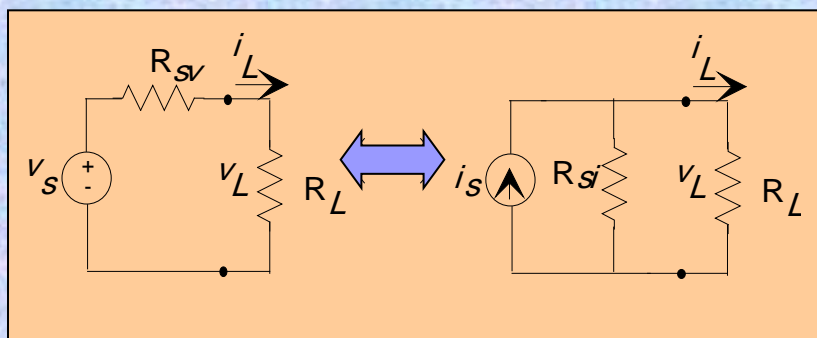


# TRANSFORMAÇÃO DE FONTES

## OBJECTIVO:

Transformação de uma **fonte de tensão em série com uma resistência** numa **fonte de corrente em paralelo com essa mesma resistência ou vice-versa.**

## EXEMPLO

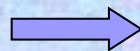
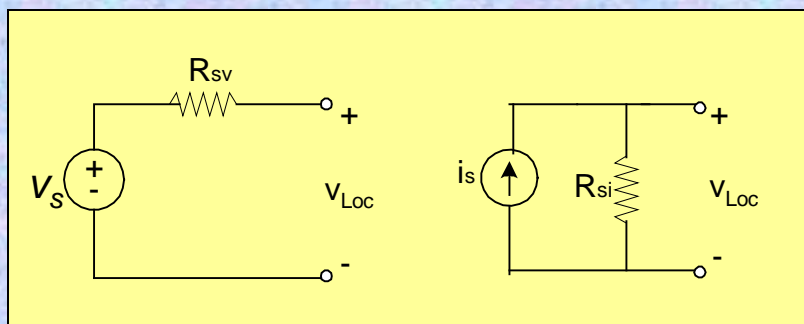


Estas fontes são equivalentes se produzirem idênticos valores de tensão e de corrente quando alimentam cargas iguais quaisquer que sejam os seus valores.

Demonstração: É evidente que as resistências de valor  $R_L = 0$  e  $R_L = \infty$ , são duas cargas possíveis.

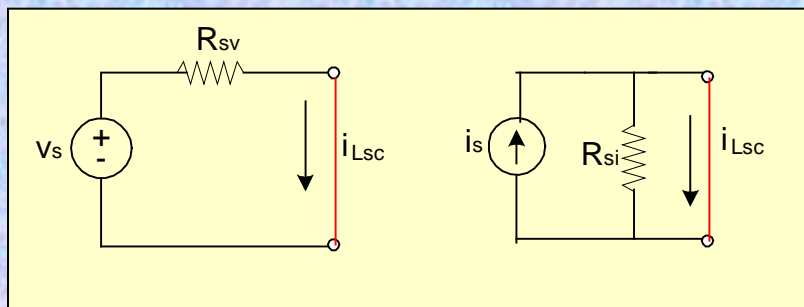
# TRANSFORMAÇÃO DE FONTES

Considerando  $R_L = \infty$ , as duas fontes têm de proporcionar a mesma tensão em circuito aberto.

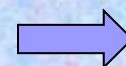


$$V_{Loc} = V_s = R_{si} i_s$$

Se  $R_L = 0$  (terminais das fontes em curto-circuito), as correntes de curto-circuito têm de ser iguais.



$$i_{Lsc} = \frac{V_s}{R_{sv}} = i_s$$



$$V_s = R_{sv} i_s$$

Condição de equivalência



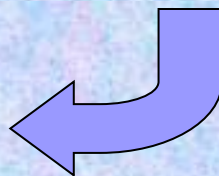
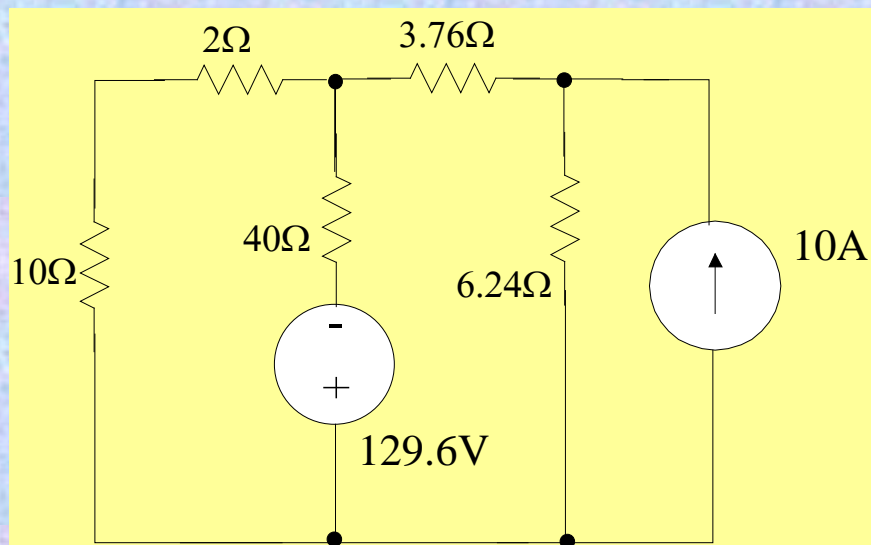
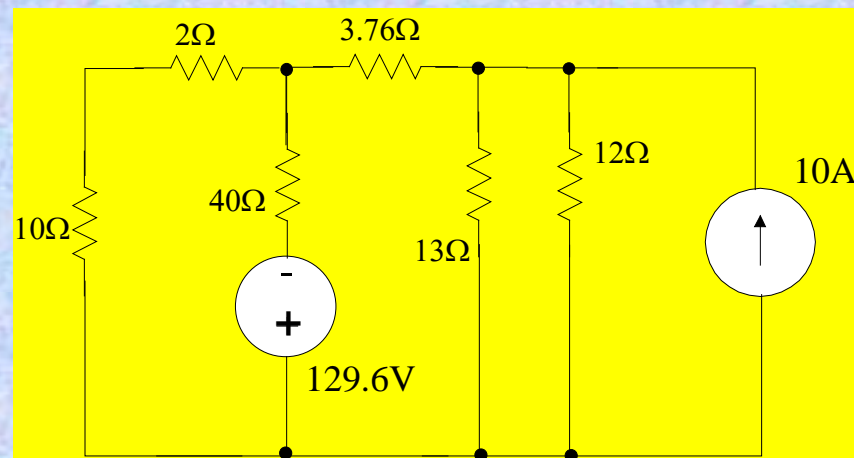
$$R_{si} = R_{sv} = R_s$$

e

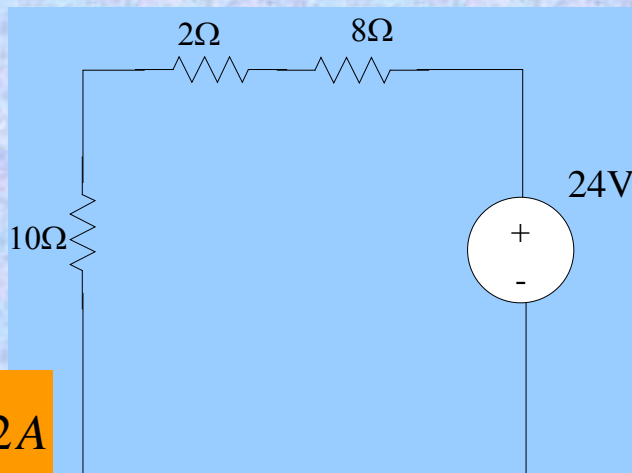
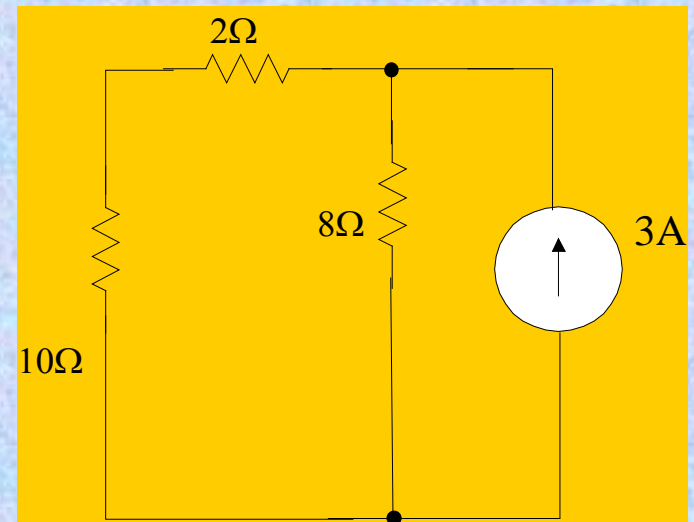
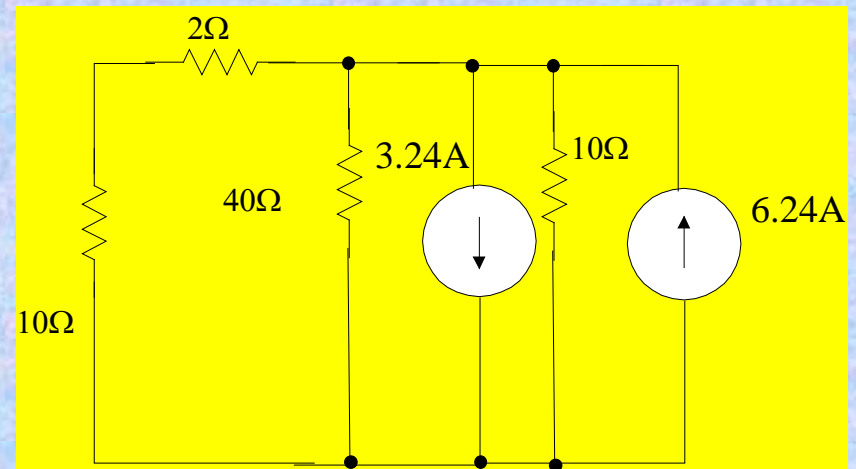
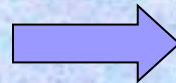
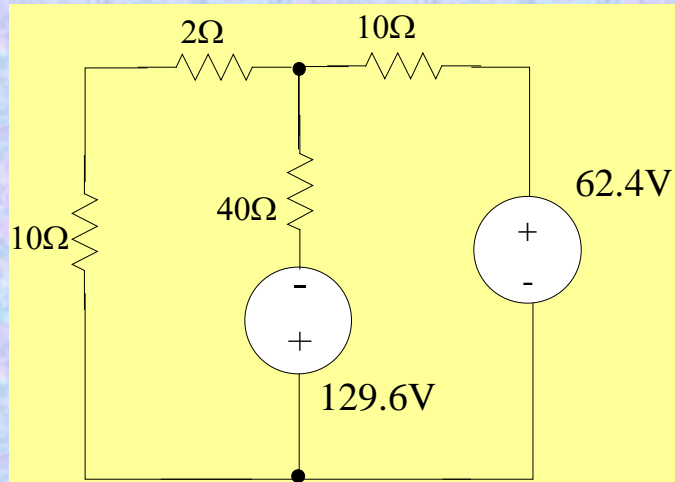
$$V_s = R_s i_s$$

# EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Considere o esquema representado na figura: Determine utilizando a técnica da transformação de fontes a corrente que percorre a resistência de  $10\Omega$ .



# EXEMPLO DE APLICAÇÃO

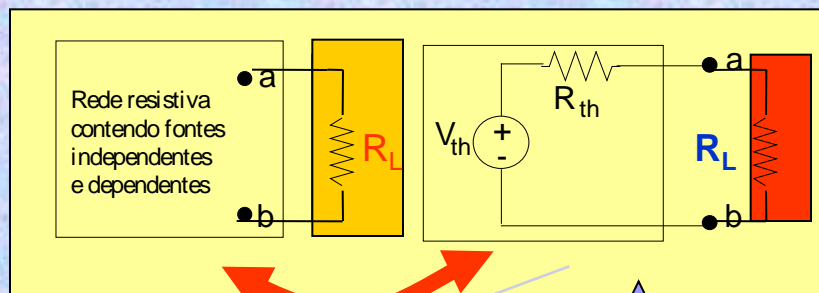


$$I = \frac{24}{20} = 1.2A$$

# EQUIVALENTES DE THÉVENIN E NORTON

- Equivalentes de grande utilidade quando se pretende fazer apenas análises parciais de circuitos.

## EQUIVALENTE DE THÉVENIN



Admita-se que se pretende apenas obter informação sobre, p.ex., a corrente e a tensão aos terminais de  $R_L$ .



O teorema de Thévenin diz-nos que é possível **substituir todos elementos** de circuito, **excepto a carga**, por um circuito equivalente constituído por uma **fonte de tensão independente** e uma **resistência em série**.

$V_{th} ?$   
 $R_{th} ?$



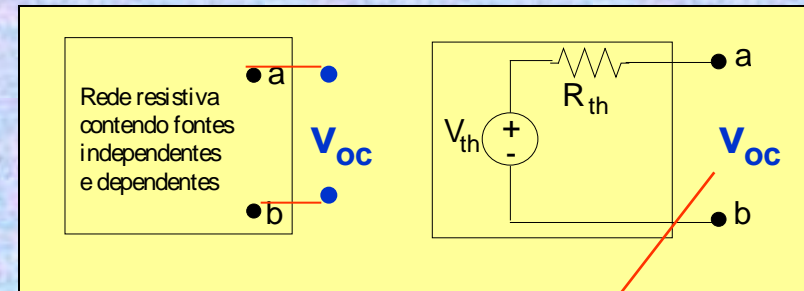
# EQUIVALENTES DE THÉVENIN E NORTON

## • CÁLCULO DE $V_{th}$



- Se a resistência de carga ( $R_L$ ) é infinita, estamos numa situação de c.a.

$V_{th}$  terá de ser igual à **tensão aos terminais (a,b)** do **circuito original** (em c.a.) para que estes sejam equivalentes



Tensão aos terminais (a,b) é  $V_{th}$ .

$$V_{th} = V_{oc}$$

## • CÁLCULO DE $R_{th}$

**Circuito eléctrico possuindo apenas fontes independentes**

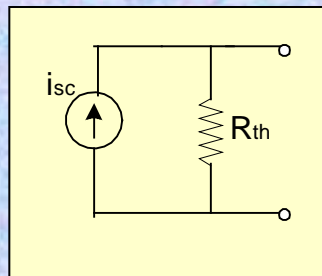


Desactivação das fontes independentes

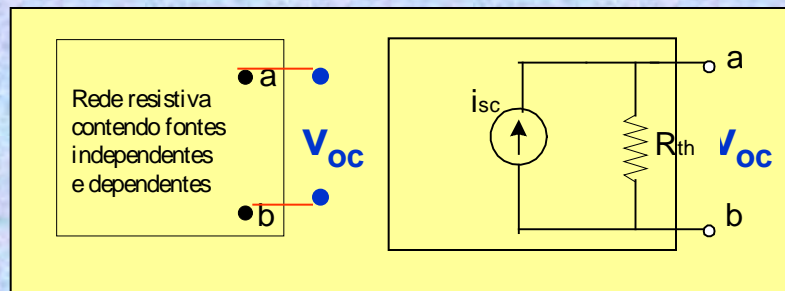
$R_{th}$  = Resistência equivalente entre os pontos **(a b)** da malha resistiva resultante

# EQUIVALENTES DE THÉVENIN E NORTON

## EQUIVALENTE DE NORTON



Por definição, o circuito equivalente de Norton é o circuito equivalente de dado circuito original, em que é possível substituir todos elementos do circuito, excepto a carga, por um outro constituído por uma fonte de corrente independente e uma resistência em paralelo.

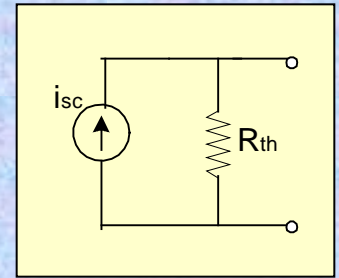


# EQUIVALENTE DE NORTON

## EQUIVALENTE DE NORTON

### • CÁLCULO DE $I_n$

- Se a resistência de carga ( $R_L$ ) é nula, estamos numa situação de c.c.



A corrente de curto circuito entre os terminais (a,b) é  $I_n$ .

### • CÁLCULO DE $R_n$

Circuito eléctrico possuindo apenas fontes independentes



Desactivação das fontes independentes

$R_n$  = Resistência equivalente entre os pontos ab da malha resistiva resultante



# EQUIVALENTES DE THÉVENIN E NORTON

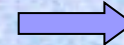
Técnicas alternativas para o cálculo de  $R_{th}$  ou  $R_n$

Utilização simultânea do teorema de Thevenin e de Norton.

Determinação de  $V_{TH}$  pelo teorema de Thévenin

Determinação de  $I_N$  pelo teorema de Norton

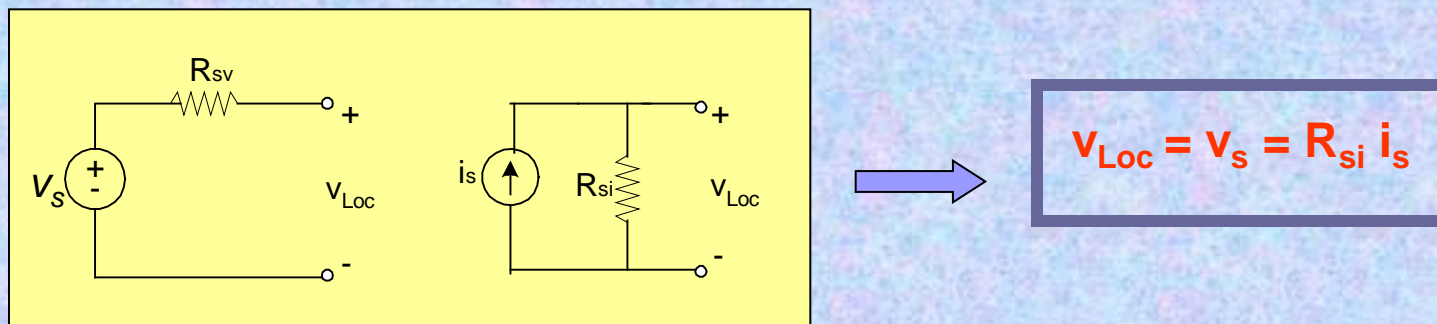
A resistência de Thévenin é dada pela relação entre a tensão de Thévenin e a corrente de Norton



$$R_{th} = \frac{V_{TH}}{i_N}$$

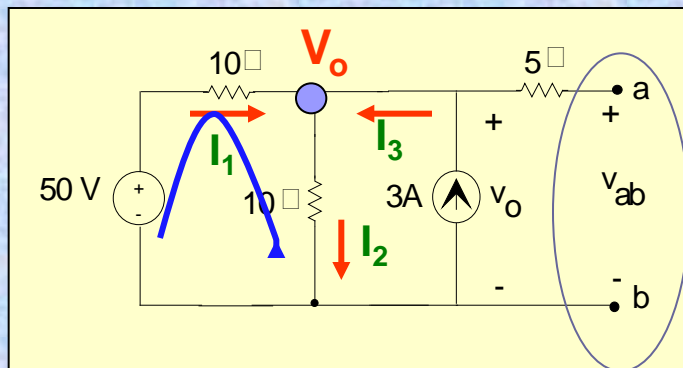
# EQUIVALENTES DE THÉVENIN E NORTON

Existe contudo um processo alternativo ao cálculo de ambos os circuitos equivalentes, já que um pode ser obtido a partir do outro através de uma transformação de fontes.

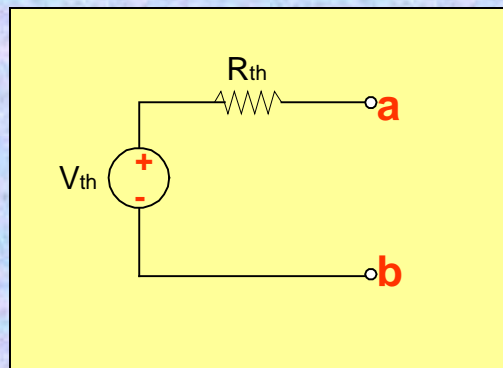


# EQUIVALENTES DE THÉVENIN E NORTON

## EXEMPLO



OBJECTIVO – Eq. de Thévenin



Cálculo de  $V_{th}$

Cálculo de  $V_{ab}$  em c.a.

Leis de Kirchhoff

Nº ramos corrente incógnita:  $b = 2$

$n = 2 \rightarrow (n - 1) = 1$  Eq. de correntes

$b - (n - 1) = n^0$  eq tensão = 1

EQUAÇÕES

$$\left\{ \begin{array}{l} I_1 + I_3 = I_2 \\ -50 + 10I_1 + 10I_2 = 0 \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} I_1 = 1A \\ I_2 = 4A \end{array} \right.$$

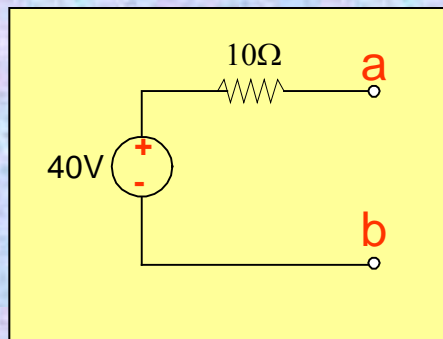
$$V_0 = 10 \cdot I_2$$

$$V_0 = 40 \text{ volt}$$

$$V_{ab} = 40 = V_{th}$$

# EQUIVALENTES DE THÉVENIN E NORTON

## Equivalente



## Cálculo de $R_{th}$ .

Circuito eléctrico possuindo apenas fontes independentes

procedimento

Desactivam-se as fontes independentes substituindo-as pelas respectivas resistências internas

Fonte de tensão ideal

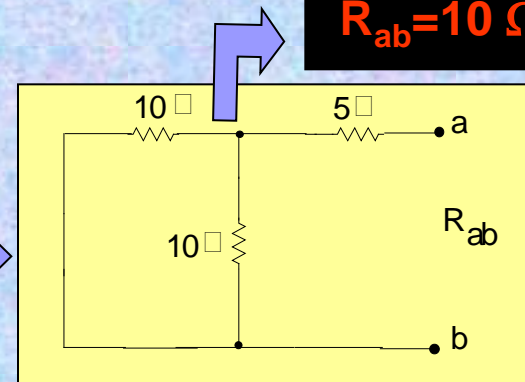
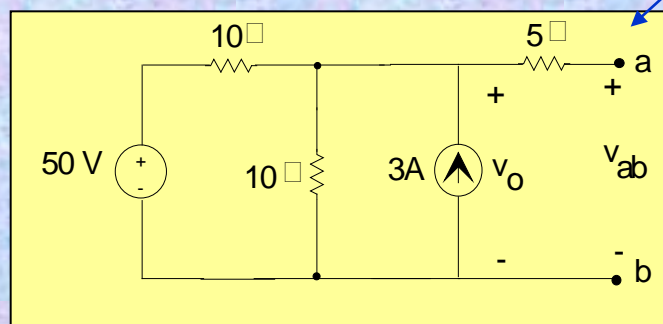
Fonte de corrente ideal

Desactivando as fontes

Curto-circuito

Circuito aberto

Exemplo anterior



$$R_{ab} = 10 \Omega = R_{th}$$

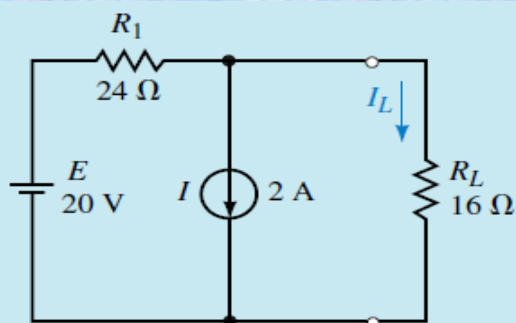
# TEOREMA DA SOBREPOSIÇÃO

## Enunciado:

Sempre que um sistema (circuito) linear é alimentado por mais do que uma fonte independente, é possível determinar a resposta total através da soma das contribuições individuais de cada fonte.

## EXEMPLO

**Objectivo:** a) Determine a corrente  $I_L$ ; b) Verifique que o teorema da sobreposição não se aplica à potência



## Procedimento

1 – Contribuição da fonte de tensão.

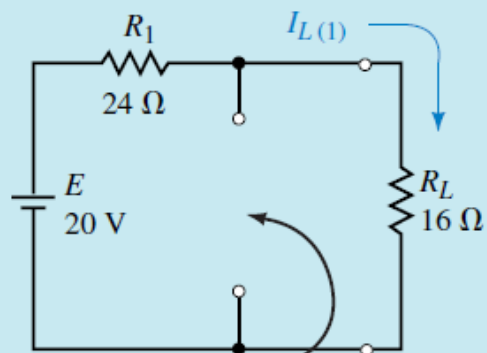


Desactivam-se as restantes fontes do circuito.



# TEOREMA DA SOBREPOSIÇÃO

## Circuito simplificado



Fonte de corrente:  
circuito aberto

Lei de Ohm

$$I_{L(1)} = \frac{20 \text{ V}}{16 \Omega + 24 \Omega} = 0.500 \text{ A}$$

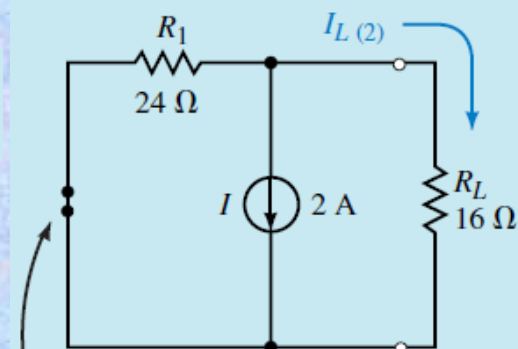
## 2 – Contribuição da fonte de corrente.

$$I_{L(2)} = -\left(\frac{24 \Omega}{24 \Omega + 16 \Omega}\right)(2 \text{ A}) = -1.20 \text{ A}$$

Somando as correntes :

$$I_L = I_{L1} + I_{L2}$$

$$I_L = 0.5 \text{ A} - 1.2 \text{ A} = -0.700 \text{ A}$$



Fonte de tensão:  
curto-circuito

# TEOREMA DA SOBREPOSIÇÃO

b) Verifique que o teorema da sobreposição não se aplica à potência

Assumindo que o teorema da sobreposição se aplica à potência:

Potência devido à contribuição da 1ª fonte



$$P_1 = I_{L(1)}^2 R_L = (0.5 \text{ A})^2 (16 \Omega) = 4.0 \text{ W}$$

Potência devido à contribuição da 2ª fonte



$$P_2 = I_{L(2)}^2 R_L = (1.2 \text{ A})^2 (16 \Omega) = 23.04 \text{ W}$$

Potência total devido ao teorema da sobreposição



$$P_T = P_1 + P_2 = 4.0 \text{ W} + 23.04 \text{ W} = 27.04 \text{ W}$$

Potência total efectivamente dissipada



$$P_L = I_L^2 R_L = (0.7 \text{ A})^2 (16 \Omega) = 7.84 \text{ W}$$

