

Aula de Eletrônica

Leis de Kirchhoff

Prof. Dr. Ricardo Luiz Barros de Freitas

Leis de Kirchhoff

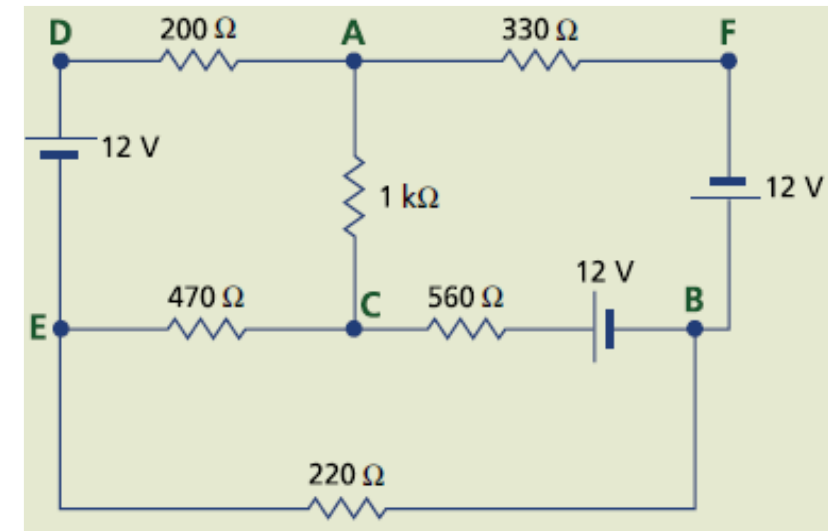
- Juntamente com a lei de Ohm, as Leis de **Kirchhoff** constituem as bases para a análise de um circuito elétrico.
- Analisar um circuito elétrico significa calcular as correntes, tensões e potências em seus componentes.

Definições

- Antes da apresentação das leis de Kirchhoff, convém conhecer alguns termos que serão empregados ao longo do curso.
- **Nó elétrico:** ponto de ligação de três ou mais condutores do circuito.
- **Nó secundário:** no que interliga dois fios.
- **Ramo:** trecho do circuito compreendido entre dois nós principais consecutivos.
 - Em cada ramo do circuito flui uma corrente, denominada corrente de ramo.
- **Malha:** contorno fechado do circuito constituído de, pelo menos, dois ramos.
- **Rede elétrica ou circuito elétrico:** em resumo, associação de vários dispositivos elétricos, sejam eles ativos ou passivos.

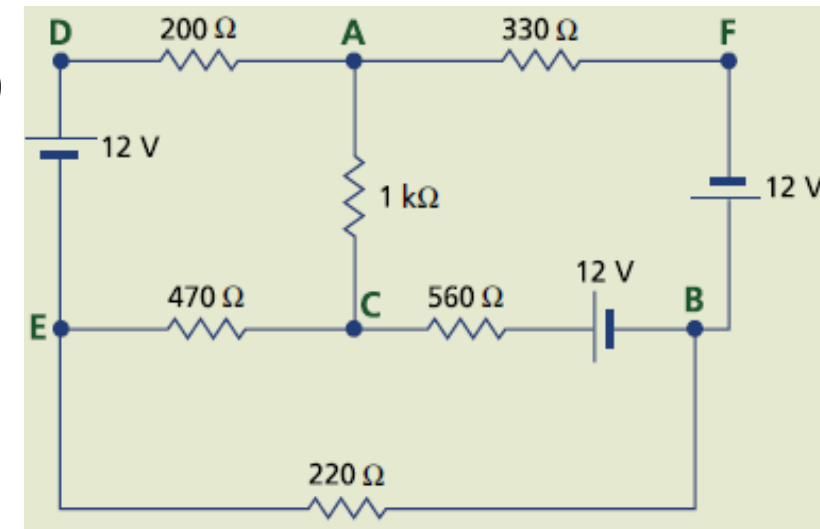
Definições

- **Exemplo**
- Determine os nós, ramos e malhas do circuito da figura:



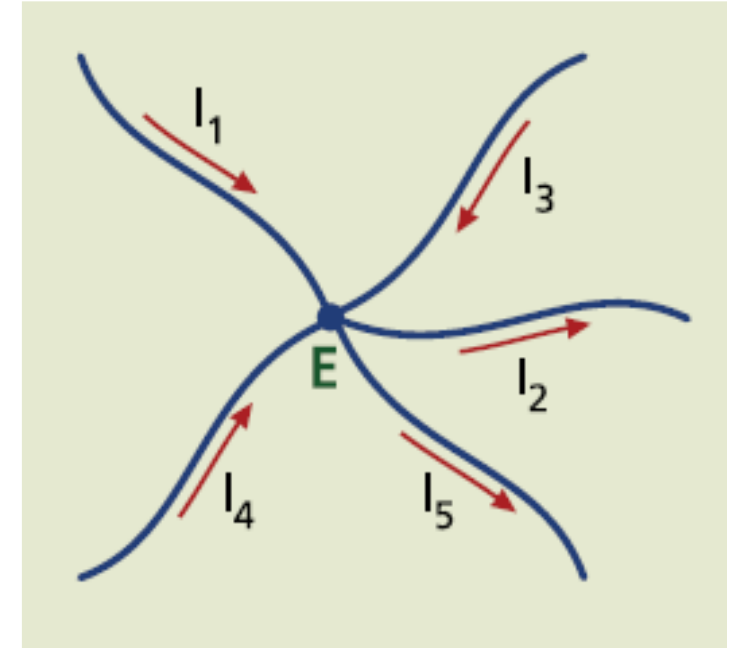
Definições

- ***Solução:***
- Os nós são os pontos A, B, C e E, pois interligam três ou mais fios (ramos).
- Os nós secundários (normalmente não considerados nas análises) são os pontos D e F.
- Os ramos são os trechos ADE, AC, AFB, CE, CB e BE.
- As malhas são os trechos ACEDA, ACBFA, CBEC, ADECBFA, AFBEDA, ADEBCA e AFBECA.



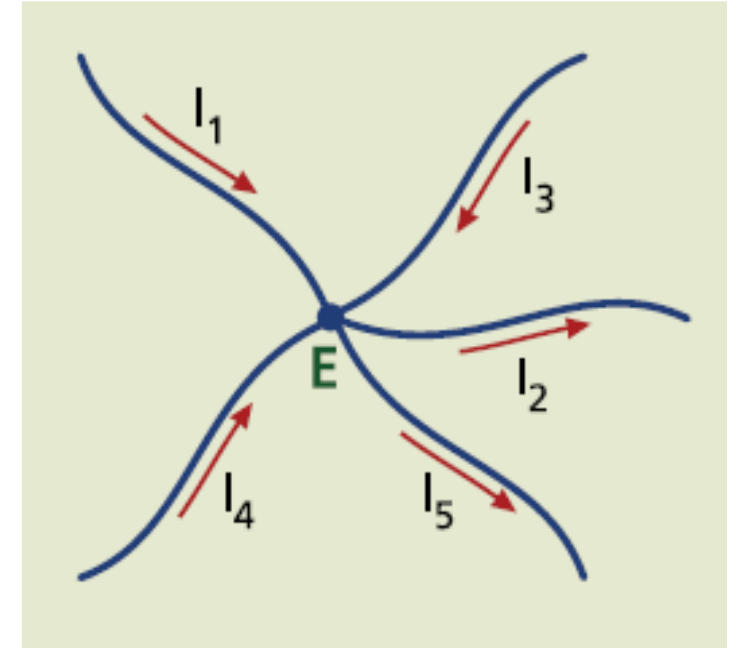
Primeira lei de Kirchhoff ou lei dos nós

- A soma das correntes elétricas que entram em determinado nó é igual a soma das correntes que saem dele.
- A soma das correntes em um nó é nula.
- É preciso estabelecer um sinal para as correntes que chegam e um sinal contrario para as correntes que saem do nó, como mostra a figura:
- Nesse exemplo, tem-se $I_1 + I_3 + I_4 = I_2 + I_5$ (a soma das correntes que entram no nó é igual a soma das correntes que saem dele).
- As correntes I_1 , I_3 e I_4 entram no nó e as correntes I_2 e I_5 saem do nó.



Primeira lei de Kirchhoff ou lei dos nós

- Alternativamente, considerando positivas as correntes que entram no nó e negativas as que saem dele, escreve-se $(I_1 + I_3 + I_4) + (-I_2 - I_5) = 0$ (a soma das correntes em um nó é nula).
- Nota-se que as duas formulas são idênticas.

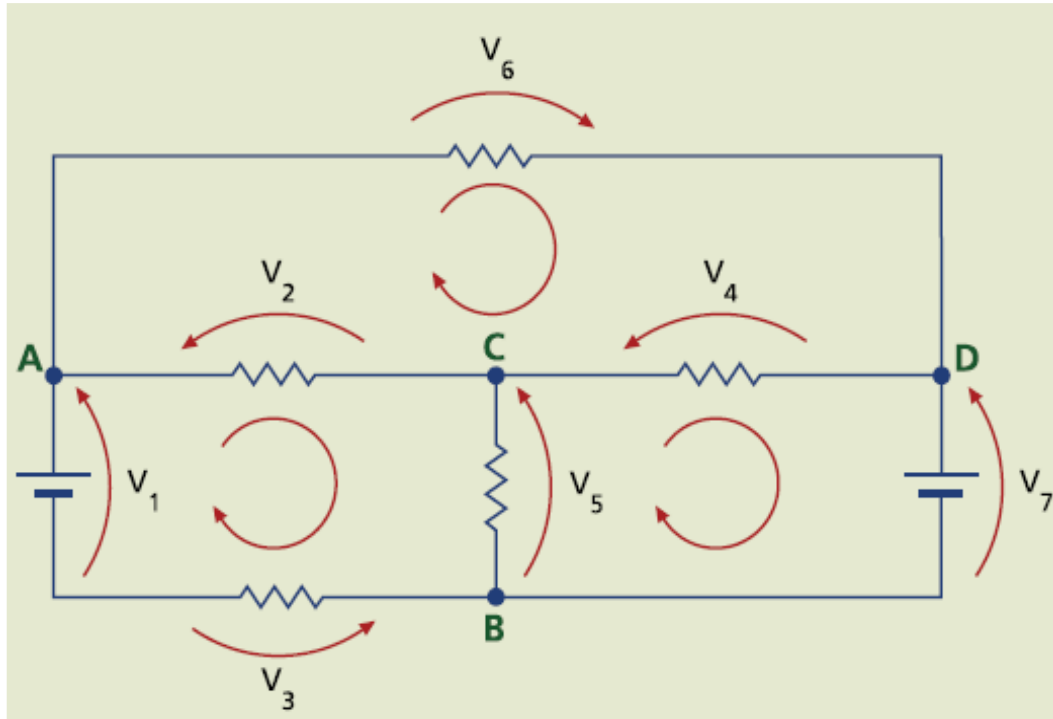


Segunda lei de Kirchhoff ou lei das malhas

- Percorrendo uma malha em determinado sentido, a soma das tensões que têm o mesmo sentido do percurso é igual à soma das tensões que têm sentido contrário.
- Nota-se que as duas formulas são idênticas.
- A soma algébrica (i.e., levando em consideração o sinal) das tensões em uma malha percorrida em determinado sentido é nula.
- Da mesma forma que na primeira lei, deve-se adotar um sinal para cada sentido de tensão.

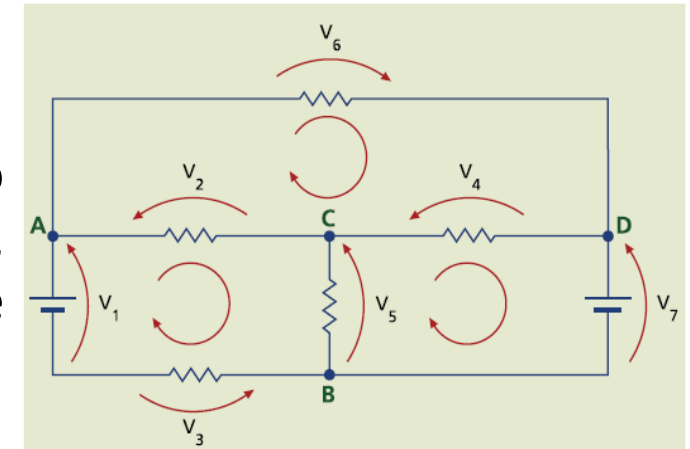
Segunda lei de Kirchhoff ou lei das malhas

- **Exemplo:**
- Aplique a segunda lei de Kirchhoff às malhas da figura:



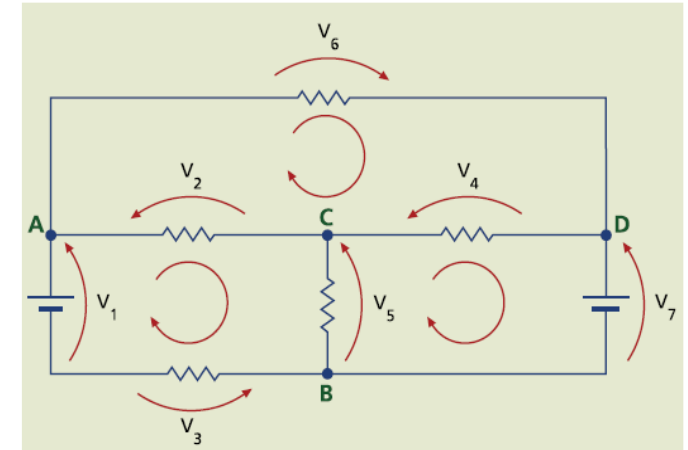
Segunda lei de Kirchhoff ou lei das malhas

- **Solução:**
- **Malha ABC**
- A tensão V_1 aponta para o sentido horário, enquanto V_5 , V_2 , V_3 apontam para o sentido anti-horário, resultando em:
- $V_1 = V_5 + V_2 + V_3$.
- Outro procedimento que se pode aplicar para chegar ao mesmo resultado consiste em percorrer a malha ABC no sentido horário, atribuindo o sinal positivo para as tensões de mesmo sentido e negativo para as de sentido oposto, resultando em
- $V_1 - V_5 - V_2 - V_3 = 0$.
- Essa equação é idêntica a primeira.



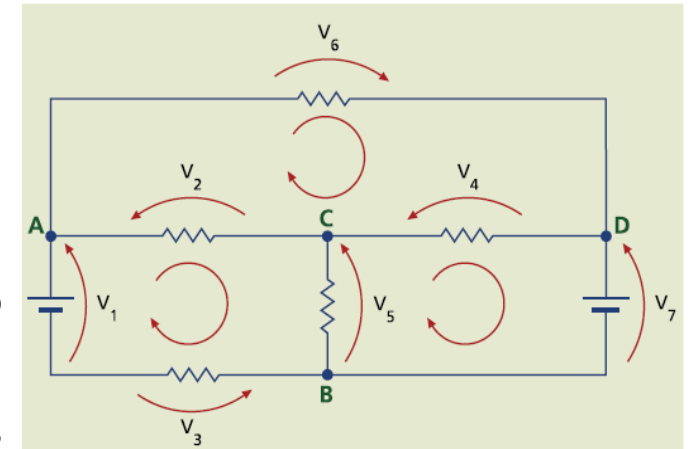
Segunda lei de Kirchhoff ou lei das malhas

- Solução:
- **Malha BCD**
- $V_5 = V_4 + V_7$ ou $V_5 - V_4 - V_7 = 0$.
- **Malha ACD**
- $V_6 + V_4 + V_2 = 0$.
- **Malha ACDB**
- $V_1 = V_2 + V_3 + V_4 + V_7$ ou $V_1 - V_2 - V_3 - V_4 - V_7 = 0$.



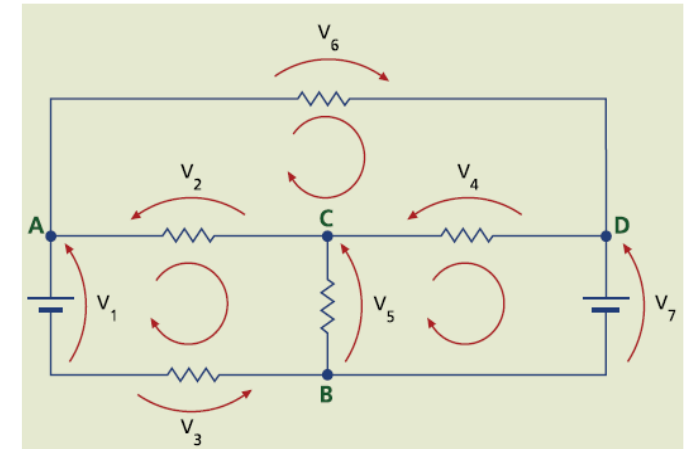
Resolução de circuitos pelo método da análise de malhas (leis de Kirchhoff)

- Resolver um circuito elétrico significa determinar as correntes de todos os seus ramos.
- Com esses valores, é possível encontrar as tensões e as potências de cada dispositivo do circuito.
- Para tal finalidade, esta sequência de orientações ajuda na utilização das leis de Kirchhoff:
 - 1. Identificar os nós, ramos e malhas do circuito.
 - 2. Orientar de modo aleatório as correntes de ramo do circuito (caso uma análise simples não permita orientação mais adequada).
 - 3. Orientar as tensões do circuito, tomando como referência essas correntes.
 - 4. Montar equações utilizando as leis de Kirchhoff, em número igual ao de correntes de ramo (incógnitas) existentes. Como o total de nós e malhas no circuito ultrapassa o número de incógnitas, sugere-se adotar a seguinte regra:
 - $\text{número}_{\text{equações de malhas}} = \text{número}_{\text{malhas}} - \text{número}_{\text{nós}}$



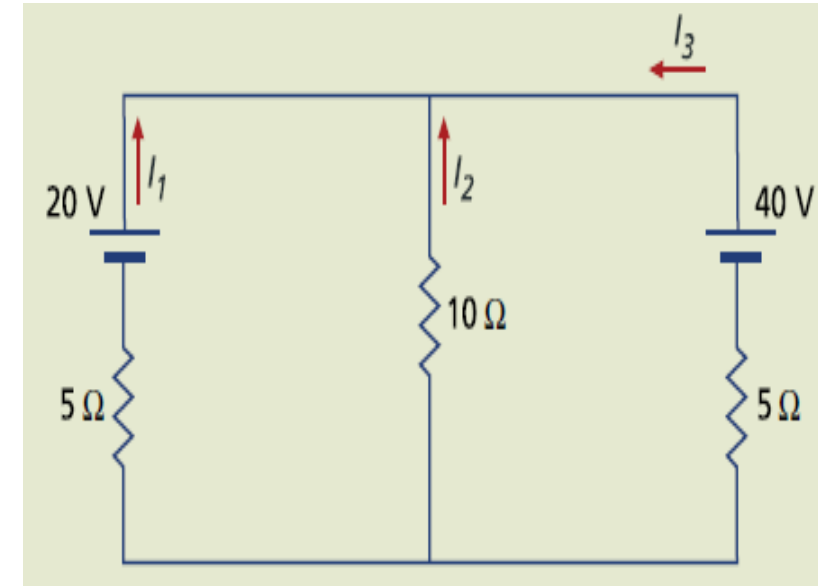
Resolução de circuitos pelo método da análise de malhas (leis de Kirchhoff)

- 5. Resolver o sistema de equações por qualquer método.
 - Caso uma ou mais correntes tenham resultado negativo, isso deve ser interpretado como consequência de uma orientação invertida no sentido delas, porém o valor obtido em módulo é o correto.



Resolução de circuitos pelo método da análise de malhas (leis de Kirchhoff)

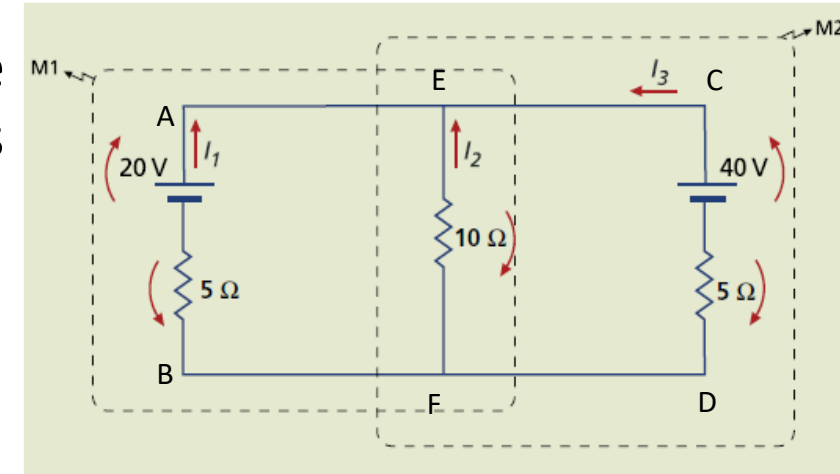
- **Exemplo**
- Determine as correntes de ramo existentes no circuito da figura, utilizando as leis de Kirchhoff.



Resolução de circuitos pelo método da análise de malhas (leis de Kirchhoff)

- **Solução**

- 1. Determinação dos nós, ramos e malhas: há dois nós (E e F), três ramos (EABF, EF e ECDF), duas malhas simples ou internas (ABFEA e EFDCE) e uma malha externa (ABDCA).
- 2 e 3. Orientação das correntes: escolhem-se arbitrariamente os sentidos das três correntes de ramo; as tensões nas resistências são orientadas com base nessas escolhas



Resolução de circuitos pelo método da análise de malhas (leis de Kirchhoff)

- Solução

- **4. Montagem das equações:**

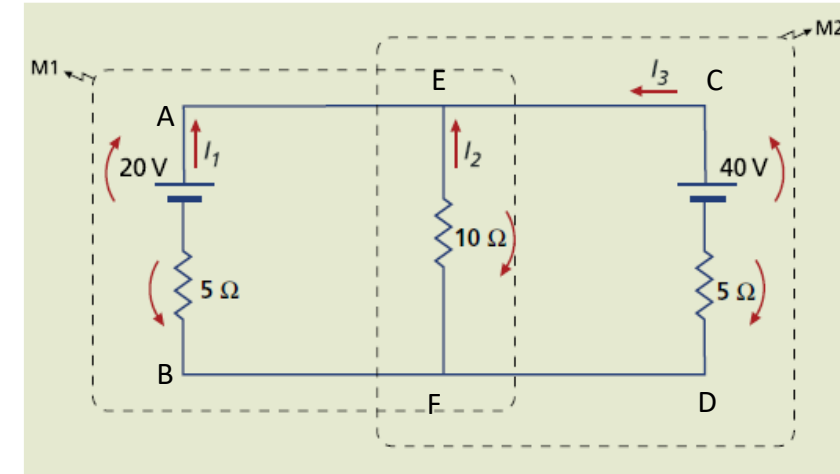
- Aplica-se a primeira lei de Kirchhoff (lei dos nós) a um dos dois nós existentes: (escolhido o E)

- $I_1 + I_2 + I_3 = 0$

- A soma das três correntes é nula

- Logo, pode-se concluir que pelo menos uma delas está com sentido invertido em relação ao real.

- Observando a orientação dos geradores, é possível afirmar que pelo menos I_2 deve estar com o sentido invertido em relação ao real.



Resolução de circuitos pelo método da análise de malhas (leis de Kirchhoff)

- **Solução**

- **4. Montagem das equações:**

- Aplicando a segunda lei de Kirchhoff (lei das malhas), apenas para as malhas internas, resulta:

- **Malha 1 (ABFEA):**

- $20 + 10I_2 - 5I_1 = 0$

- $5I_1 = 10I_2 + 20$

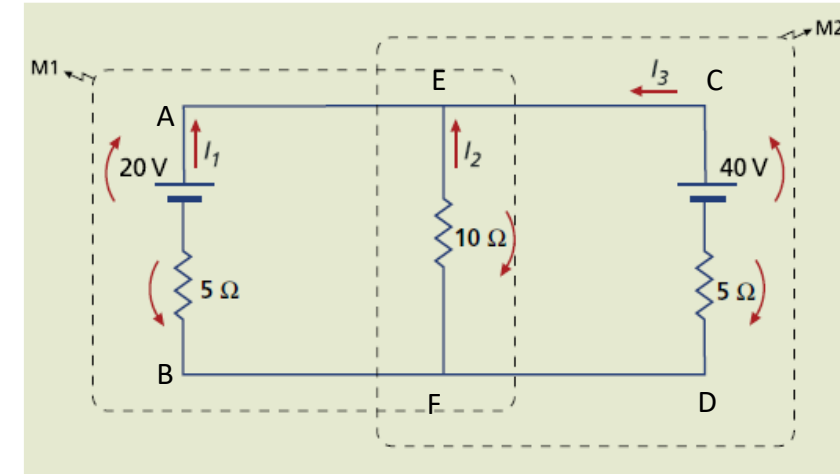
- Dividindo a equação por 5, temos:

- $I_1 - 2I_2 = 4$

- **Malha 2 (EFDCE):**

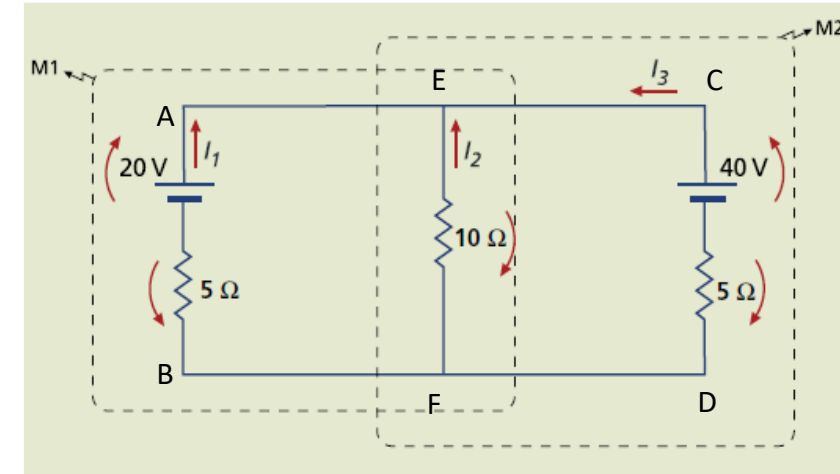
- $5I_3 = 10I_2 + 40$

- Dividindo a equação por 5, temos:



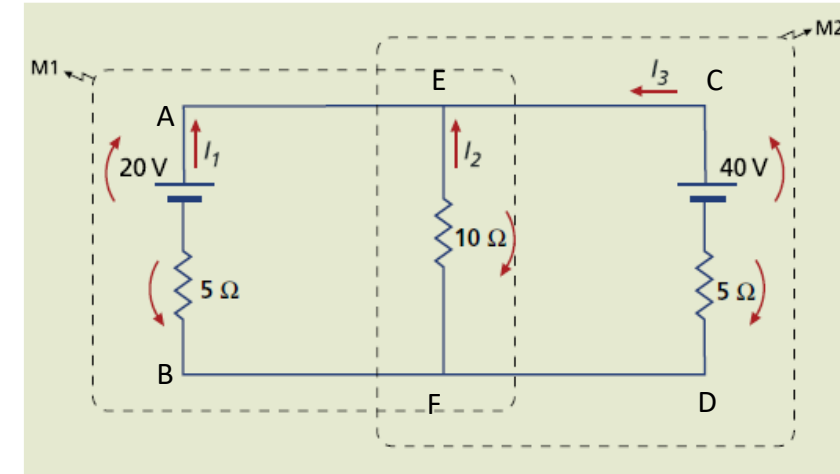
Resolução de circuitos pelo método da análise de malhas (leis de Kirchhoff)

- Solução
- **4. Montagem das equações:**
- Aplicando a segunda lei de Kirchhoff (lei das malhas), apenas para as malhas internas, resulta:
- **Malha 2 (EFDCE):**
- $40 + 10I_2 - 5I_3 = 0$
- $5I_3 = 10I_2 + 40$
- Dividindo a equação por 5, temos:
- $I_3 - 2I_2 = 8$



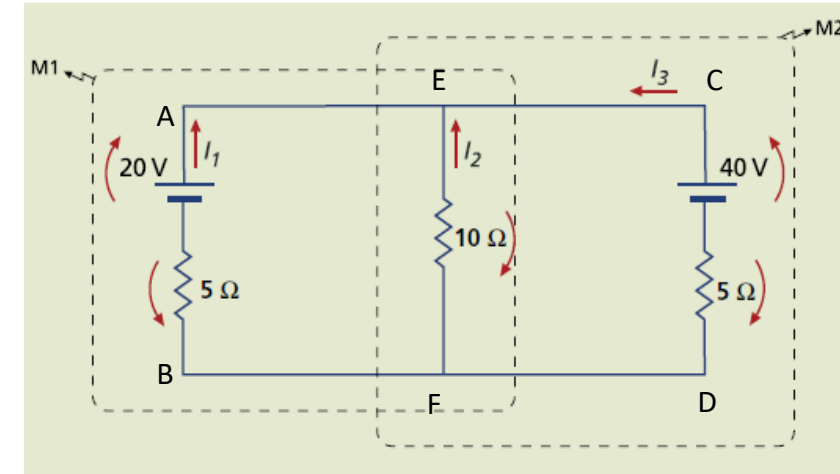
Resolução de circuitos pelo método da análise de malhas (leis de Kirchhoff)

- Solução
- **4. Montagem das equações:**
- Portanto, temos um sistema de três equações com três incógnitas (correntes):
- $I_1 + I_2 + I_3 = 0$
- $I_1 - 2I_2 = 4$
- $I_3 - 2I_2 = 8$



Resolução de circuitos pelo método da análise de malhas (leis de Kirchhoff)

- Solução
- **4. Montagem das equações:**
- Para resolve-lo, podemos deixar a corrente I_1 isolada no primeiro membro e fazer o mesmo para a corrente I_3 .
- As duas equações ficam:
- $I_1 = 2I_2 + 4$
- $I_3 = 2I_2 + 8$



Resolução de circuitos pelo método da análise de malhas (leis de Kirchhoff)

- Solução

- **4. Montagem das equações:**

- Substituindo essas expressões na equação

- $I_1 + I_2 + I_3 = 0$

- temos:

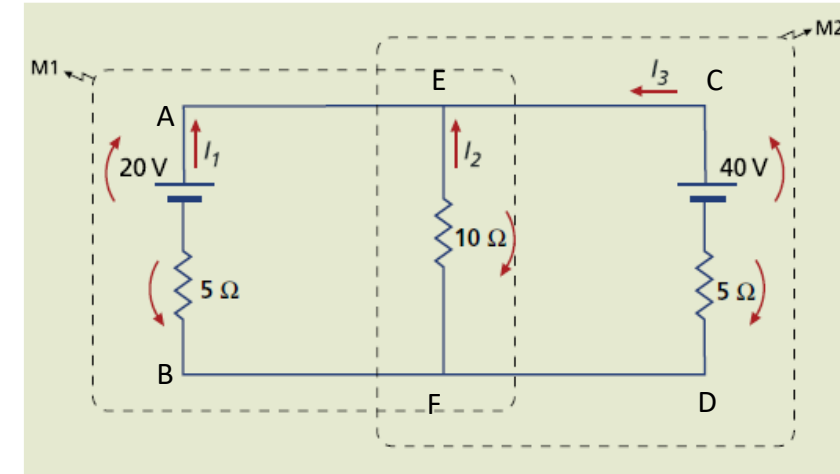
- $2I_2 + 4 + I_2 + 2I_2 + 8 = 0 \rightarrow 5I_2 = -12$

- $I_2 = -12/5$

- $I_2 = -2,4$

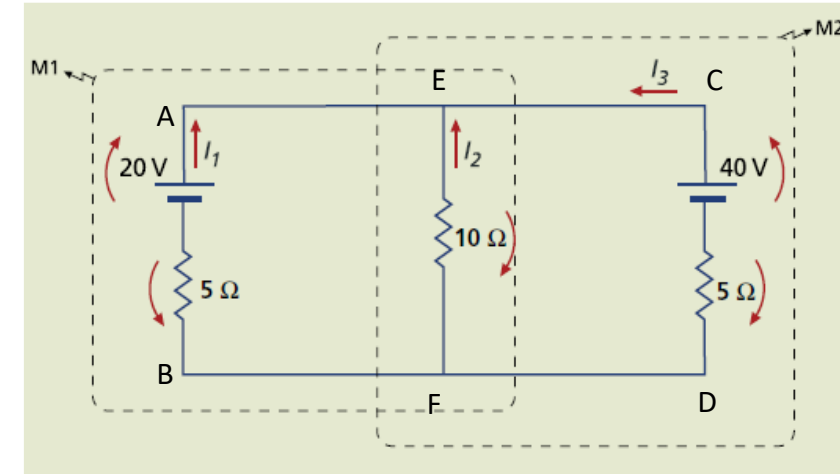
- Isso significa que o sentido de I_2 adotado no início do exemplo é o inverso do real.

- No entanto, para a resolução matemática do sistema, mantém-se o sinal obtido em I_2



Resolução de circuitos pelo método da análise de malhas (leis de Kirchhoff)

- Solução
- **4. Montagem das equações:**
- Logo, substituindo o valor de I_2 nas equações:
- $I_1 = 2I_2 + 4$
- $I_3 = 2I_2 + 8$
- obtemos os valores das correntes I_1 e I_3 :
- $I_1 = 2 \cdot (-2,4) + 4 = -0,8 \text{ A}$
- $I_3 = 2 \cdot (-2,4) + 8 = 3,2 \text{ A}$
- Portanto, também I_1 tem sentido contrario ao adotado no inicio do exemplo, ao passo que I_3 esta com o sentido correto.



Resolução de circuitos pelo método da análise de malhas (leis de Kirchhoff)

- **Solução**
- Analisando os resultados obtidos, conclui-se que a fonte de 40 V prevalece sobre o de 25 V, por causa da orientação de ambos.
- A parcela de I_1 devida ao gerador de 40 V é maior que a do gerador de 25 V.

