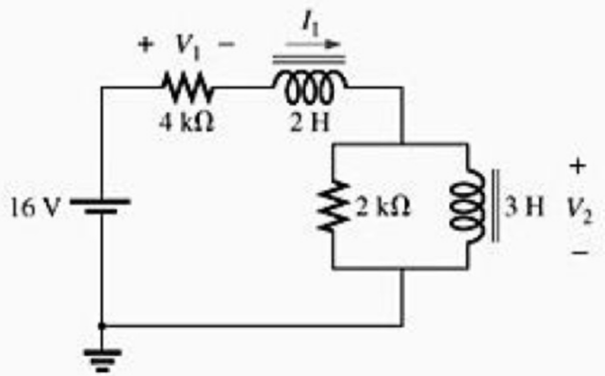
$$I_1 = \frac{E}{R_1 + R_3 + R_5} = \frac{50\text{ V}}{2\,\Omega + 1\,\Omega + 7\,\Omega} = \frac{50\text{ V}}{10\,\Omega} = \mathbf{5\text{ A}}$$

$$V_2 = I_2R_5 = (5\text{ A})(7\,\Omega) = \mathbf{35\text{ V}}$$

$$V_1 = \frac{(R_3 + R_5)E}{R_1 + R_3 + R_5} = \frac{(1\,\Omega + 7\,\Omega)(50\text{ V})}{2\,\Omega + 1\,\Omega + 7\,\Omega} = \frac{(8\,\Omega)(50\text{ V})}{10\,\Omega} = \mathbf{40\text{ V}}$$

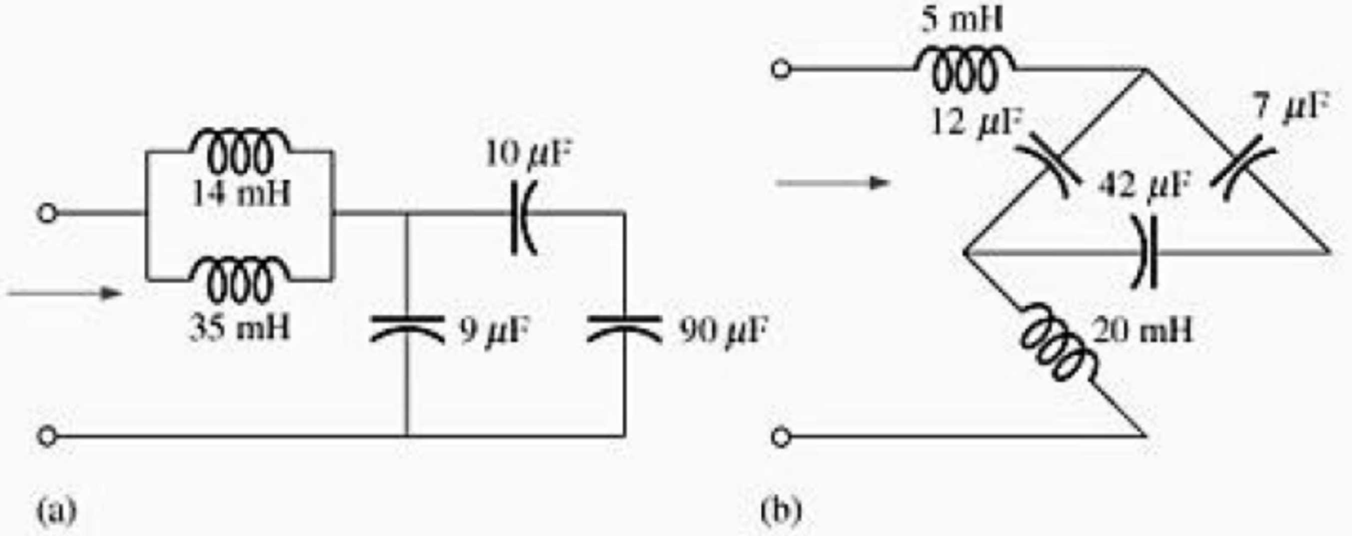
EXERCÍCIOS PROPOSTOS

Determine as tensões V_1 e V_2 e a corrente I_1 no circuito da Figura 12.89.



EXERCÍCIOS PROPOSTOS

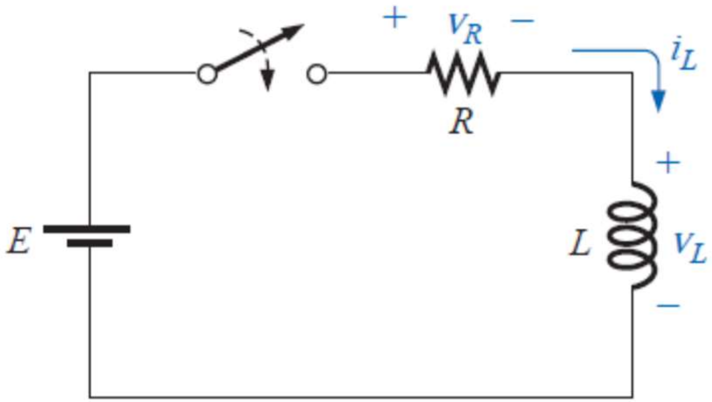
32. Reduza os circuitos da Figura 12.86 ao menor número possível de elementos.



Transitórios em circuitos RL

FASE DE CARGA

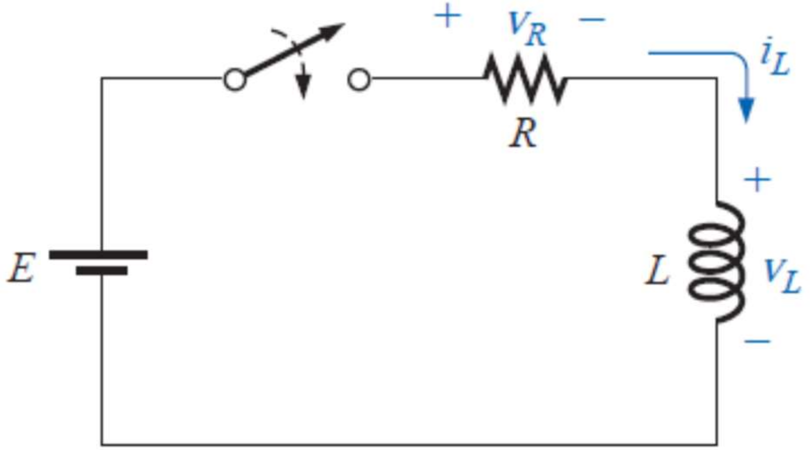
Você se lembra da discussão sobre capacitores?



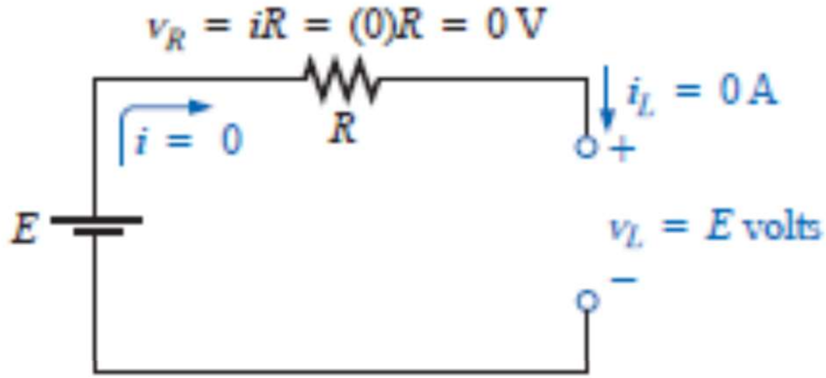
O capacitor se comporta como um curto circuito no momento em que se inicia sua carga e comporta-se como um circuito aberto quando está plenamente carregado.

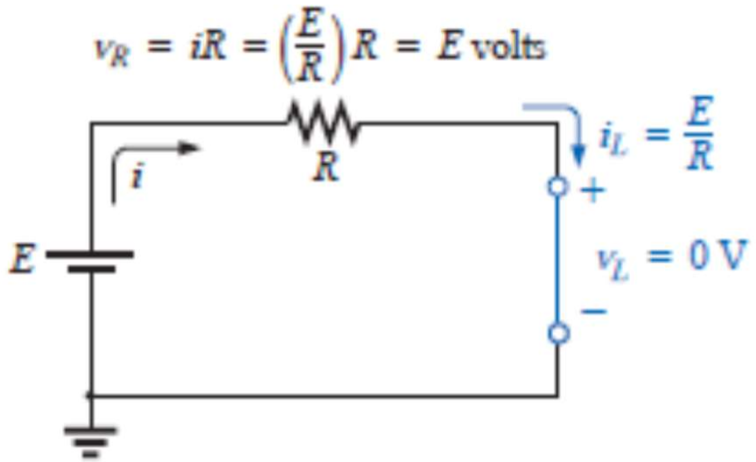
No indutor ocorre justamente o contrário

Transitórios em circuitos RL



t=0





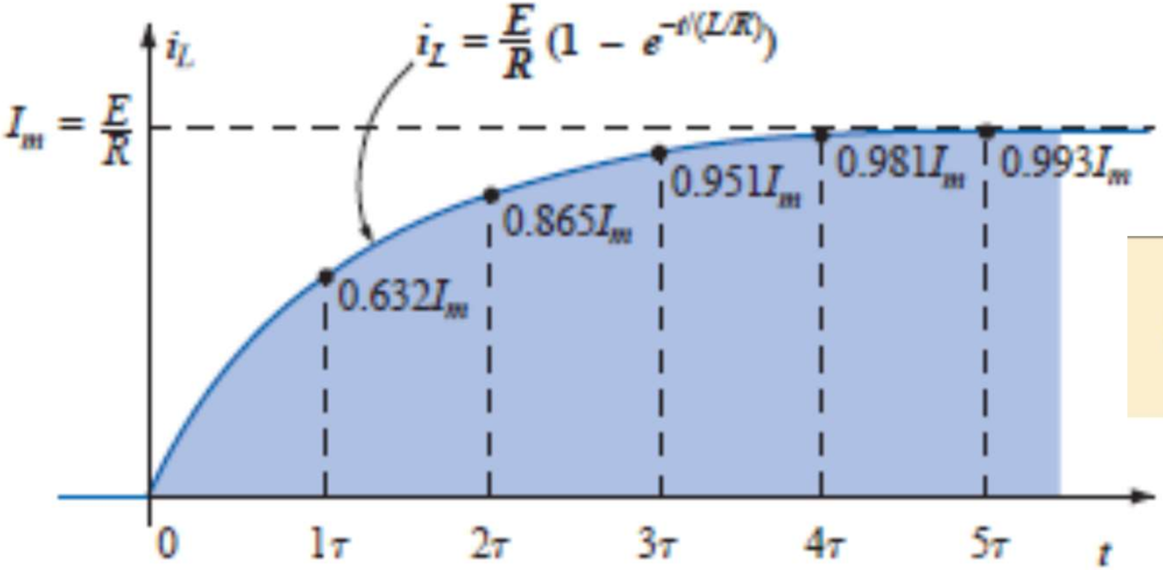
$$\boxed{i_L = I_m(1 - e^{-t/\tau}) = \frac{E}{R}(1 - e^{-t/(L/R)})}$$

Transitórios em circuitos RL

$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{\dfrac{v_L}{di/dt}}{R} = \frac{v_L}{\dfrac{di}{dt}R} \longrightarrow \frac{V}{\dfrac{IR}{t}} = \frac{V}{\dfrac{V}{t}} = t \qquad \text{(s)}$$

$$\boxed{\tau = \frac{L}{R}} \qquad \text{(seconds, s)}$$

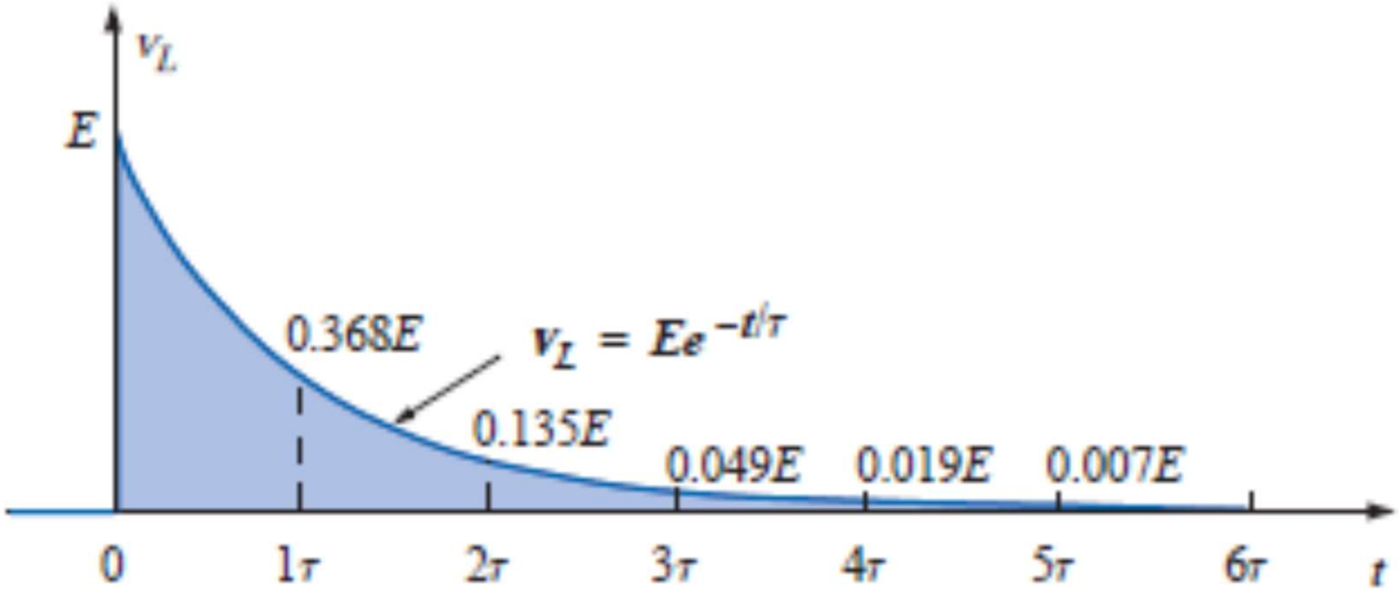
Constante de tempo



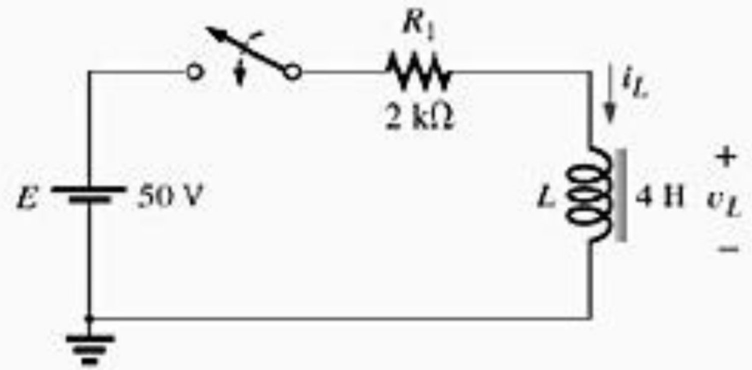
$$i_L = I_m(1 - e^{-t/\tau})$$

Transitórios em circuitos RL

$$v_L = Ee^{-t/\tau}$$



Determine as expressões matemáticas para o comportamento transitório de i_L e v_L para o circuito mostrado na Figura 12.21, após a chave ser fechada. Esboce as curvas resultantes.

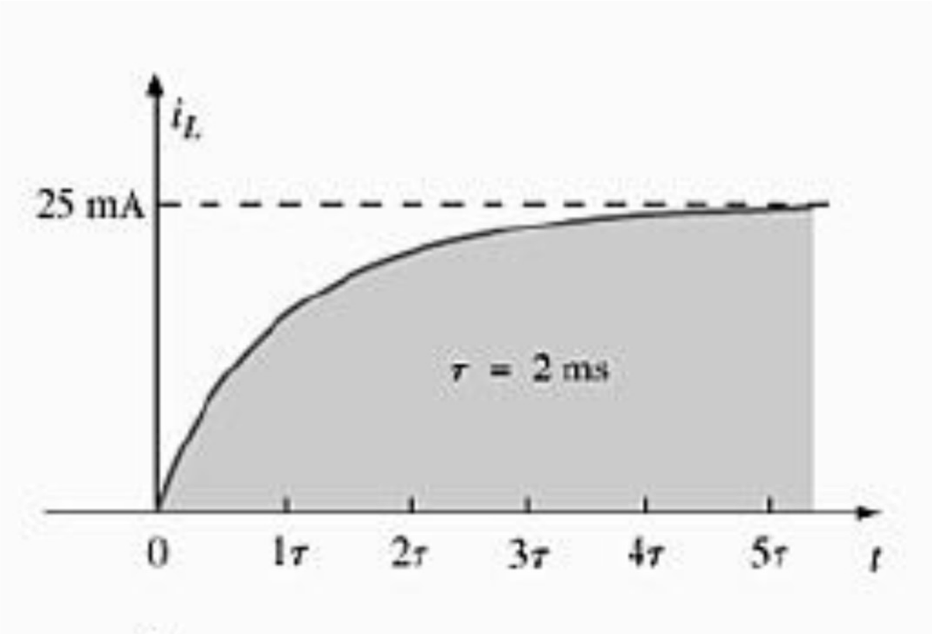


$$\tau = \frac{L}{R_1} = \frac{4\ \text{H}}{2\ \text{k}\Omega} = 2\ \text{ms}$$

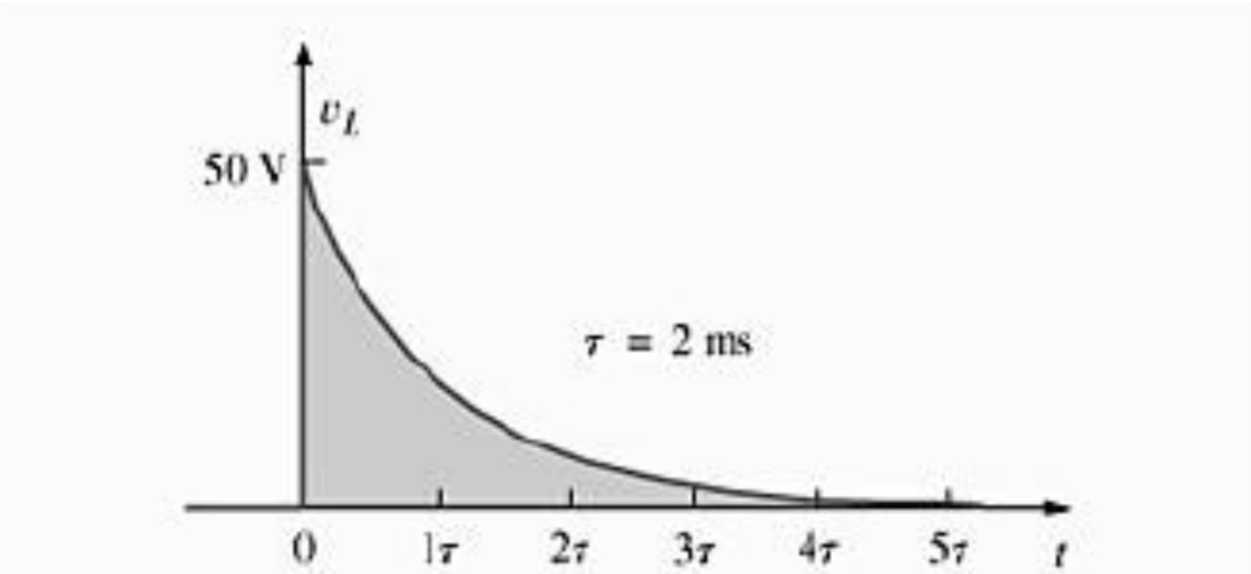
$$i_L = (25 \times 10^{-3})(1 - e^{-t/(2\times10^{-3})})$$

$$I_m = \frac{E}{R_1} = \frac{50}{2\ \text{k}\Omega} = 25 \times 10^{-3}\ \text{A} = 25\ \text{mA}$$

$$v_L = 50e^{-t/(2\times10^{-3})}$$



i_L
25 mA
$\tau = 2$ ms
0
1τ
2τ
3τ
4τ
5τ
t



v_L
50 V
$\tau = 2$ ms
0
1τ
2τ
3τ
4τ
5τ
t