

LOM3202 – CIRCUITOS ELÉTRICOS

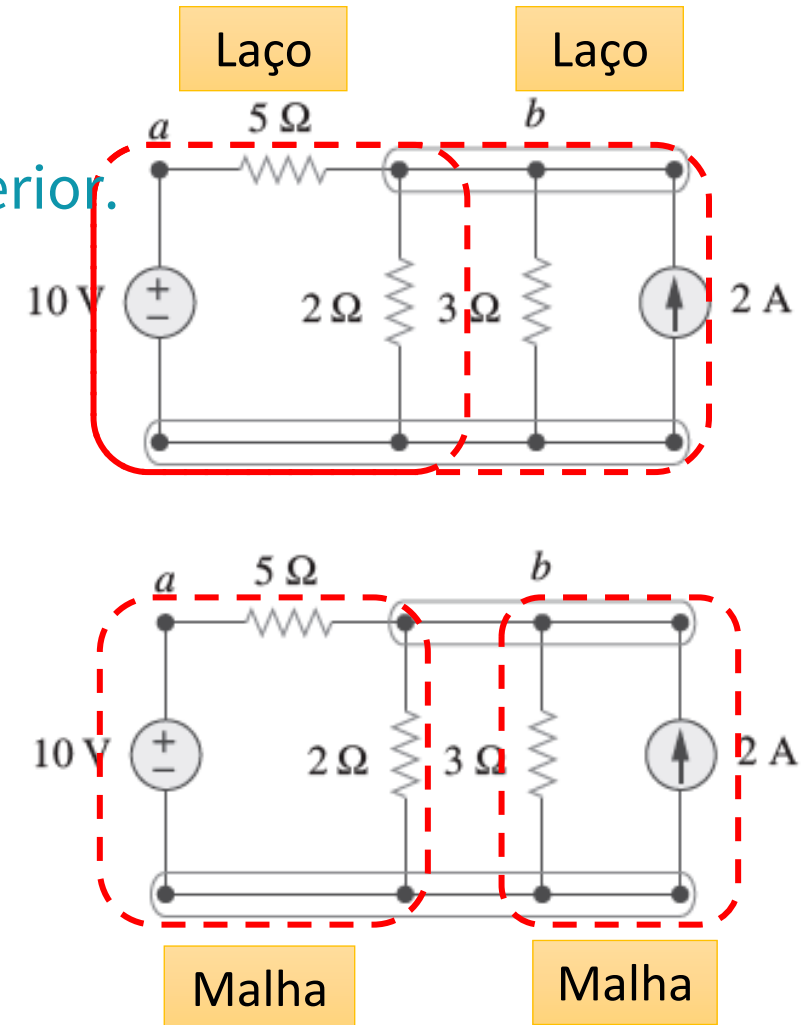
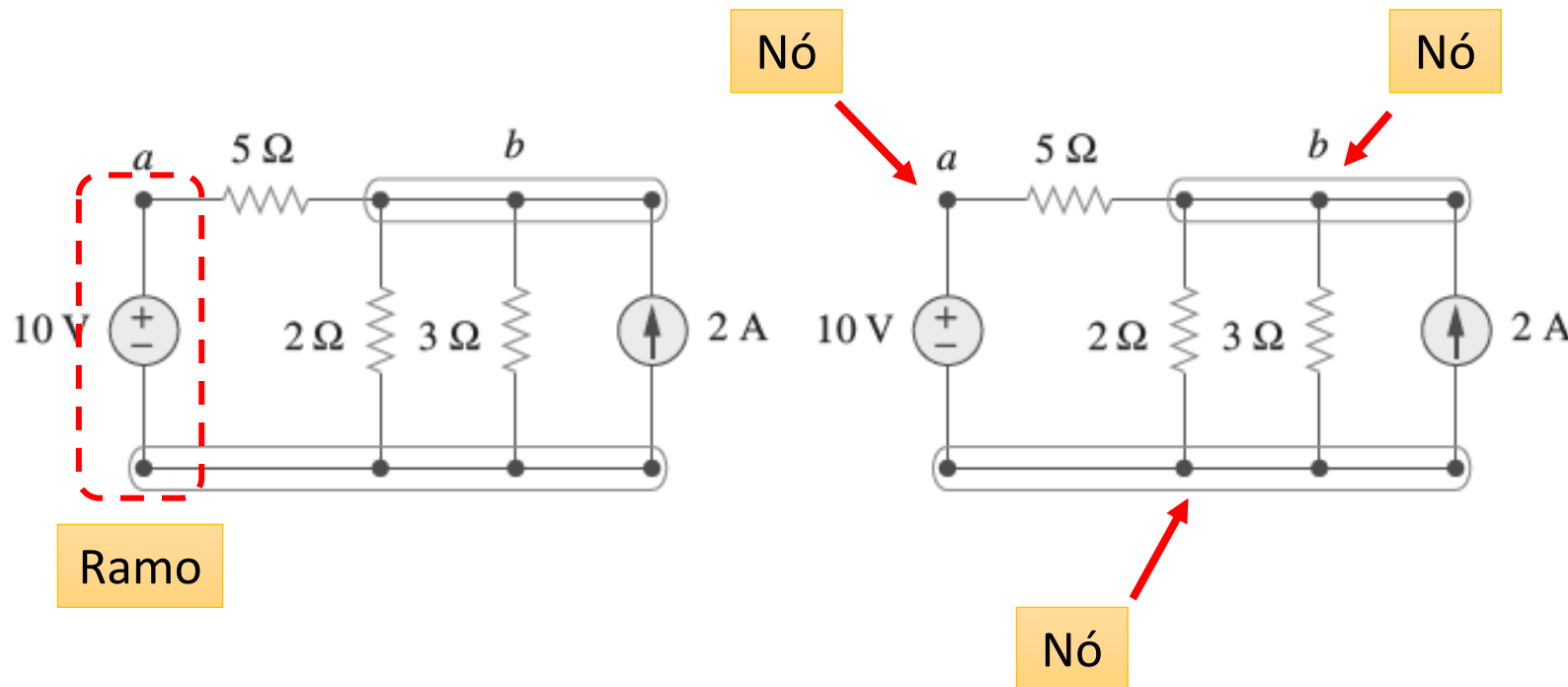
AULA 3

Prof. Dr. Emerson G. Melo

- Análise de Malhas
- Análise de Malhas por Inspeção
- Método da Supermalha
- Análise Nodal
- Análise Nodal por Inspeção
- Método do Supernó
- Exercícios

Leis de Kirchhoff: Nós, Ramos, Laços e Malhas

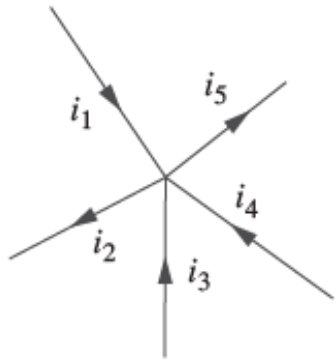
- ❑ Ramos representa um elemento único como fontes ou resistores;
- ❑ Nó é o ponto de conexão entre dois ou mais ramos;
- ❑ Laço é qualquer caminho fechado de um circuito;
- ❑ Malha é um laço que não apresenta outros laços em seu interior.



Leis derivadas dos princípios de conservação de carga e energia.

LKC – Lei de Kirchhoff para Corrente

Lei dos nós



$$\sum_{n=1}^N i_n = 0$$

$$i_1 + (-i_2) + i_3 + i_4 + (-i_5) = 0$$

$$i_1 + i_3 + i_4 = i_2 + i_5$$

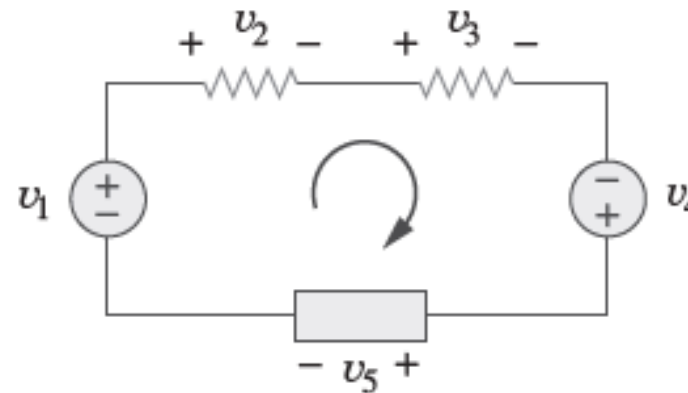
$$i_{in} = i_{out}$$

$$\int i_{in}(t)dt = \int i_{out}(t)dt$$

$$Q_{in} = Q_{out}$$

LKT – Lei de Kirchhoff para Tensão

Lei das malhas



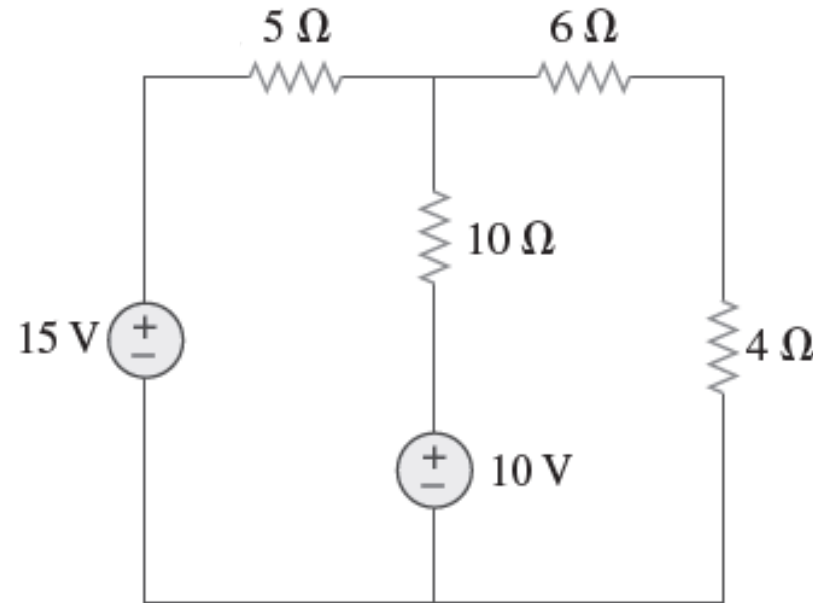
$$\sum_{n=1}^N v_n = 0$$

$$-Qv_1 + Qv_2 + Qv_3 - Qv_4 + Qv_5 = 0$$

$$Q(v_2 + v_3 + v_5) = Q(v_1 + v_4)$$

$$v_2 + v_3 + v_5 = v_1 + v_4$$

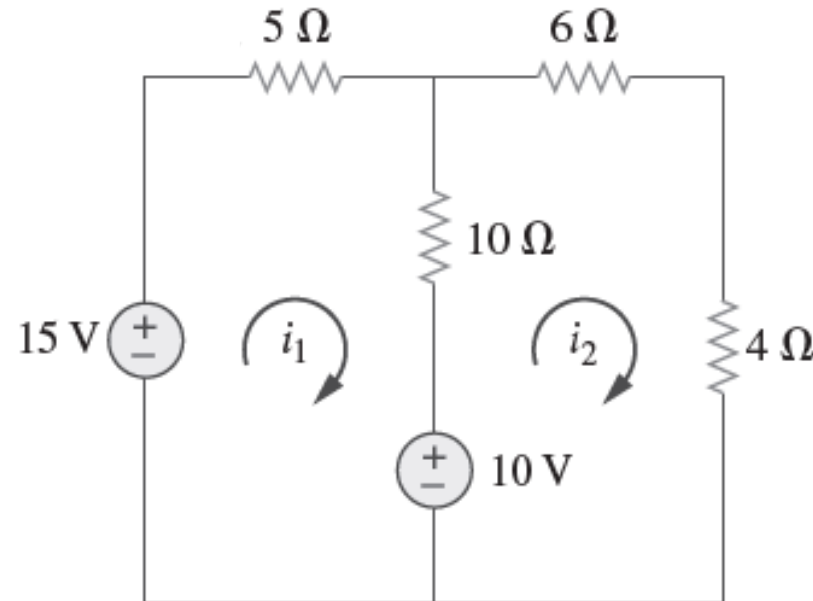
- ❑ Método que utiliza a LKT para determinar as “correntes de malha” a partir das quais é possível obter a tensão e corrente dos elementos de um circuito.



Mais adequado à circuitos com fontes de tensão. Mas também pode ser empregado quando existem fontes de corrente.

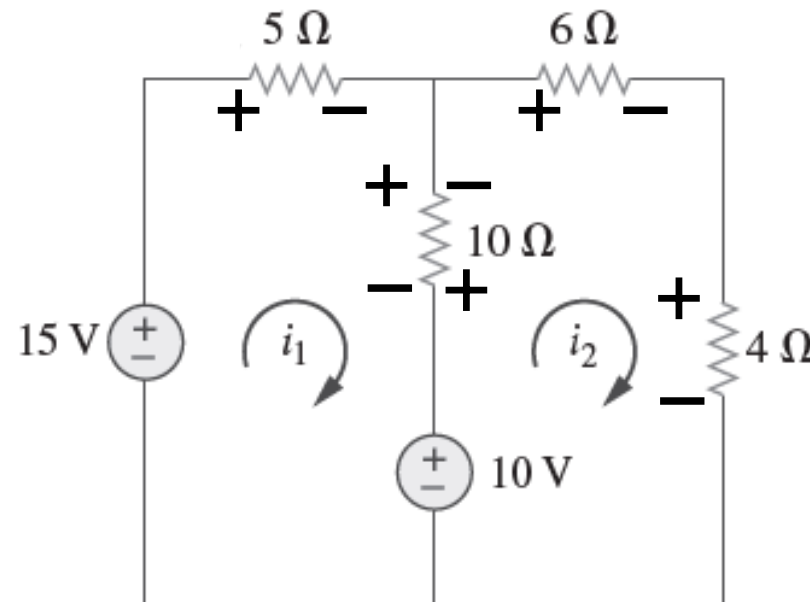
Análise de Malhas: Procedimento

1 – Atribuir as “correntes de malha”.



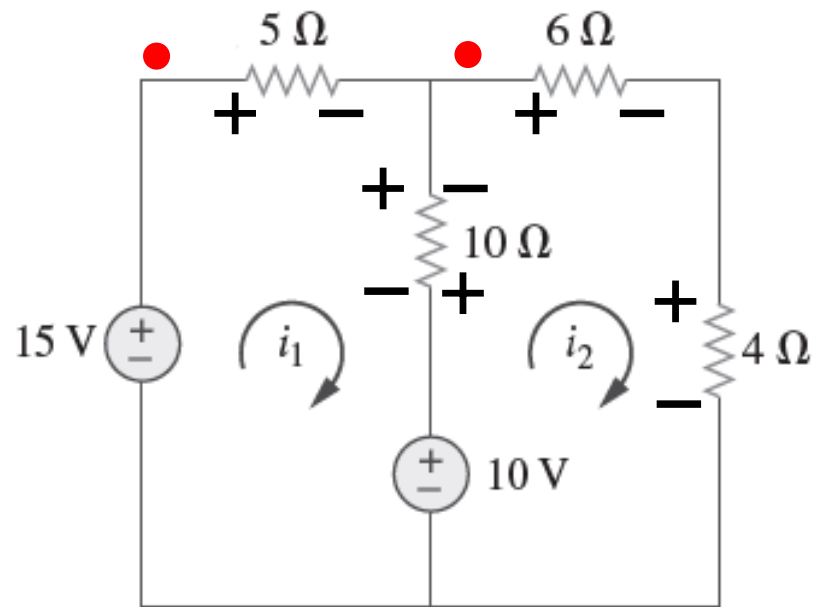
Deve ser adotado o mesmo sentido para as correntes de malha. Por convenção costuma-se utilizar o sentido horário.

- 2 – Identificar as “polaridades” dos elementos não polarizados de acordo com o sentido das correntes de malha.



Deve ser adotado o mesmo sentido para as correntes de malha.
Por convenção costuma-se utilizar o sentido horário.

- 3 – Aplicar a LKT a cada uma das malhas utilizando as correntes de malhas ao invés das correntes nos ramos.



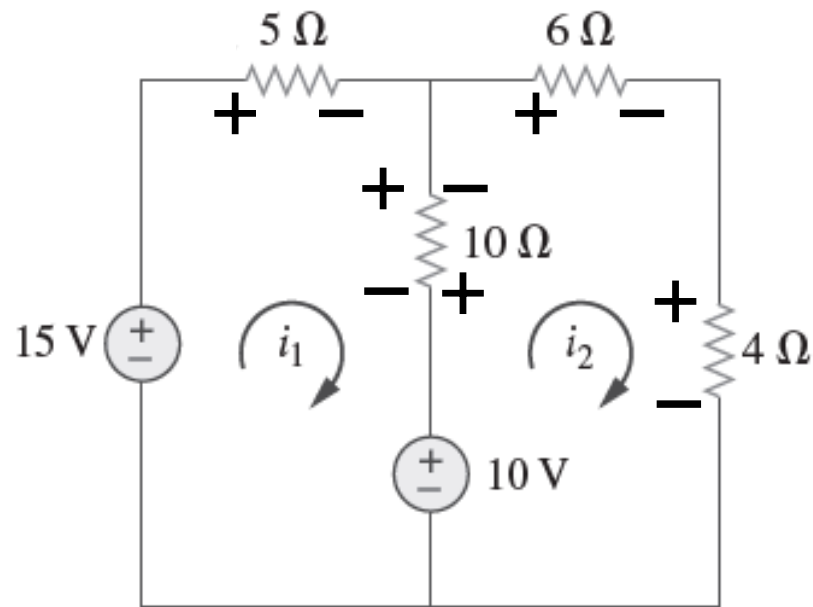
Malha 1

$$5i_1 + 10(i_1 - i_2) + 10 - 15 = 0$$

Malha 2

$$6i_2 + 4i_2 - 10 + 10(i_2 - i_1) = 0$$

4 – Obter as equações das malhas.



Malha 1

$$5i_1 + 10(i_1 - i_2) + 10 - 15 = 0$$

$$15i_1 - 10i_2 = 5 \quad \div 5$$

$$3i_1 - 2i_2 = 1$$

Malha 2

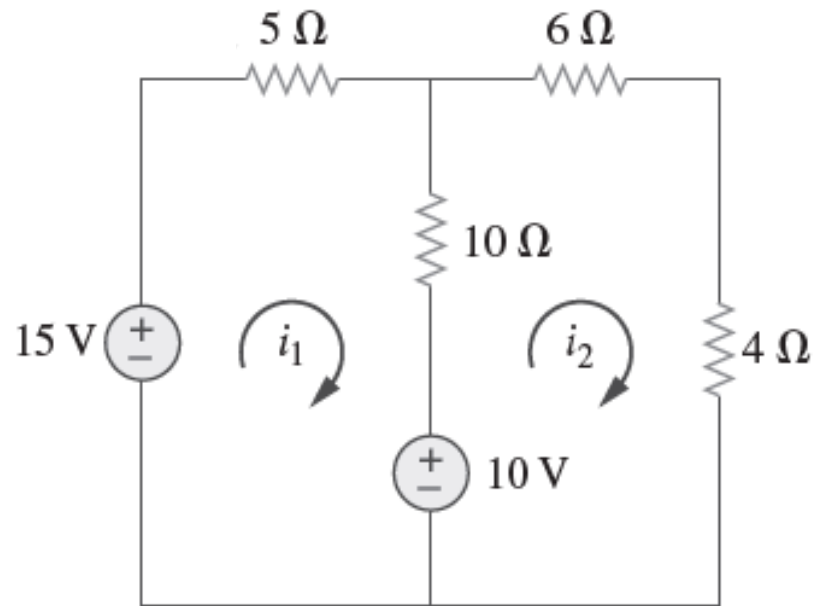
$$6i_2 + 4i_2 - 10 + 10(i_2 - i_1) = 0$$

$$20i_2 - 10i_1 = 10 \quad \div 10$$

$$-i_1 + 2i_2 = 1$$

Atenção especial
deve ser dada
aos elementos
comuns às duas
malhas

□5 – Solucionar o sistema de equações para obter as correntes de malhas.

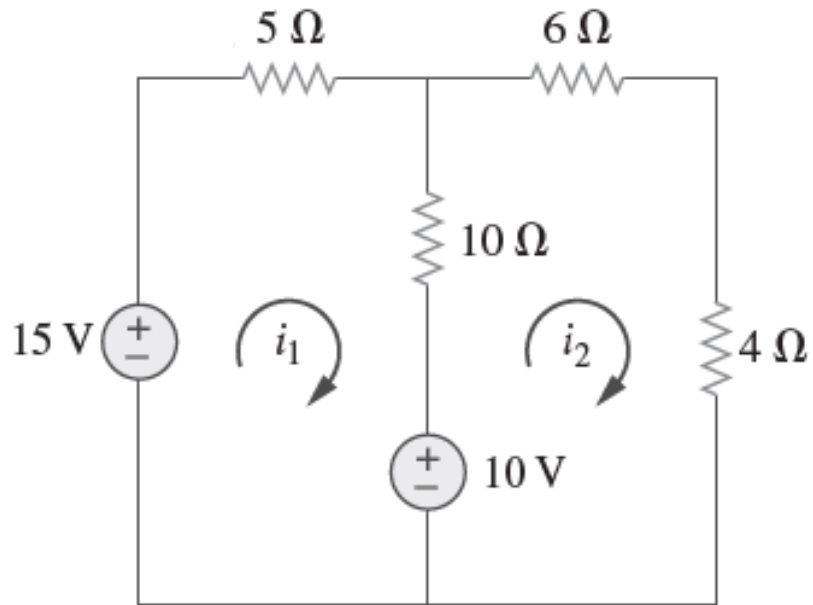


$$3i_1 - 2i_2 = 1$$

$$-i_1 + 2i_2 = 1$$

Para resolver o sistema de equações é possível utilizar diversos métodos, como substituição, eliminação, regra de Cramer ou inversão de matrizes.

5 – Solucionar o sistema de equações para obter as correntes de malhas.



Usando substituição

$$3i_1 - 2i_2 = 1$$

$$-i_1 + 2i_2 = 1$$

$$i_1 = 2i_2 - 1$$

$$3(2i_2 - 1) - 2i_2 = 1$$

$$6i_2 - 3 - 2i_2 = 1$$

$$4i_2 = 4$$

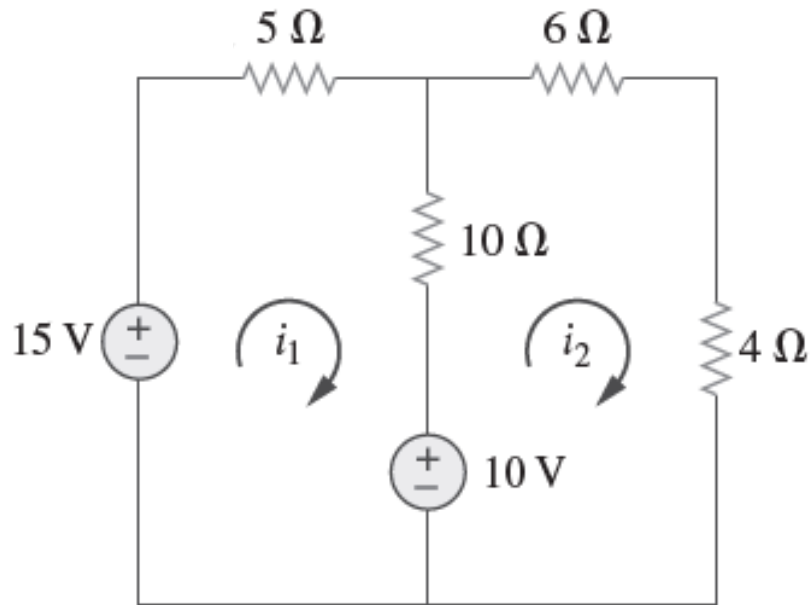
$$i_2 = 1 A$$

$$i_1 = 2 \times 1 - 1$$

$$i_1 = 1 A$$

Análise de Malhas: Procedimento

5 – Solucionar o sistema de equações para obter as correntes de malhas.



Usando regra de Cramer

$$i_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta} \quad i_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta}$$

$$3i_1 - 2i_2 = 1$$

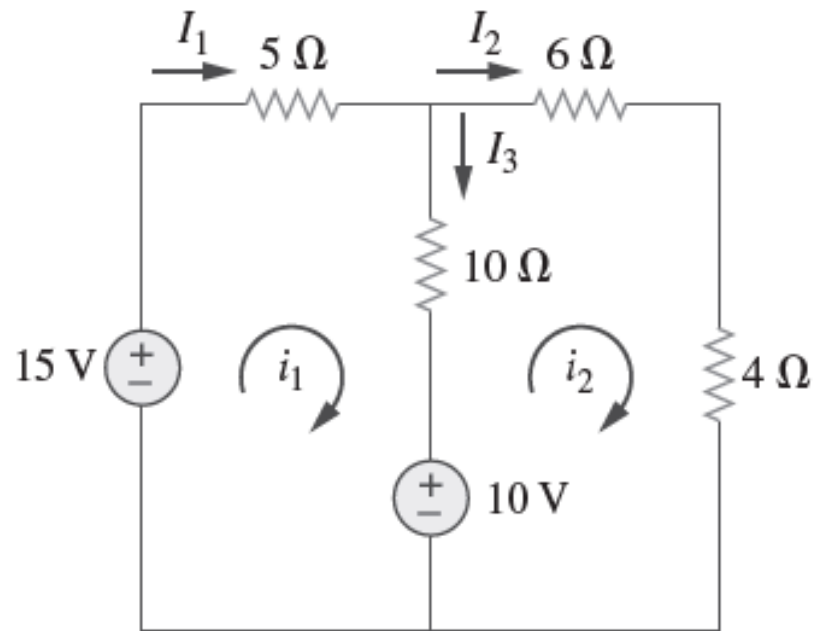
$$-i_1 + 2i_2 = 1$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 3 & -2 \\ -1 & 2 \end{vmatrix} = 6 - 2 = 4$$

$$i_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & -2 \\ 1 & 2 \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{2 + 2}{4} = \frac{4}{4} = 1 \text{ A}$$

$$i_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{\begin{vmatrix} 3 & 1 \\ -1 & 1 \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{3 + 1}{4} = \frac{4}{4} = 1 \text{ A}$$

6 – A partir das correntes de malhas calcular as correntes nos ramos.



$$i_2 = 1 A$$

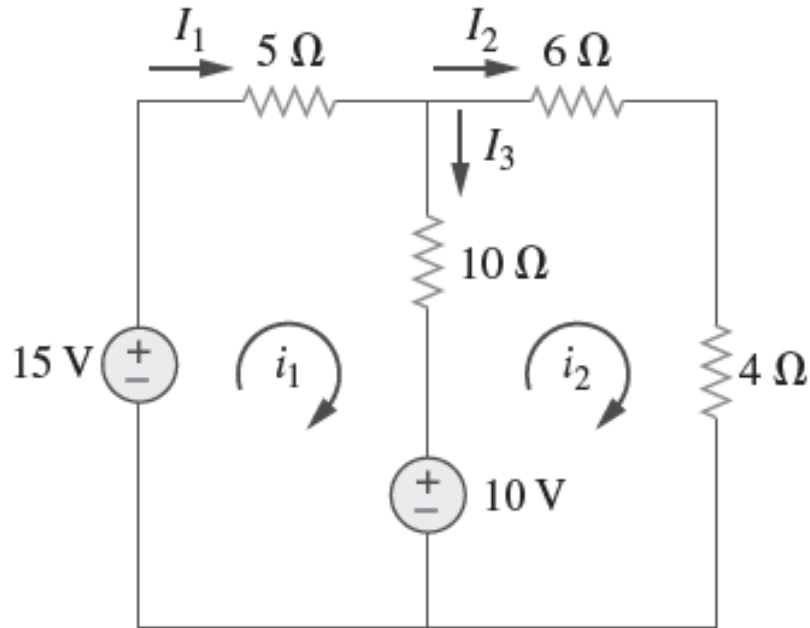
$$i_1 = 1 A$$

$$I_1 = i_1 = 1 A$$

$$I_2 = i_2 = 1 A$$

$$I_3 = i_1 - i_2 = 1 - 1 = 0 A$$

7 – Calcular parâmetros de interesse a partir das correntes dos ramos.



$$I_1 = 1 A$$

$$I_2 = 1 A$$

$$I_3 = 0 A$$

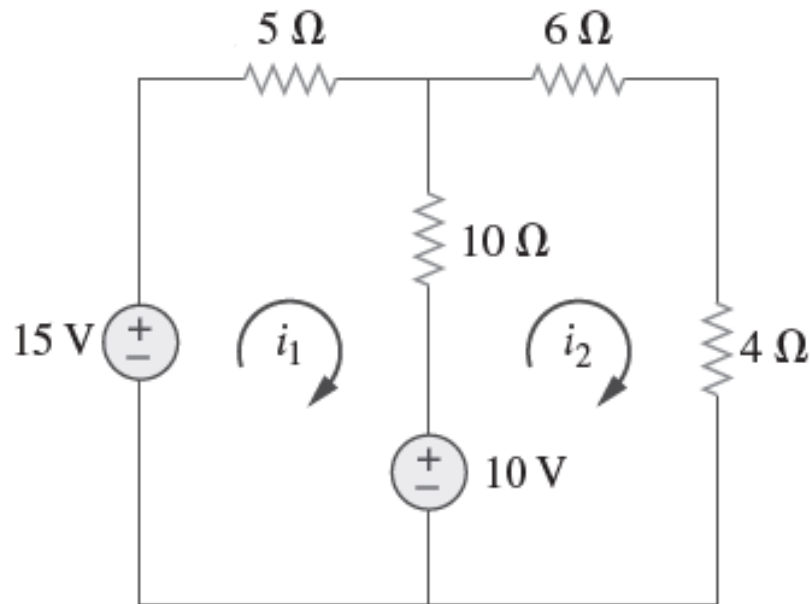
$$v_{5\Omega} = 5I_1 = 5 V$$

$$v_{6\Omega} = 6I_2 = 6 V$$

$$v_{4\Omega} = 4I_2 = 4 V$$

$$v_{10\Omega} = 10I_3 = 0 V$$

□ Método genérico para obter diretamente as equações das malhas.



Malha 1

$$5i_1 + 10(i_1 - i_2) + 10 - 15 = 0$$

$$5i_1 + 10i_1 - 10i_2 + 10 - 15 = 0$$

$$15i_1 - 10i_2 = 5 \quad \div 5$$

$$3i_1 - 2i_2 = 1$$

Malha 2

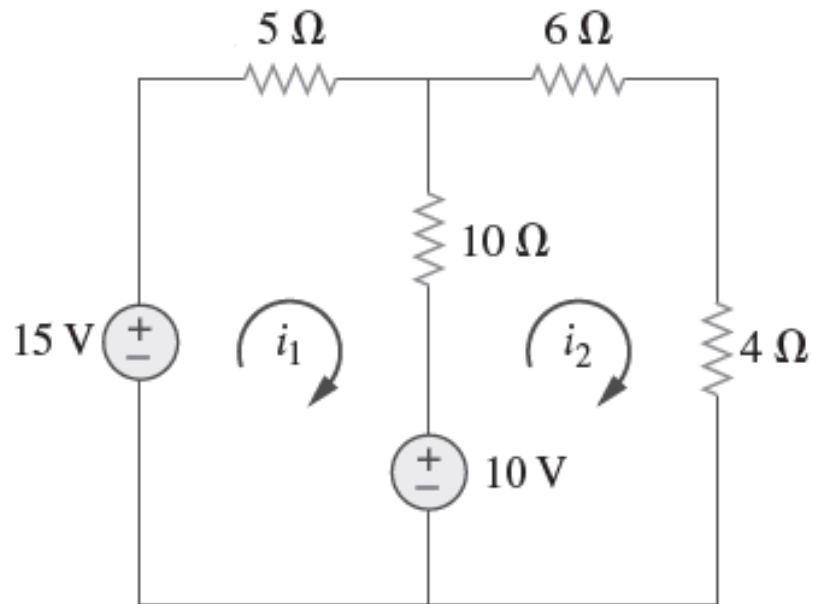
$$6i_2 + 4i_2 - 10 + 10(i_2 - i_1) = 0$$

$$6i_2 + 4i_2 - 10 + 10i_2 - 10i_1 = 0$$

$$20i_2 - 10i_1 = 10 \quad \div 10$$

$$-i_1 + 2i_2 = 1$$

Análise de Malhas por Inspeção



Malha 1

$$5i_1 + 10(i_1 - i_2) + 10 - 15 = 0$$

$$5i_1 + 10i_1 - 10i_2 + 10 - 15 = 0$$

$$5i_1 + 10i_1 - 10i_2 + 10 - 15 = 0$$

Somatória da tensão dos elementos da malha 1

Malha 2

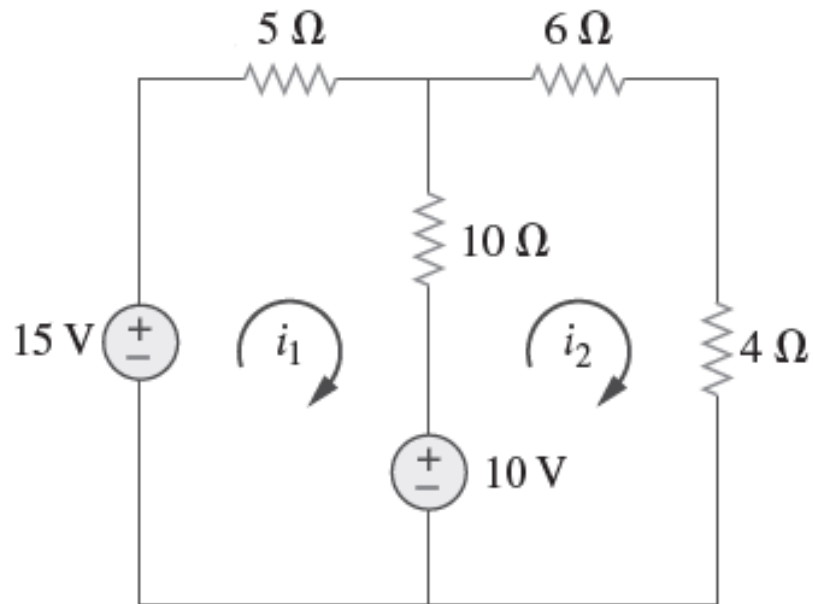
$$6i_2 + 4i_2 - 10 + 10(i_2 - i_1) = 0$$

$$6i_2 + 4i_2 + 10i_2 - 10i_1 - 10 = 0$$

$$6i_2 + 4i_2 + 10i_2 - 10i_1 - 10 = 0$$

Somatória da tensão dos elementos da malha 2

Análise de Malhas por Inspeção



Malha 1

$$5i_1 + 10(i_1 - i_2) + 10 - 15 = 0$$

$$5i_1 + 10i_1 - 10i_2 + 10 - 15 = 0$$

$$5i_1 + 10i_1 - 10i_2 + 10 - 15 = 0$$

Subtração da tensão do elemento comum à malha adjacente

Malha 2

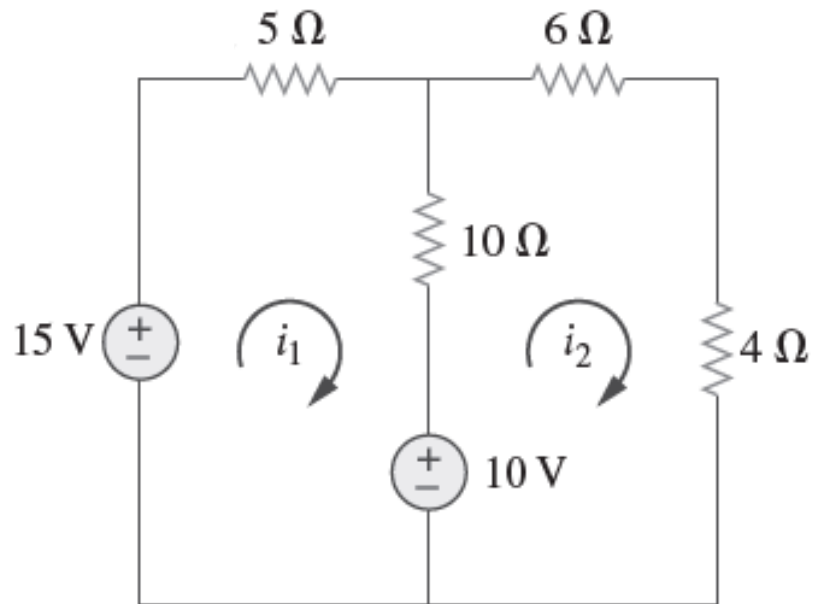
$$6i_2 + 4i_2 - 10 + 10(i_2 - i_1) = 0$$

$$6i_2 + 4i_2 + 10i_2 - 10i_1 - 10 = 0$$

$$6i_2 + 4i_2 + 10i_2 - 10i_1 - 10 = 0$$

Subtração da tensão do elemento comum à malha adjacente

Análise de Malhas por Inspeção



Malha 1

$$5i_1 + 10(i_1 - i_2) + 10 - 15 = 0$$

$$5i_1 + 10i_1 - 10i_2 + 10 - 15 = 0$$

$$5i_1 + 10i_1 - 10i_2 + 10 - 15 = 0$$

Inserção das fontes de tensão

Malha 2

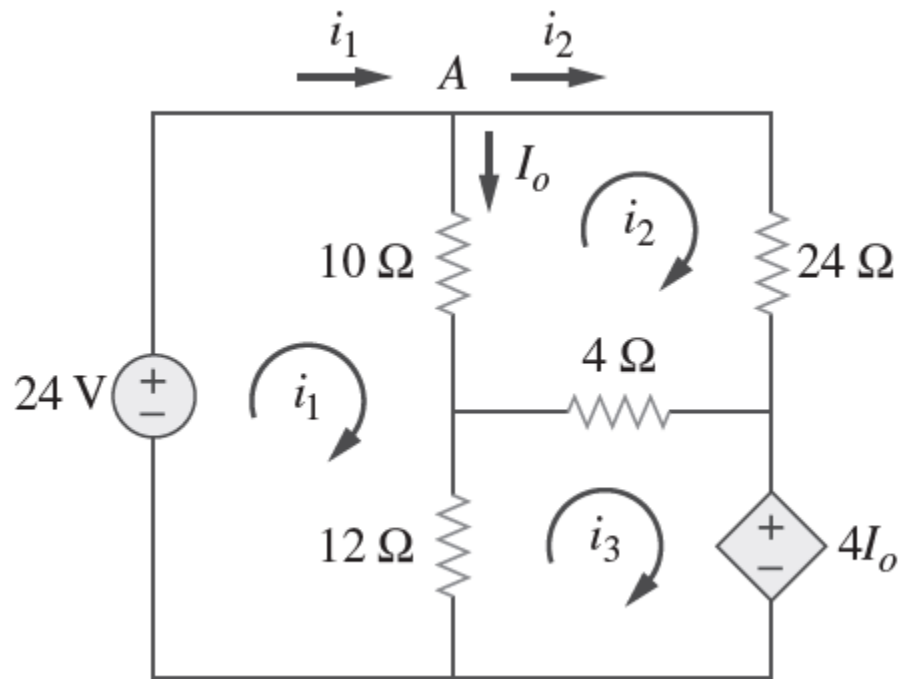
$$6i_2 + 4i_2 - 10 + 10(i_2 - i_1) = 0$$

$$6i_2 + 4i_2 + 10i_2 - 10i_1 - 10 = 0$$

$$6i_2 + 4i_2 + 10i_2 - 10i_1 - 10 = 0$$

Inserção das fontes de tensão

Análise de Malhas por Inspeção



Malha 1 $10i_1 + 12i_1 - 10i_2 - 12i_3 - 24 = 0$

Malha 2 $10i_2 + 24i_2 + 4i_2 - 10i_1 - 4i_3 = 0$

Malha 3 $12i_3 + 4i_3 - 12i_1 - 4i_2 + 4I_o = 0$

$$I_o = i_1 - i_2$$

$$22i_1 - 10i_2 - 12i_3 = 24$$

$$22i_1 - 10i_2 - 12i_3 = 24$$

$$-10i_1 + 38i_2 - 4i_3 = 0$$

$$-10i_1 + 38i_2 - 4i_3 = 0$$

$$-12i_1 - 4i_2 + 4i_3 = -4(i_1 - i_2)$$

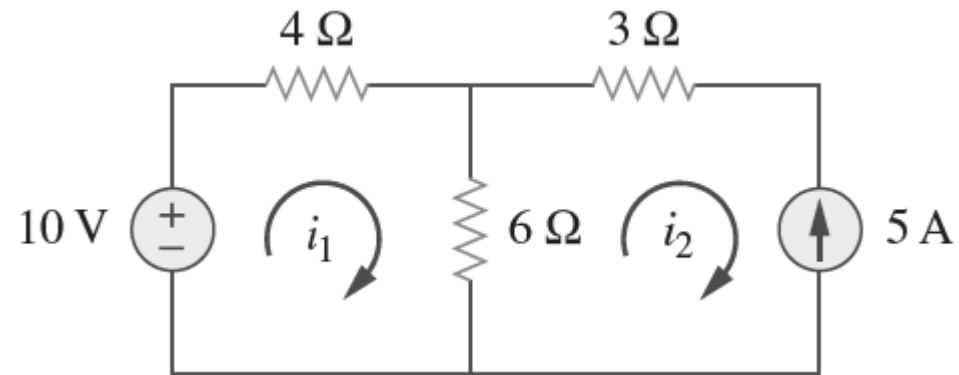
$$-8i_1 - 8i_2 + 4i_3 = 0$$

$$i_1 = 2,25 \text{ A}$$

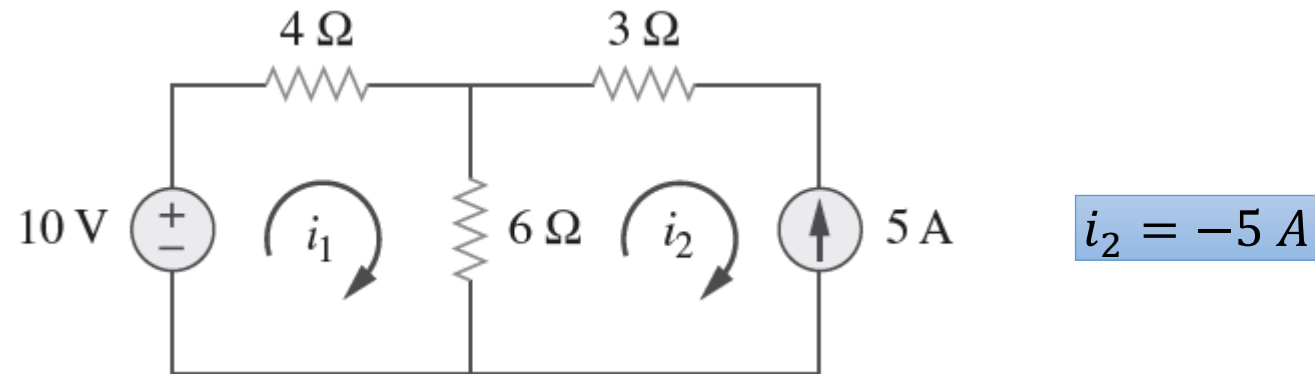
$$i_2 = 0,75 \text{ A}$$

$$i_3 = 1,50 \text{ V}$$

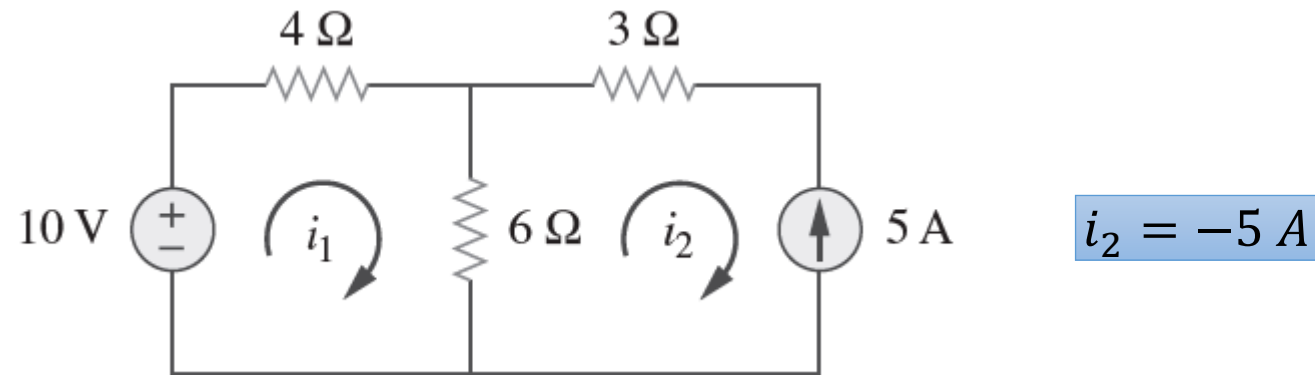
- Artifício utilizado na análise de malhas quando existem fontes de corrente no circuito.



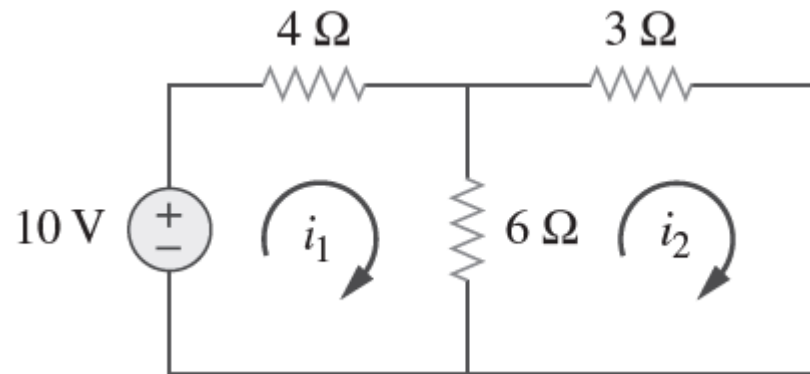
- 1 – A fonte de corrente restringe o valor da corrente no ramo em que ela se localiza.



- ❑ 2 – Ao aplicar a LKT, o ramo no qual se localiza a fonte de corrente deve ser considerado como circuito aberto.

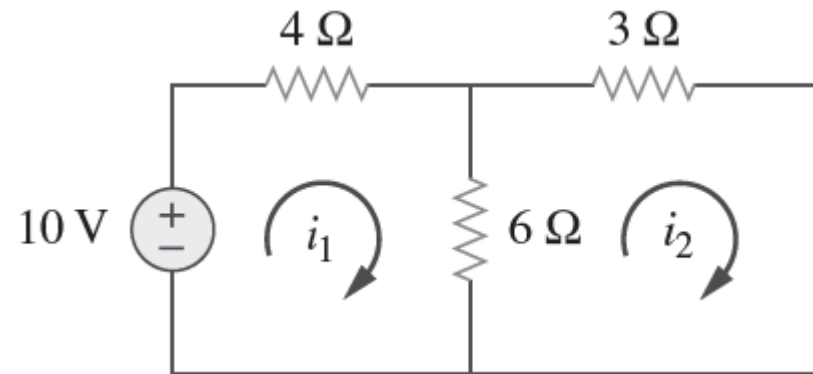


- 2 – Ao aplicar a LKT, o ramo no qual se localiza a fonte de corrente deve ser considerado como circuito aberto.



$$i_2 = -5 \text{ A}$$

□ 3 – Então aplica-se a LKT.



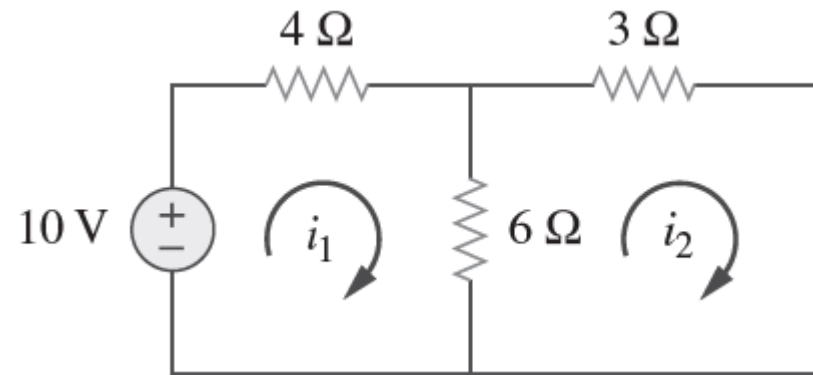
$$i_2 = -5 A$$

$$4i_1 + 6(i_1 - i_2) - 10 = 0$$

$$4i_1 + 6i_1 - 6i_2 = 10$$

$$10i_1 - 6i_2 = 10$$

4 – Resolva-se as equações simultâneas resultantes.



$$i_2 = -5 \text{ A}$$

$$10i_1 - 6i_2 = 10$$

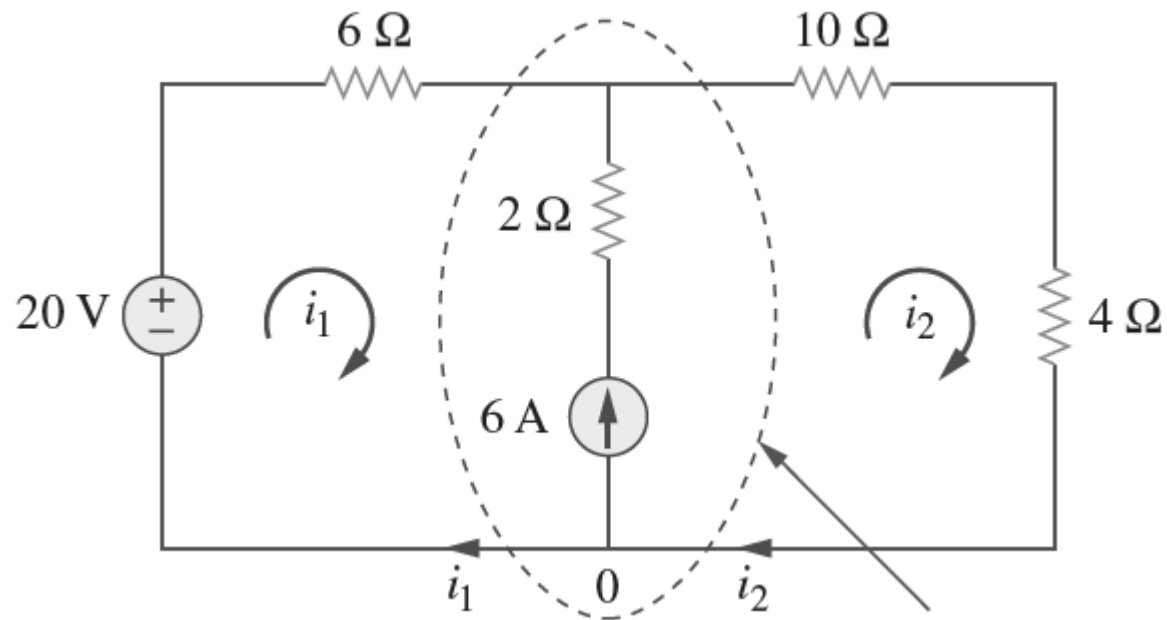
$$10i_1 - 6(-5) = 10$$

$$10i_1 = -20$$

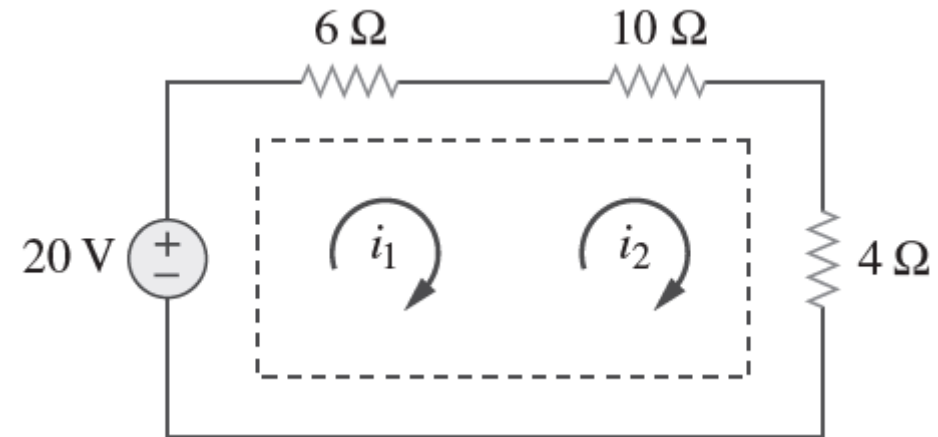
$$i_1 = -2$$

Quando a fonte de corrente não pertence a um ramo que seja comum a duas malhas, a solução é simplificada.

- 5 – Nos casos em que a fonte de corrente é comum à duas malhas, é criada uma supermalha.

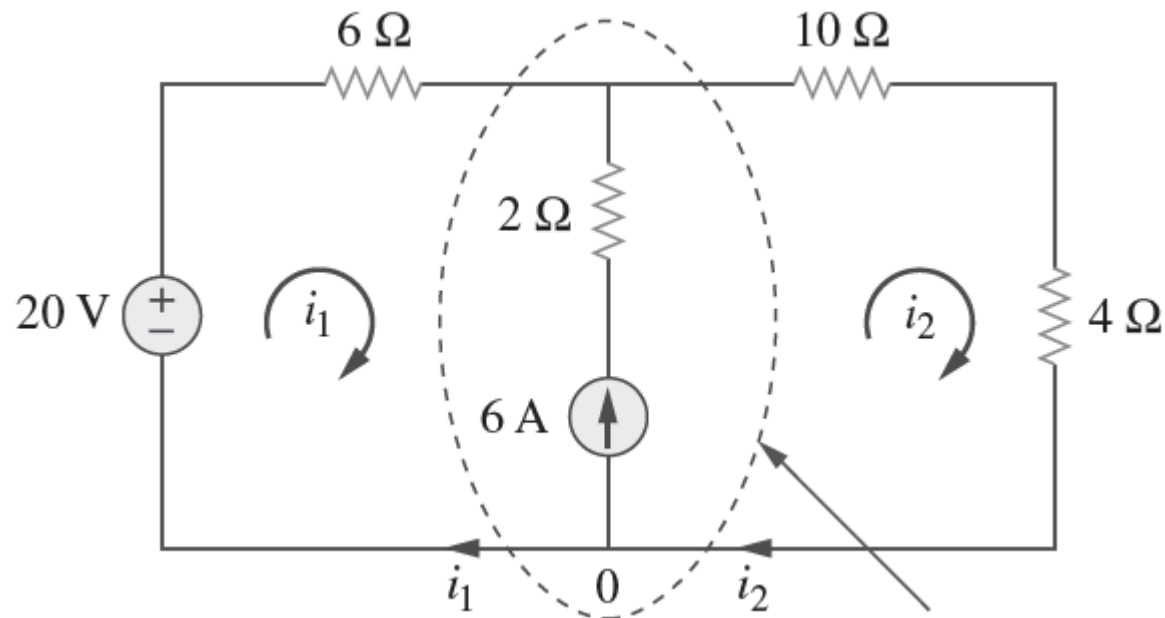


Ramo considerado
como circuito aberto

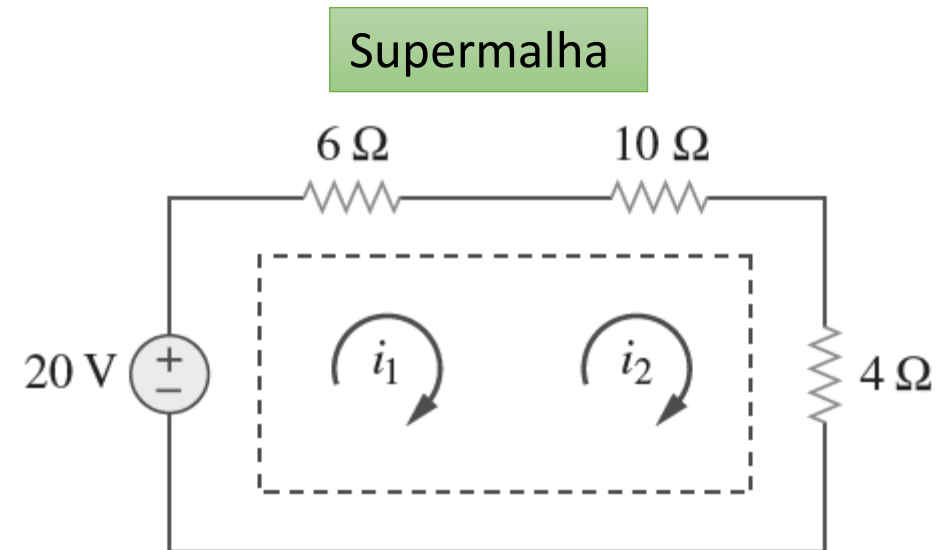


Supermalha

- 6 – Aplica-se a LKT à supermalha e a LKC para obter a solução das equações.



Ramo considerado como circuito aberto



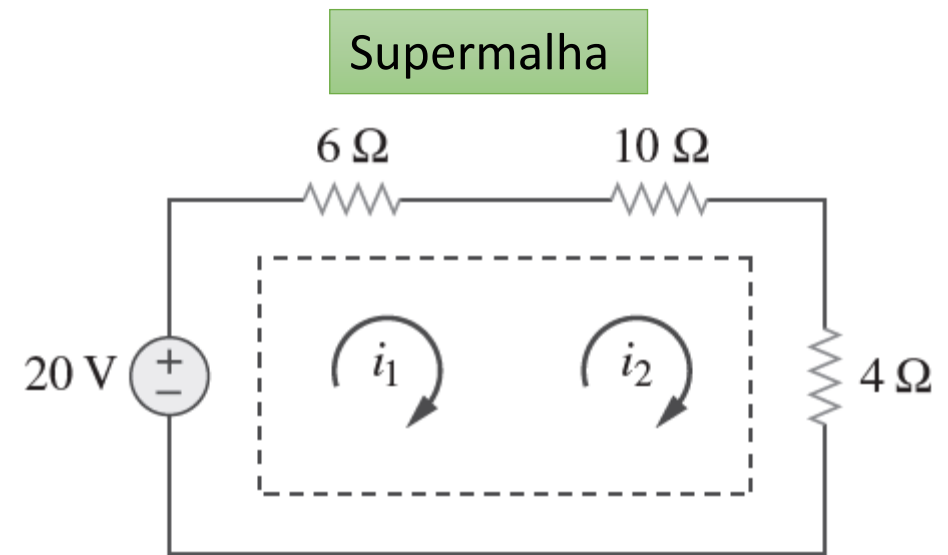
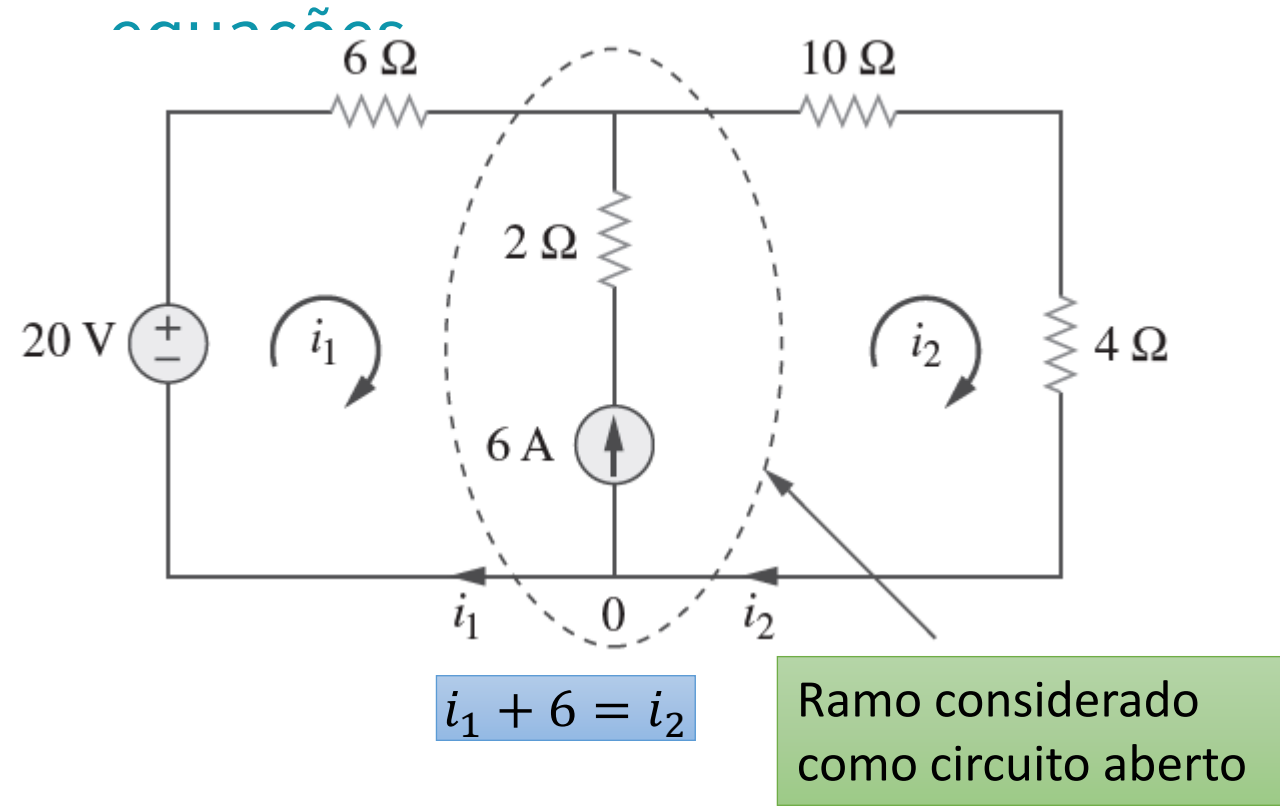
$$6i_1 - 20 + 10i_2 + 4i_2 = 0$$

$$6i_1 + 14i_2 = 20$$

$$3i_1 + 7i_2 = 10$$

Método da Supermalha

6 – Aplica-se a LKT à supermalha e a LKC para obter a solução das



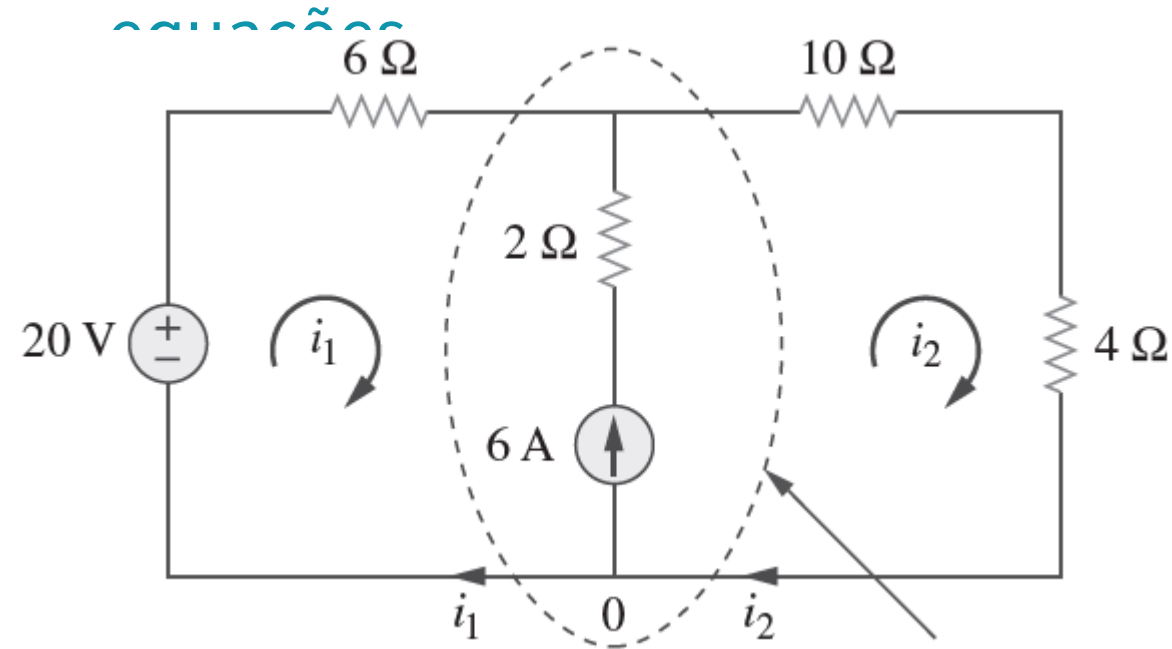
$$6i_1 - 20 + 10i_2 + 4i_2 = 0$$

$$6i_1 + 14i_2 = 20$$

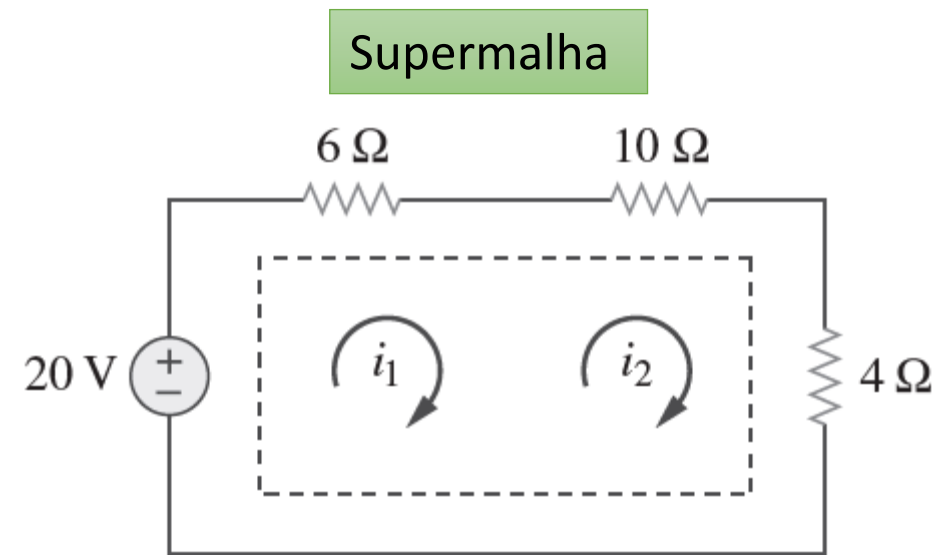
$$3i_1 + 7i_2 = 10$$

Método da Supermalha

6 – Aplica-se a LKT à supermalha e a LKC para obter a solução das



Ramo considerado como circuito aberto



$$3i_1 + 7i_2 = 10$$

$$i_1 + 6 = i_2$$

$$3i_1 + 7(i_1 + 6) = 10$$

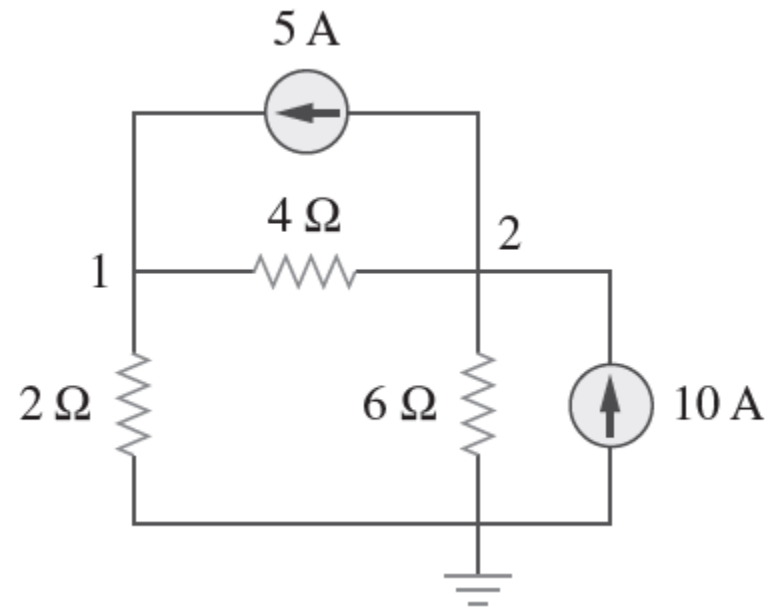
$$3i_1 + 7i_1 = 10 - 42$$

$$10i_1 = -32$$

$$i_1 = -3,2 \text{ A}$$

$$i_2 = 2,8 \text{ A}$$

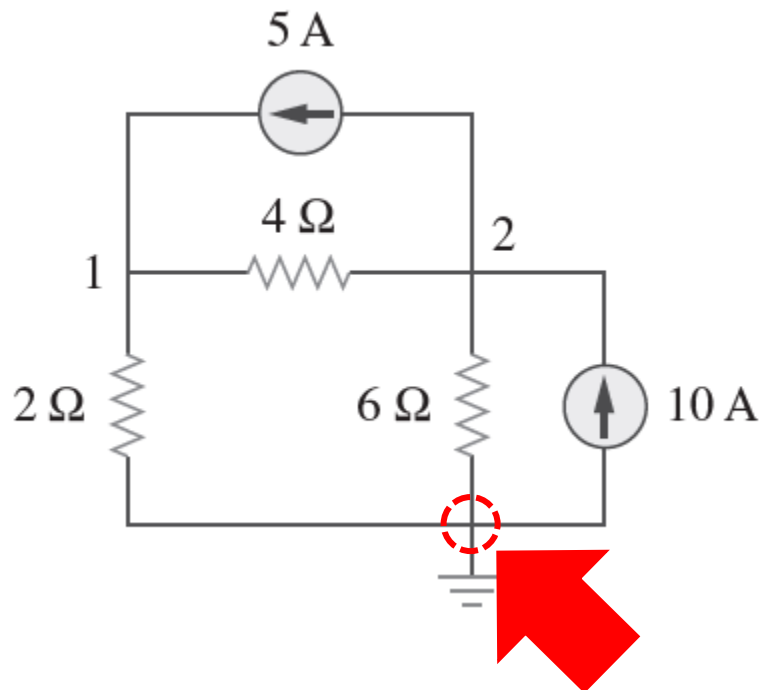
- ❑ Método que utiliza a LKC para determinar as “tensões nodais” a partir das quais é possível obter a tensão e corrente dos elementos de um circuito.



Mais adequado à circuitos com fontes de corrente. Mas também pode ser empregado quando existem fontes de tensão.

Análise Nodal: Procedimento

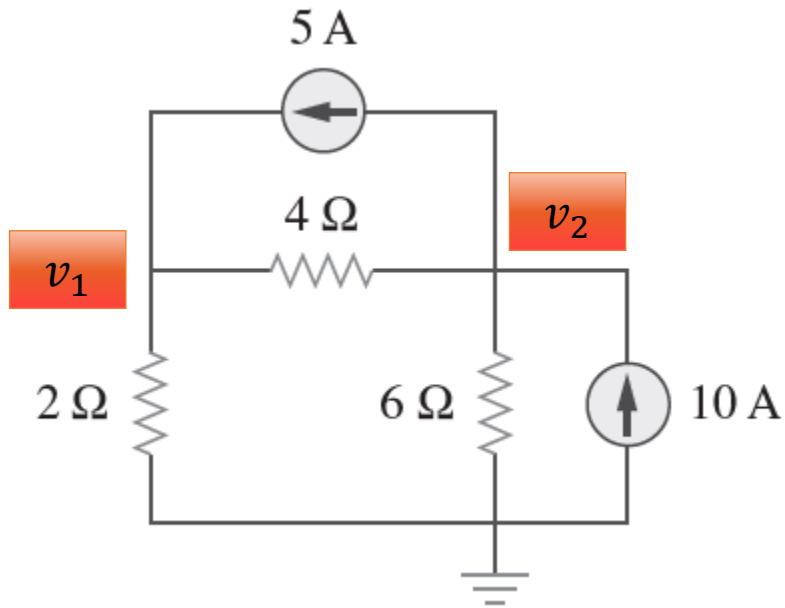
1 – Selecionar um nó como referencia.



A diferença de potencial é nula no nó de referencia.

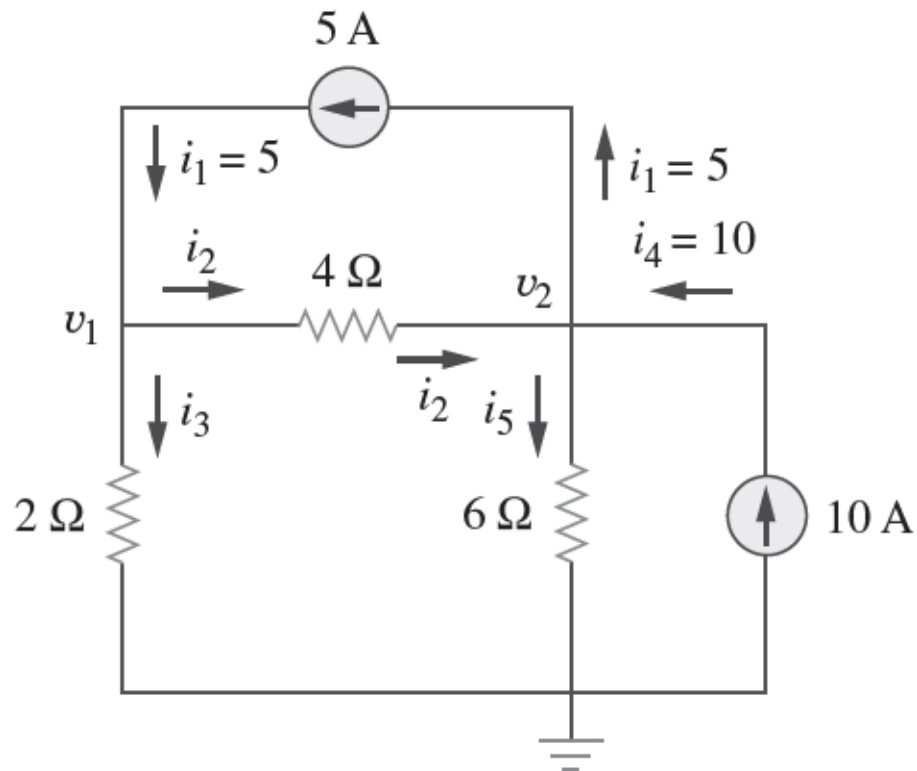
Análise Nodal: Procedimento

□2 – Atribuir as tensões nodais aos nós restantes.



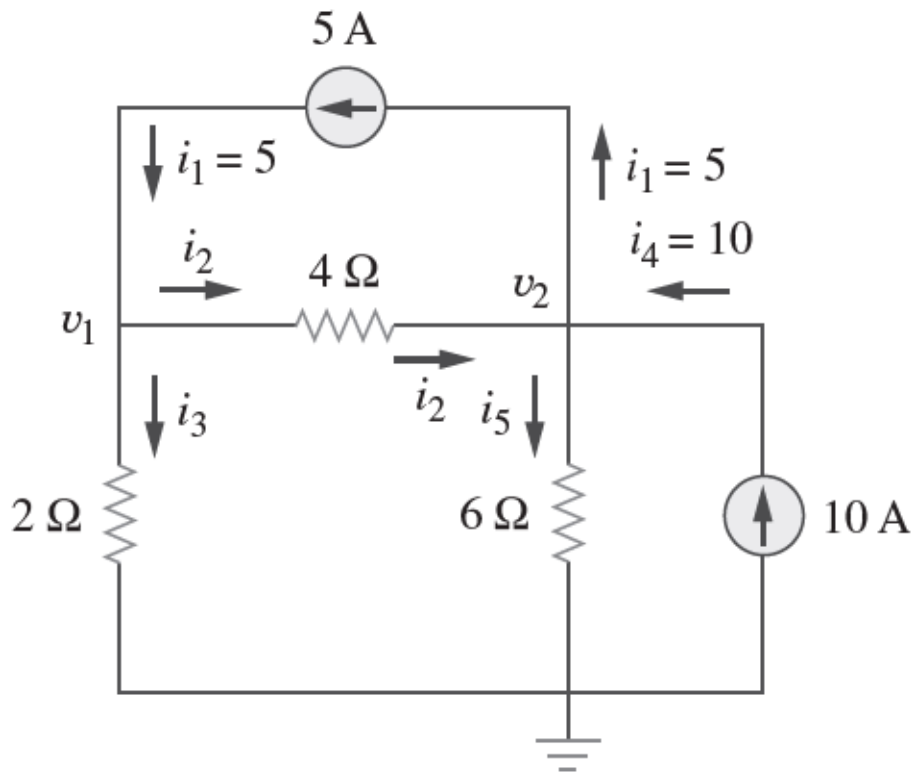
As tensões nodais são medidas em relação ao nó de referência.

3 – Nomear as correntes em cada ramo do circuito.



- i) O sentido da corrente onde existem fontes de corrente é definido pela fonte de corrente;
- ii) Nos ramos em que não há fontes de corrente o sentido pode ser arbitrado.

4 – Aplicar a LKC a cada um dos nós que não são de referência.



Nó 1

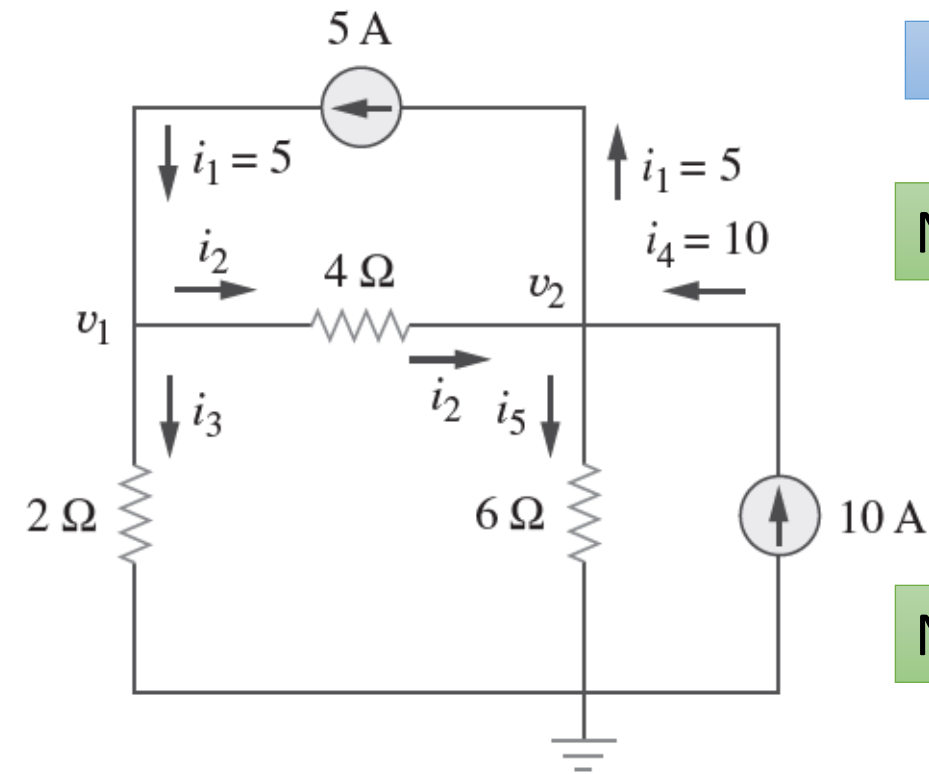
$$i_1 = i_2 + i_3$$

Nó 2

$$i_2 + i_4 = i_1 + i_5$$

Análise Nodal: Procedimento

5 – Expressar as correntes nos ramos em termos de tensões nodais.



$$i_1 = 5$$

$$i_2 = \frac{v_1 - v_2}{4}$$

$$i_3 = \frac{v_1 - 0}{2}$$

$$i_4 = 10$$

$$i_5 = \frac{v_2 - 0}{6}$$

Nó 1

$$i_1 = i_2 + i_3$$

$$5 = \frac{v_1 - v_2}{4} + \frac{v_1 - 0}{2}$$

× 4

$$20 = v_1 - v_2 + 2v_1$$

$$3v_1 - v_2 = 20$$

Nó 2

$$i_2 + i_4 = i_1 + i_5$$

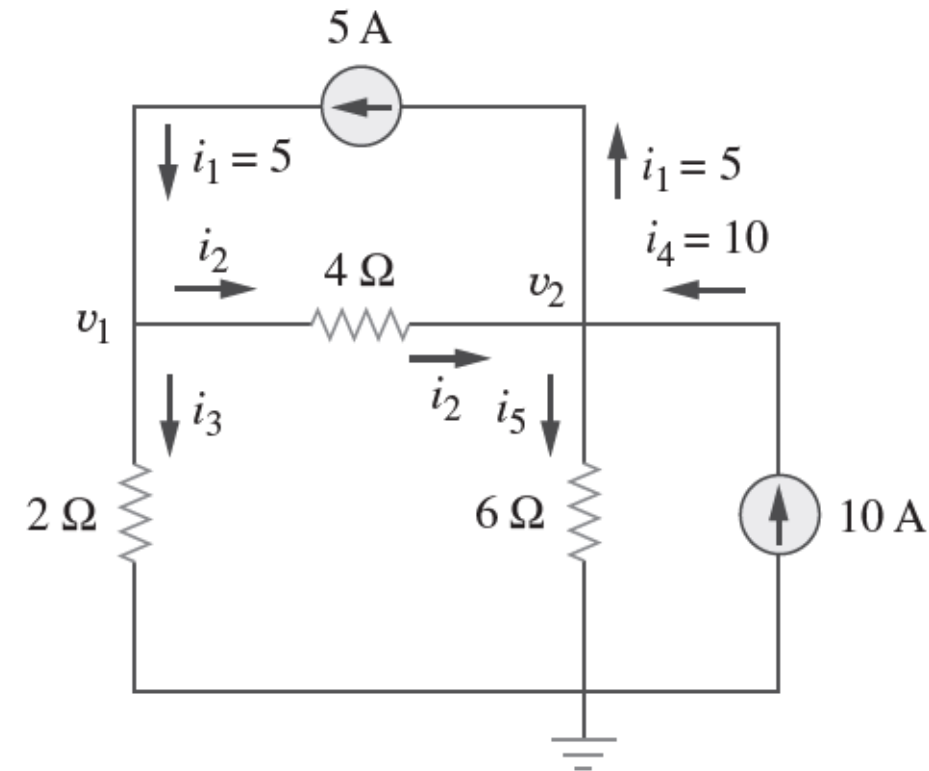
$$\frac{v_1 - v_2}{4} + 10 = 5 + \frac{v_2 - 0}{6}$$

× 12

$$3v_1 - 3v_2 + 120 = 60 + 2v_2$$

$$-3v_1 + 5v_2 = 60$$

6 – Resolver as equações resultantes para obter as tensões nodais.

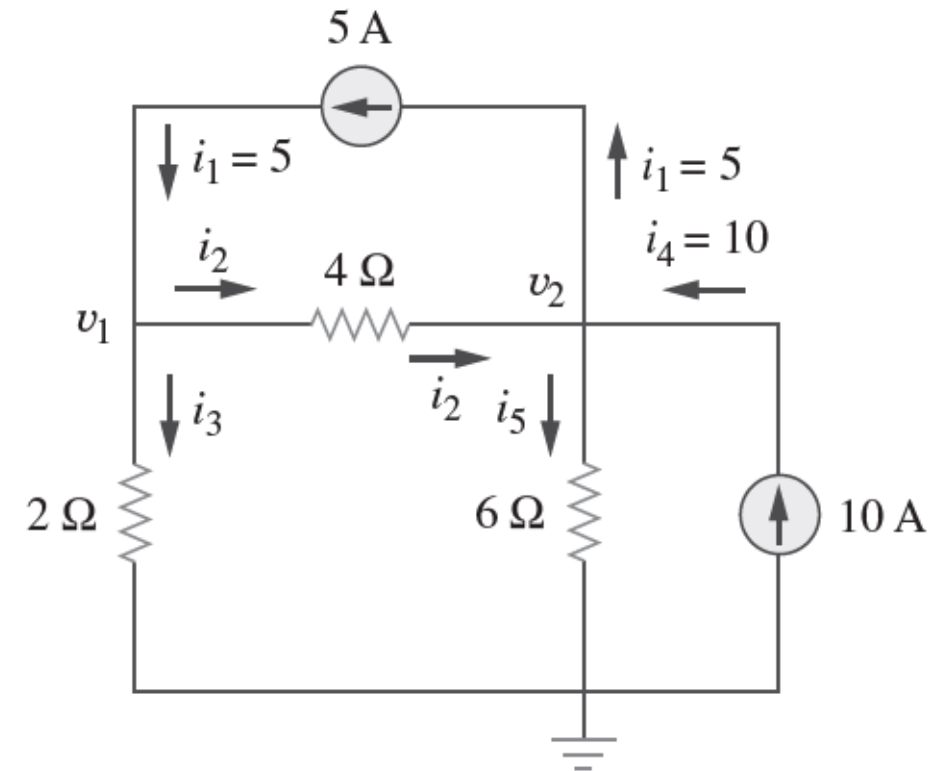


$$3v_1 - v_2 = 20$$

$$-3v_1 + 5v_2 = 60$$

Para resolver o sistema de equações é possível utilizar diversos métodos, como substituição, eliminação, regra de Cramer ou inversão de matrizes.

6 – Resolver as equações resultantes para obter as tensões nodais.



$$3v_1 - v_2 = 20$$

$$-3v_1 + 5v_2 = 60$$

Por eliminação:

$$4v_2 = 80$$

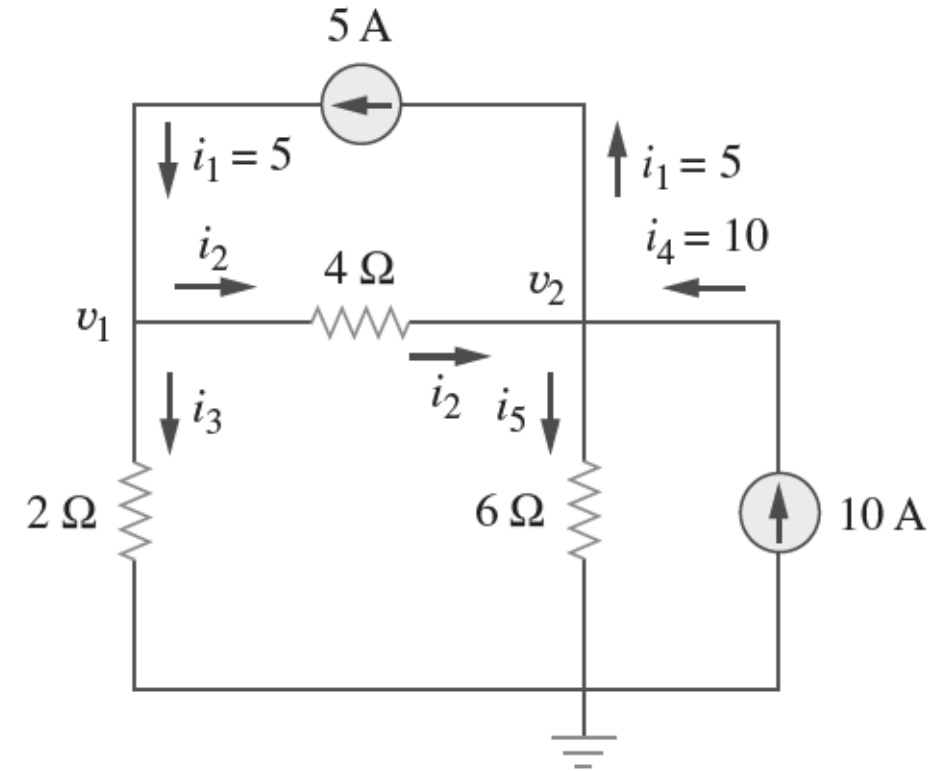
$$v_2 = 20 \text{ V}$$

$$3v_1 - 20 = 20$$

$$3v_1 = 40$$

$$v_1 = 13,33 \text{ V}$$

6 – Resolver as equações resultantes para obter as tensões nodais.



$$3v_1 - v_2 = 20$$

$$-3v_1 + 5v_2 = 60$$

Pela regra de Cramer:

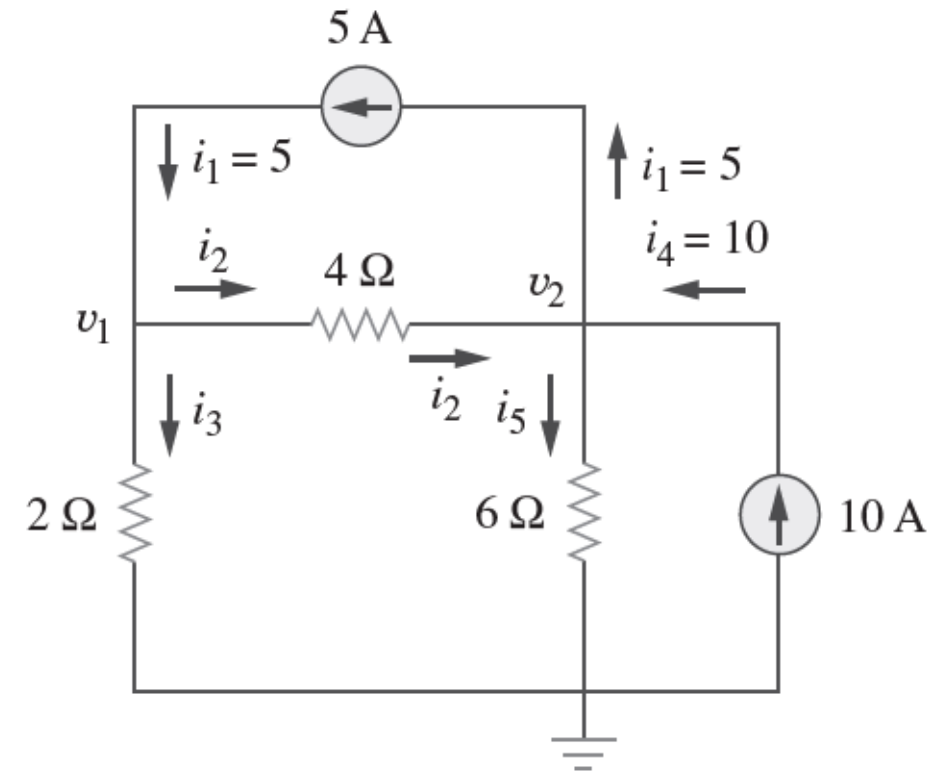
$$\Delta = \begin{vmatrix} 3 & -1 \\ -3 & 5 \end{vmatrix} = 15 - 3 = 12$$

$$v_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{\begin{vmatrix} 20 & -1 \\ 60 & 5 \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{100 + 60}{12} = \frac{160}{12} = 13,333 \text{ V}$$

$$v_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{\begin{vmatrix} 3 & 20 \\ -3 & 60 \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{180 + 60}{12} = \frac{240}{12} = 20 \text{ V}$$

Análise Nodal: Procedimento

7 – A partir das tensões nodais obter os parâmetros necessários.



$$v_2 = 20 \text{ V}$$

$$v_1 = 13,33 \text{ V}$$

$$i_1 = 5 \text{ A}$$

$$i_2 = \frac{v_1 - v_2}{4} = \frac{13,333 - 20}{4} = -1,666 \text{ A}$$

$$i_3 = \frac{v_1 - 0}{2} = \frac{13,333 - 0}{2} = 6,666 \text{ A}$$

$$i_4 = 10 \text{ A}$$

$$i_5 = \frac{v_2 - 0}{6} = \frac{20 - 0}{6} = 3,333 \text{ A}$$

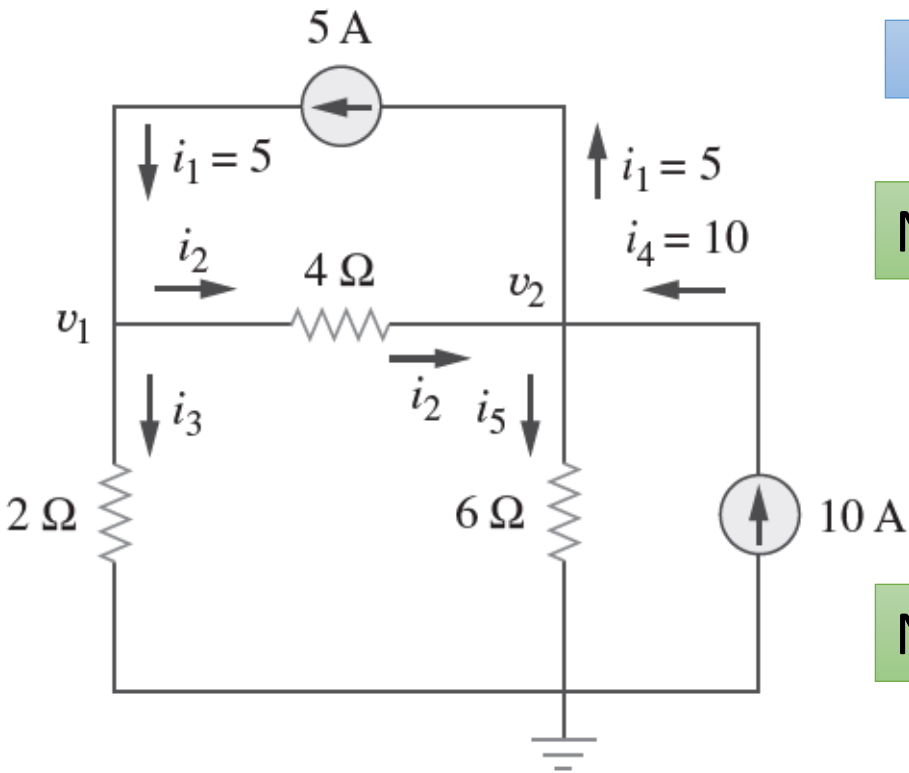
Sentido real é oposto ao arbitrado

$$P_{2\Omega} = i_3 v_1 = 6,666 \times 13,333$$

$$P_{2\Omega} = 88,88 \text{ W}$$

Análise Nodal por Inspeção

☐ Método genérico para determinar as tensões nodais.



$$i_1 = 5$$

$$i_2 = \frac{v_1 - v_2}{4}$$

$$i_3 = \frac{v_1 - 0}{2}$$

$$i_4 = 10$$

$$i_5 = \frac{v_2 - 0}{6}$$

Nó 1

$$i_1 = i_2 + i_3$$

$$5 = \frac{v_1 - v_2}{4} + \frac{v_1 - 0}{2}$$

× 4

$$20 = v_1 - v_2 + 2v_1$$

$$3v_1 - v_2 = 20$$

Nó 2

$$i_2 + i_4 = i_1 + i_5$$

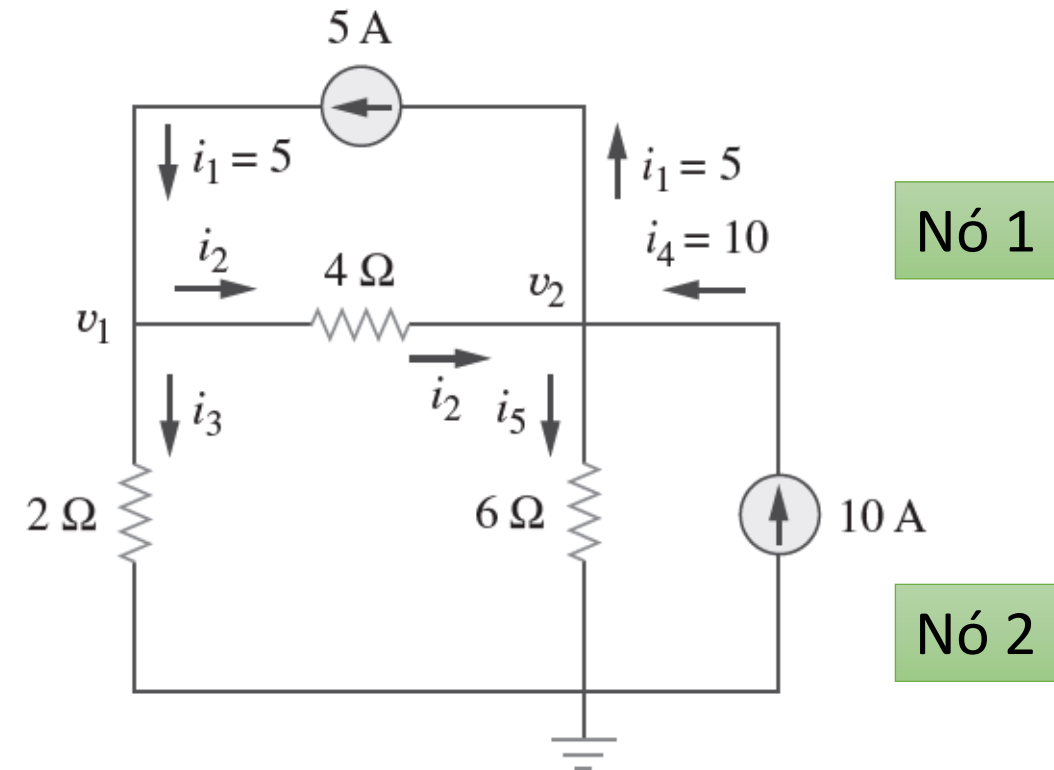
$$\frac{v_1 - v_2}{4} + 10 = 5 + \frac{v_2 - 0}{6}$$

× 12

$$3v_1 - 3v_2 + 120 = 60 + 2v_2$$

$$-3v_1 + 5v_2 = 60$$

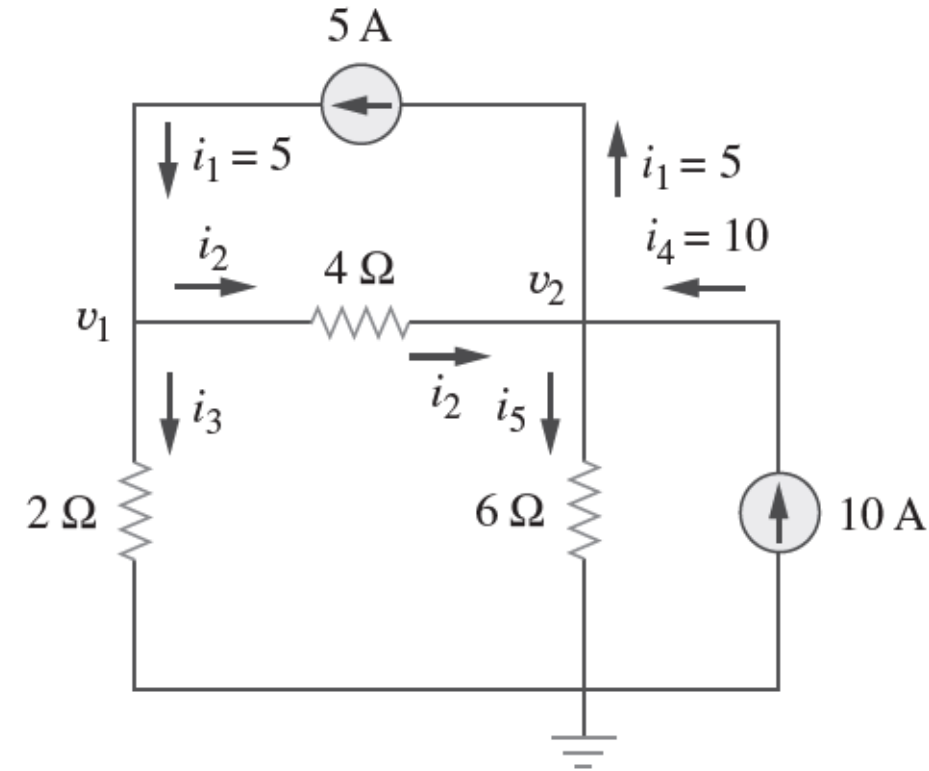
☐ Método genérico para determinar as tensões nodais.



$$5 = \frac{v_1 - v_2}{4} + \frac{v_1 - 0}{2}$$

$$\frac{v_1 - v_2}{4} + 10 = 5 + \frac{v_2 - 0}{6}$$

□ Método genérico para determinar as tensões nodais.



Nó 1

$$5 = \frac{v_1 - v_2}{4} + \frac{v_1 - 0}{2}$$

$$5 = \frac{v_1}{4} - \frac{v_2}{4} + \frac{v_1}{2}$$

$$\frac{v_1}{2} + \frac{v_1}{4} - \frac{v_2}{4} = 5$$

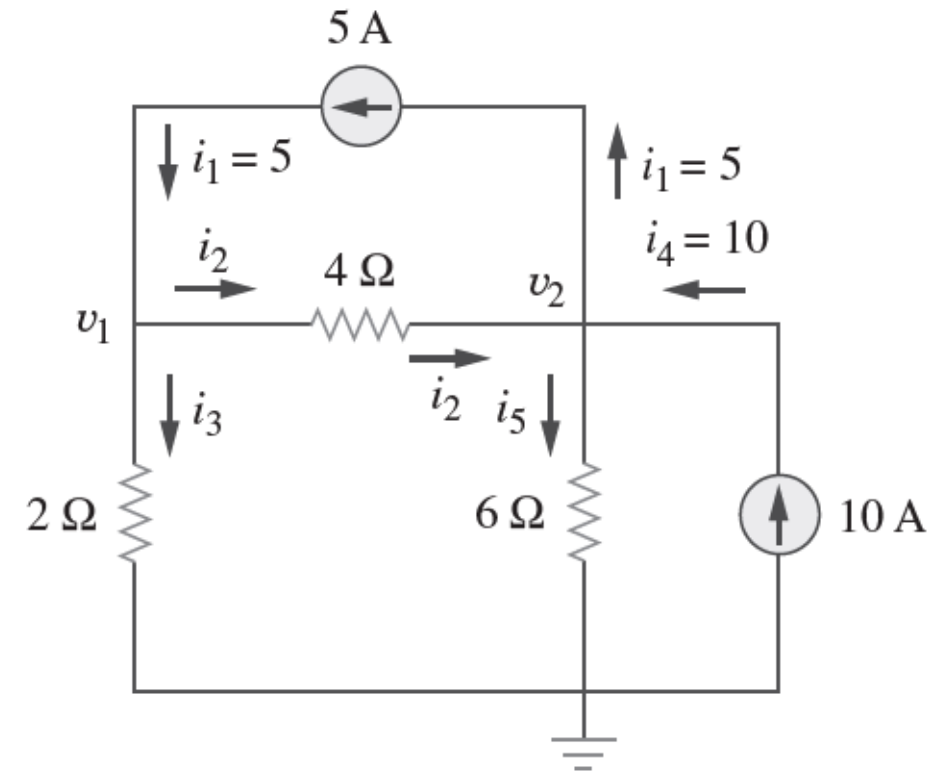
Nó 2

$$\frac{v_1 - v_2}{4} + 10 = 5 + \frac{v_2 - 0}{6}$$

$$\frac{v_1}{4} - \frac{v_2}{4} + 10 = 5 + \frac{v_2}{6}$$

$$\frac{v_2}{6} + \frac{v_2}{4} - \frac{v_1}{4} = 10 - 5$$

Análise Nodal por Inspeção



Nó 1

$$5 = \frac{v_1 - v_2}{4} + \frac{v_1 - 0}{2}$$

$$5 = \frac{v_1}{4} - \frac{v_2}{4} + \frac{v_1}{2}$$

$$\frac{v_1}{2} + \frac{v_1}{4} - \frac{v_2}{4} = 5$$

Somatória do produto da tensão nodal pelas condutâncias conectadas ao nó 1

Nó 2

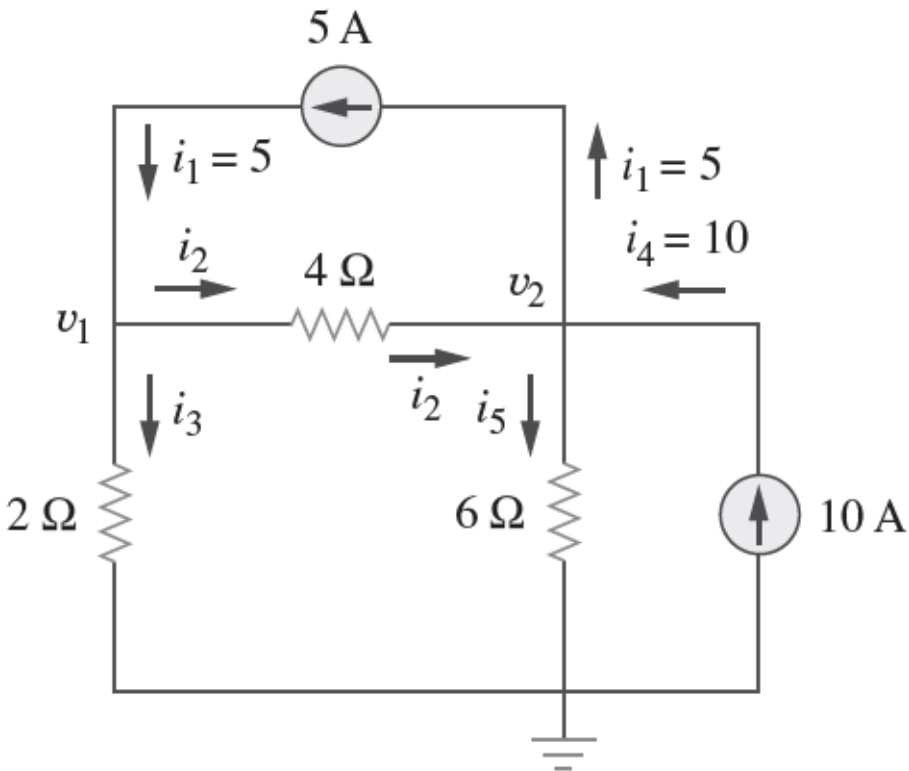
$$\frac{v_1 - v_2}{4} + 10 = 5 + \frac{v_2 - 0}{6}$$

$$\frac{v_1}{4} - \frac{v_2}{4} + 10 = 5 + \frac{v_2}{6}$$

$$\frac{v_2}{6} + \frac{v_2}{4} - \frac{v_1}{4} = 10 -$$

Somatória do produto da tensão nodal pelas condutâncias conectadas ao nó 2

Análise Nodal por Inspeção



Nó 1

$$5 = \frac{v_1 - v_2}{4} + \frac{v_1 - 0}{2}$$

$$5 = \frac{v_1}{4} - \frac{v_2}{4} + \frac{v_1}{2}$$

$$\frac{v_1}{2} + \frac{v_1}{4} - \frac{v_2}{4} = 5$$

Subtração do produto da tensão nodal pelas condutâncias conectadas ao nó adjacente

Nó 2

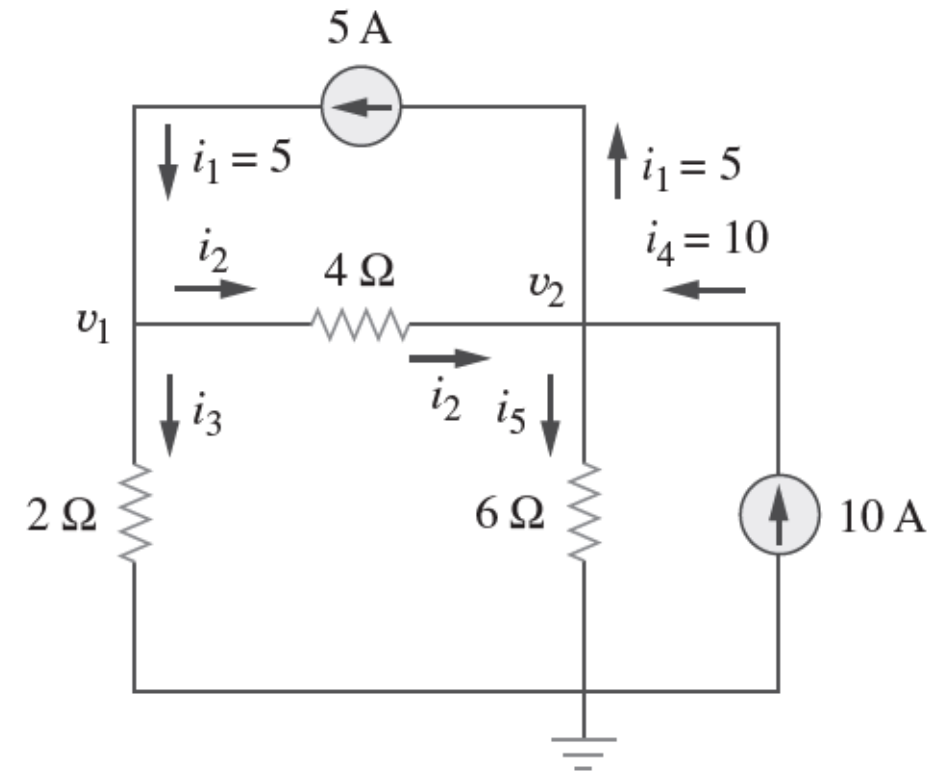
$$\frac{v_1 - v_2}{4} + 10 = 5 + \frac{v_2 - 0}{6}$$

$$\frac{v_1}{4} - \frac{v_2}{4} + 10 = 5 + \frac{v_2}{6}$$

$$\frac{v_2}{6} + \frac{v_2}{4} - \frac{v_1}{4} = 10 -$$

Subtração do produto da tensão nodal pelas condutâncias conectadas ao nó adjacente

Análise Nodal por Inspeção



Nó 1

$$5 = \frac{v_1 - v_2}{4} + \frac{v_1 - 0}{2}$$

$$5 = \frac{v_1}{4} - \frac{v_2}{4} + \frac{v_1}{2}$$

$$\frac{v_1}{2} + \frac{v_1}{4} - \frac{v_2}{4} = 5$$

Inserção das fontes de corrente conectadas ao nó 1

Nó 2

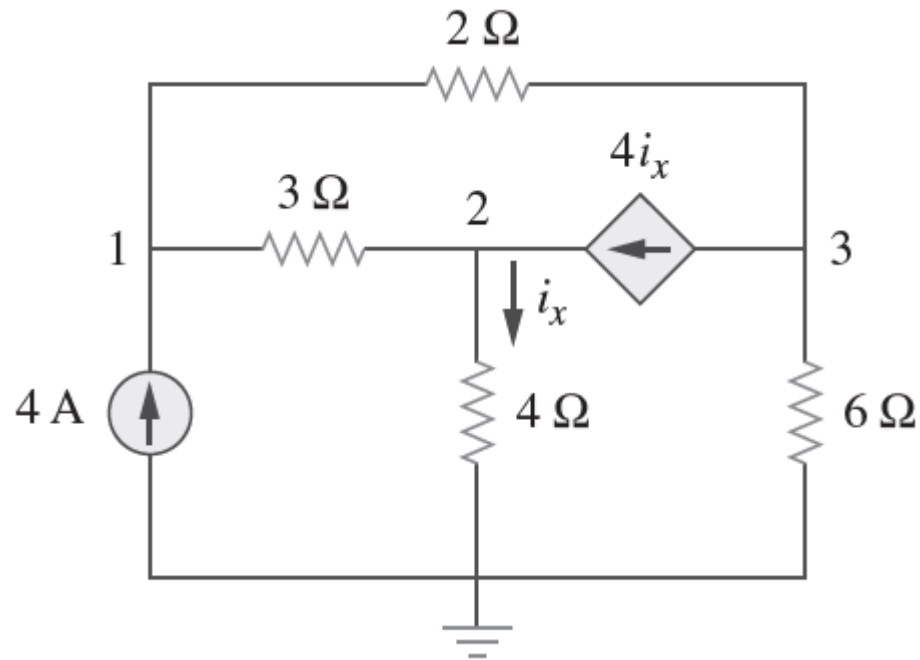
$$\frac{v_1 - v_2}{4} + 10 = 5 + \frac{v_2 - 0}{6}$$

$$\frac{v_1}{4} - \frac{v_2}{4} + 10 = 5 + \frac{v_2}{6}$$

$$\frac{v_2}{6} + \frac{v_2}{4} - \frac{v_1}{4} = 10 - 5$$

Inserção das fontes de corrente conectadas ao nó 2

Análise Nodal por Inspeção: Exemplo



Nó 1

$$\frac{v_1}{2} + \frac{v_1}{3} - \frac{v_2}{3} - \frac{v_3}{2} = 4$$

Nó 2

$$\frac{v_2}{3} + \frac{v_2}{4} - \frac{v_1}{3} = 4i_x$$

$$i_x = \frac{v_2}{4}$$

Nó 3

$$\frac{v_3}{2} + \frac{v_3}{6} - \frac{v_1}{2} = -4i_x$$

$$\frac{v_1}{2} + \frac{v_1}{3} - \frac{v_2}{3} - \frac{v_3}{2} = 4$$

$$\frac{5v_1}{6} - \frac{v_2}{3} - \frac{v_3}{2} = 4$$

$$\frac{v_2}{3} + \frac{v_2}{4} - \frac{v_1}{3} = 4 \frac{v_2}{4}$$

$$-\frac{v_1}{3} - \frac{5v_2}{12} + 0v_3 = 0$$

$$\frac{v_3}{2} + \frac{v_3}{6} - \frac{v_1}{2} = -4 \frac{v_2}{4}$$

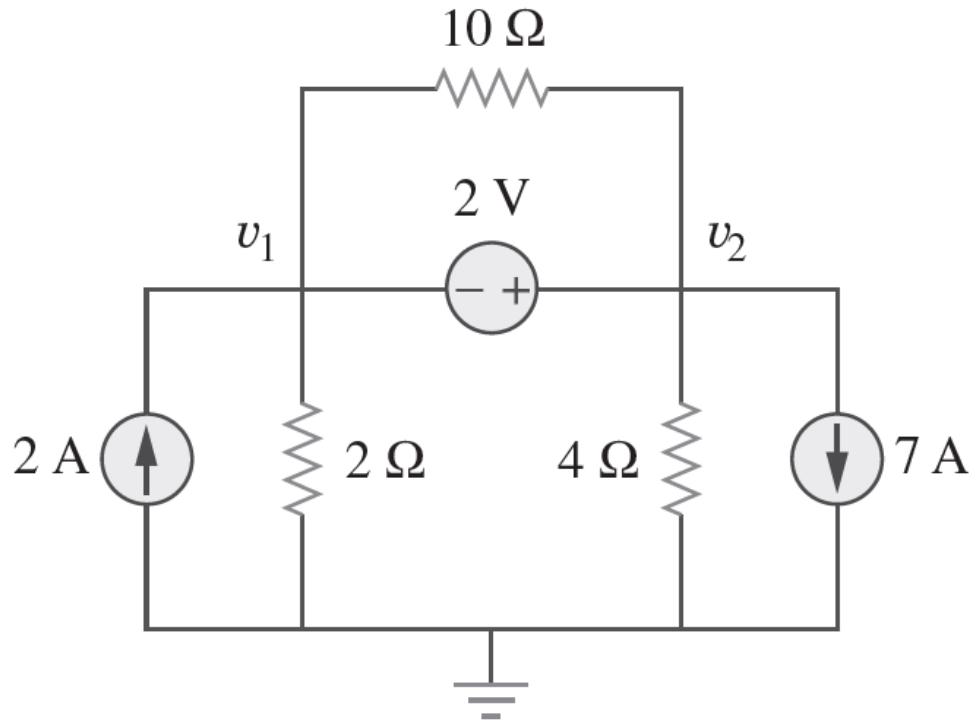
$$-\frac{v_1}{2} + v_2 + \frac{4v_3}{6} = 0$$

$$v_1 = 32 \text{ V}$$

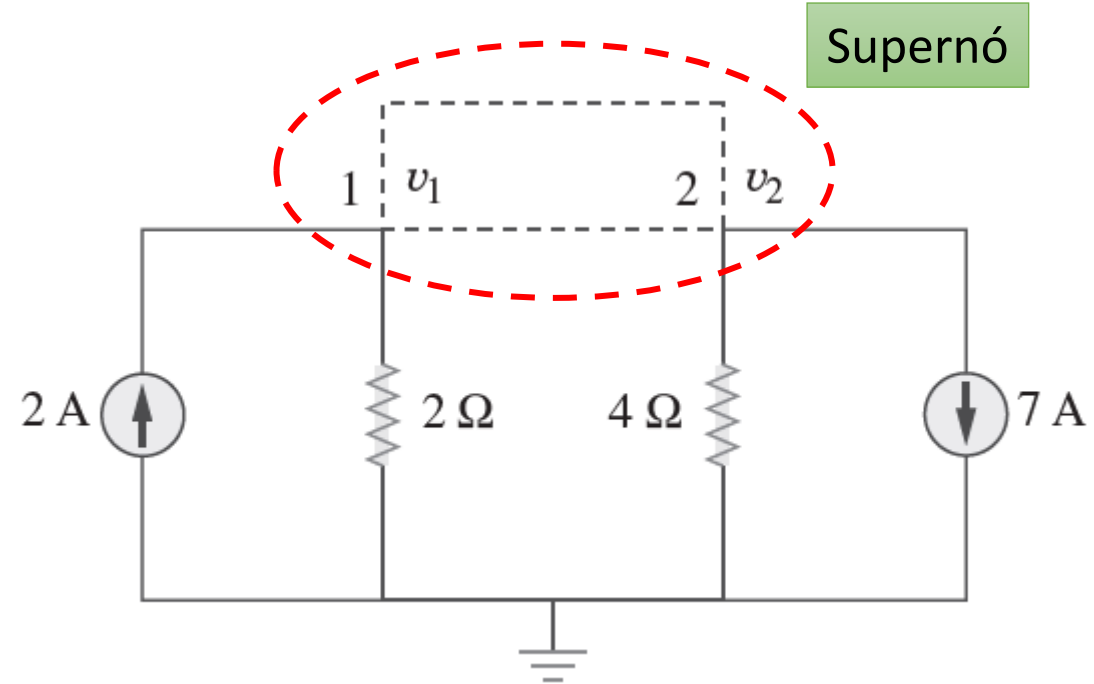
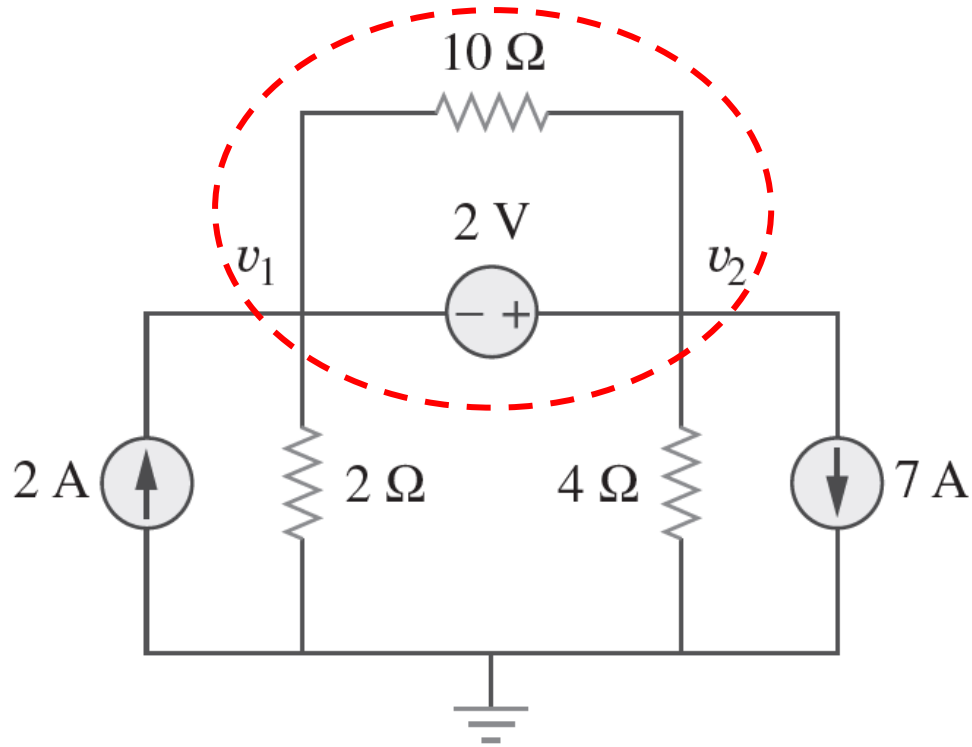
$$v_2 = -25,6 \text{ V}$$

$$v_3 = 62,4 \text{ V}$$

- Artifício utilizado na análise nodal quando existem fontes de tensão no circuito.

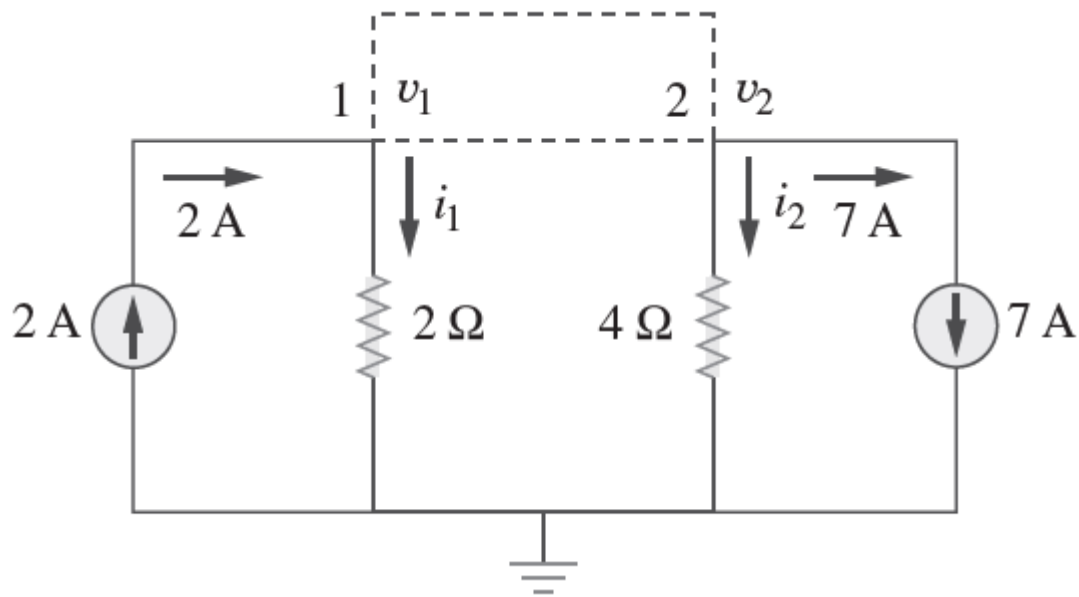


- 1 – Considera-se o ramo onde está localizada a fonte de tensão como um curto-circuito.



Um supernó é formado por uma fonte de tensão conectada entre dois nós que não são de referência e quaisquer elementos conectados em paralelo com ela.

- 2 – Aplica-se a LKC ao supernó e expressa-se a equação em função das tensões nodais.



$$2 = i_1 + i_2 + 7$$

$$i_1 = \frac{v_1 - 0}{2}$$

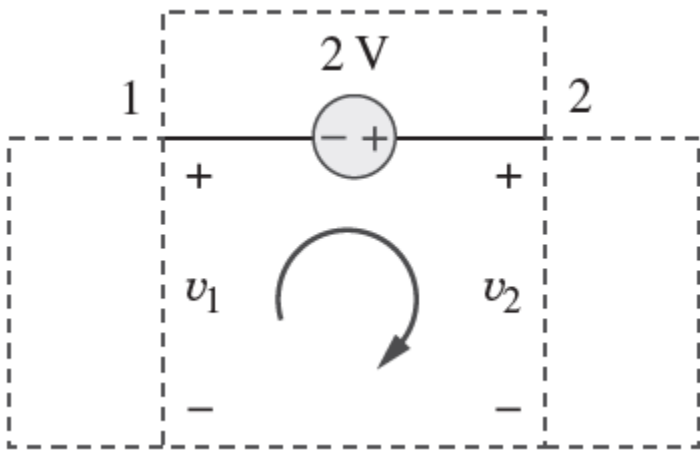
$$i_2 = \frac{v_2 - 0}{4}$$

$$2 = \frac{v_1 - 0}{2} + \frac{v_2 - 0}{4} + 7 \quad \times 4$$

$$8 = 2v_1 + v_2 + 28$$

$$2v_1 + v_2 = -20$$

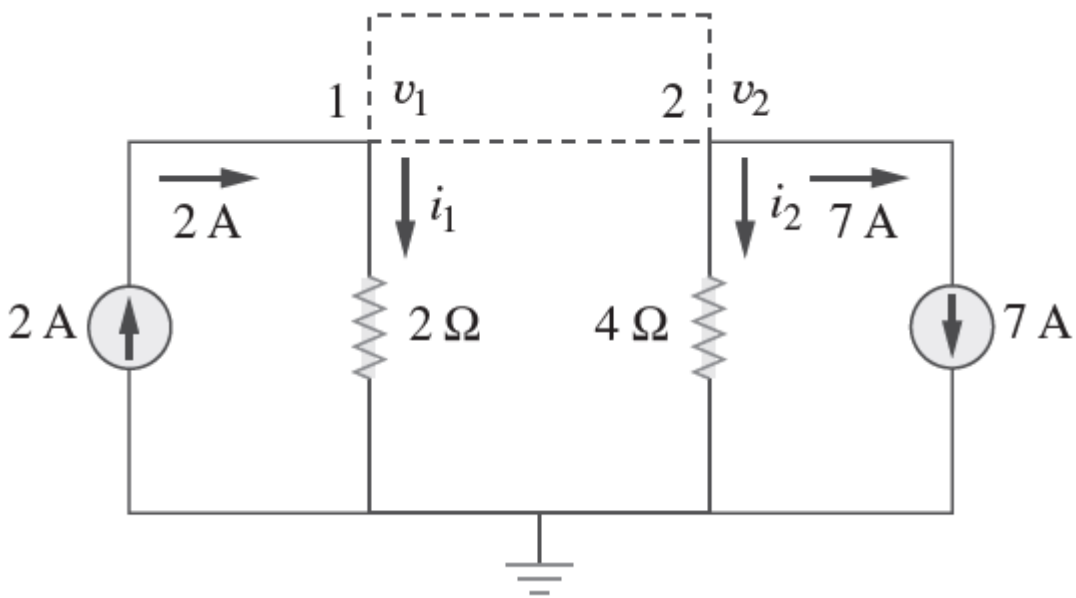
- 3 – Aplica-se a LKT ao laço contendo a fonte de tensão para obter a relação entre as tensões nodais.



$$-v_1 - 2 + v_2 = 0$$

$$-v_1 + v_2 = 2$$

4 – Resolva-se o sistema de equações simultâneas para obter as tensões nodais.



$$2v_1 + v_2 = -20$$

$$-v_1 + v_2 = 2$$

$$v_2 = v_1 + 2$$

$$2v_1 + v_1 + 2 = -20$$

$$3v_1 = -22$$

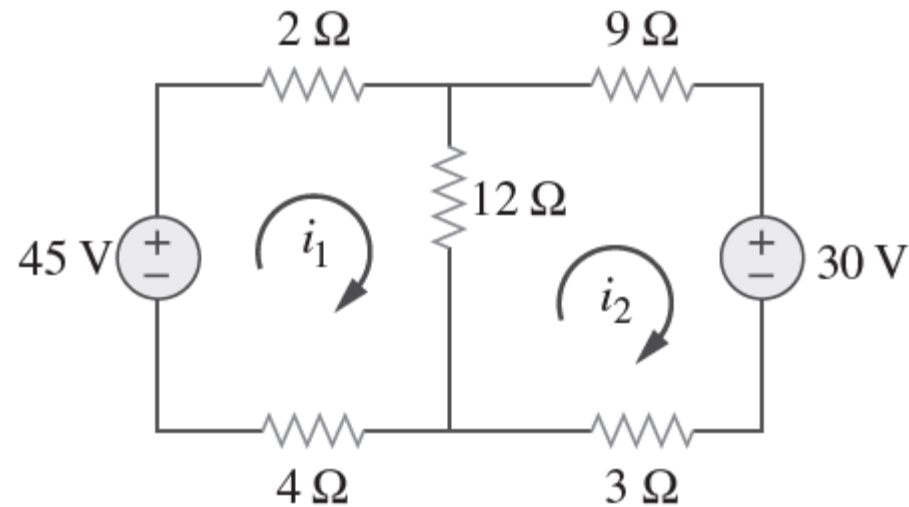
$$v_1 = -7,33 \text{ V}$$

$$v_2 = -7,33 + 2$$

$$v_2 = -5,33 \text{ V}$$

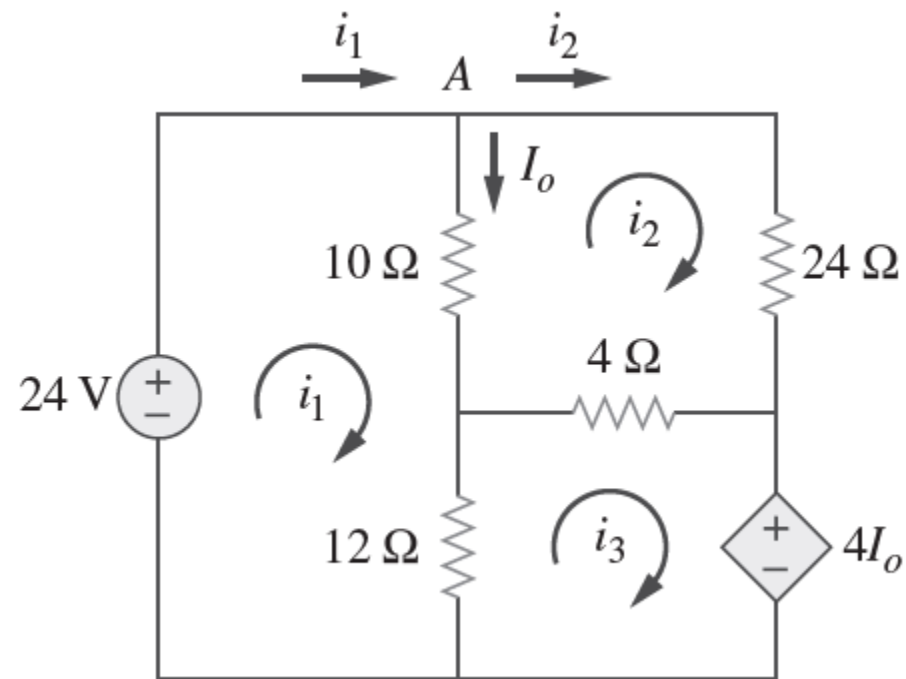
Exercícios Propostos

1 – Determinar as correntes de malha



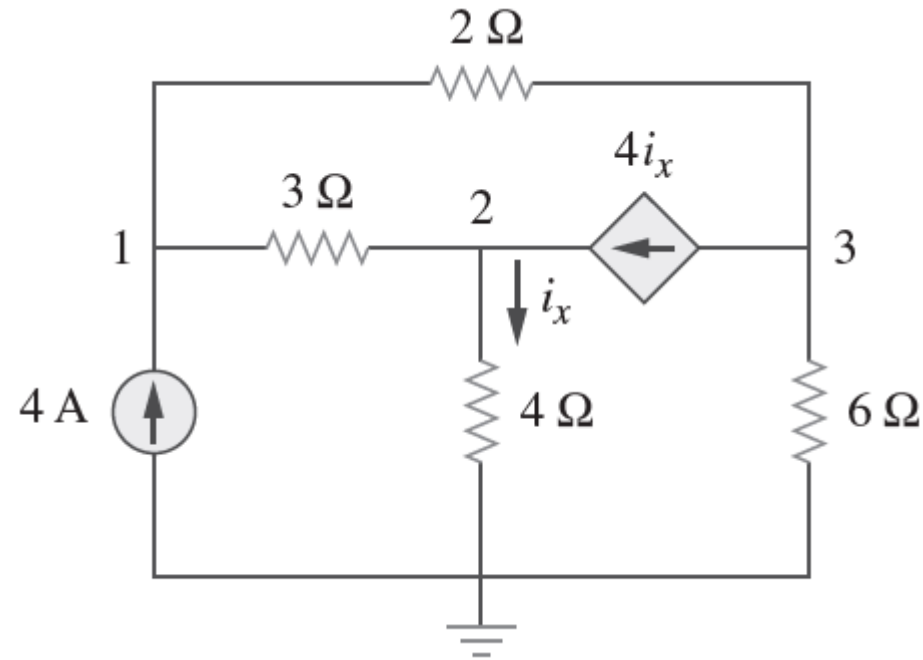
Exercícios Propostos

2 – Determinar as correntes de malha e a corrente I_0



Exercícios Propostos

3 – Determinar as tensões nodais



Exercícios Propostos: Respostas

□1

$$i_1 = 2,5 A$$

$$i_2 = 0 A$$

□2

$$i_1 = 2,25 A$$

$$i_2 = 0,75 A$$

$$i_3 = 1,5 A$$

$$I_0 = 1,5 A$$

□3

$$v_1 = 32 V$$

$$v_2 = -25,6 V$$

$$v_3 = 62,4 V$$

- ❑ J. W. Nilsson, e S. A. Riedel, “Electric Circuits”, 9 ed., New York, Prentice Hall (2011).
- ❑ W. H. Hyat, J. E. Kemmerly, e S. M Durbin, “Análise de Circuitos em Engenharia”, 7 ed., São Paulo, McGraw-Hill (2008).
- ❑ C. K. Alexander, e M. N. O. Sadiku, “Fundamentos de Circuitos Elétricos”, 5 ed., Porto Alegre, AMGH (2013).
- ❑ M. N. O. Sadiku, “Elementos de Eletromagnetismo”, 3 ed., Porto Alegre, Bookman (2004).