

# Capítulo V

## Técnicas de Análise de Circuitos

### 5.1 Introdução

Analisar um circuito é obter um conjunto de equações ou valores que demonstram as características de funcionamento do circuito.

A análise é fundamental para que se possa sintetizar (implementar) um circuito, ou seja, a partir da análise de circuitos, pode-se arranjar elementos que uma vez interconectados e alimentados, comportam-se de uma forma desejada.

### 5.2 Método da Análise Nodal

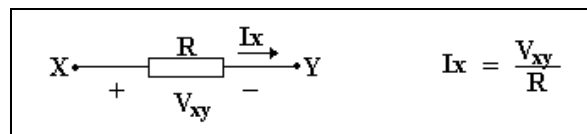
A análise nodal ou método nodal é baseado na Lei das Correntes de Kirchhoff (LCK).

Para empregar esse método se aplicam os passos que estão dispostos nos itens de ‘a’ a ‘e’ que se seguem:

- Verificar o número de nós do circuito. O número de equações necessárias para efetuar a análise do circuito é:

$$\text{Número de equações} = \text{nós} - 1 \quad (5.1)$$

- Escolher um dos nós como “nó de referência”, atribuindo-lhe tensão nula. É interessante que o nó de referência seja o “terra” ou um nó com muitos ramos.
- Escolher um sentido arbitrário de corrente em cada elemento, atribuindo a respectiva polaridade. Em casos de elementos passivos, atribui-se a polaridade conforme mostra a figura 5.1.



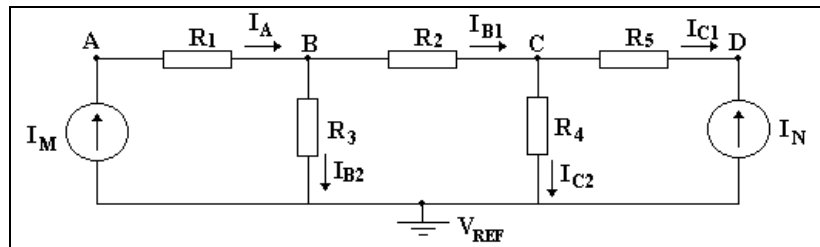
**Figura 5.1:** Polaridade em um elemento em função da corrente (regra prática)

- Aplicar a LCK em cada nó, exceto no nó de referência, obtendo as equações.
- Resolver o sistema formado, obtendo assim as tensões nos nós e conseqüentemente as correntes circulantes do circuito.

Nas subseções desta seção seguem-se alguns exemplos de análise de circuitos utilizando análise nodal.

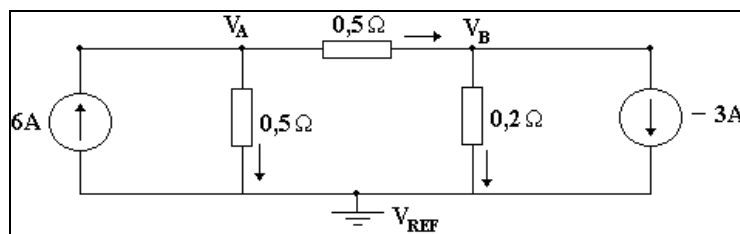
**5.2.1 Análise nodal: Somente fontes de correntes independentes.**

**Exemplo 5.1:** Determine as equações para as tensões de cada nó do circuito da figura 5.2.



**Figura 5.2:** Circuito para exemplo 5.1

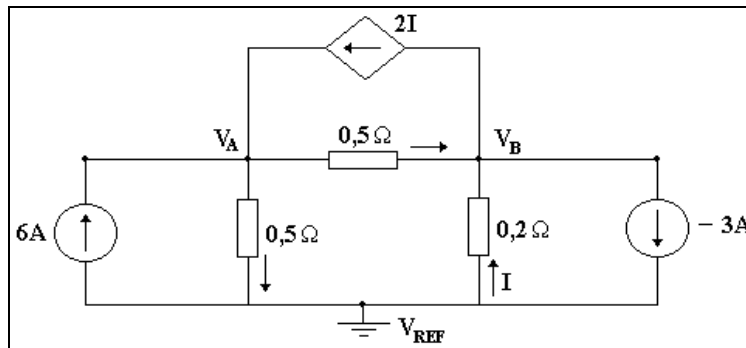
**Exemplo 5.2:** Determine as potências nas fontes de corrente do circuito da figura 5.3.



**Figura 5.3:** Circuito para exemplo 5.2.

**5.2.2 Análise nodal: Com fontes controladas de corrente.**

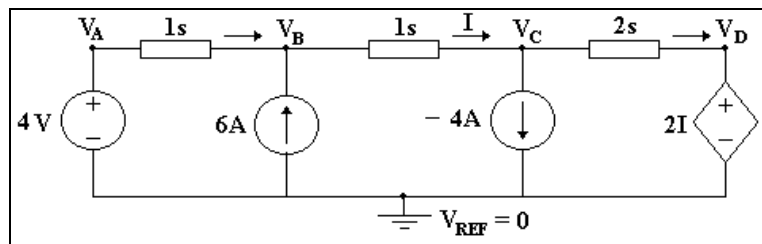
**Exemplo 5.3:** Calcular a potência na fonte de corrente controlada da figura 5.4.



**Figura 5.4:** Circuito para exemplo 5.3.

**5.2.3 Análise nodal: Com fontes de tensão ligadas ao nó de referência.**

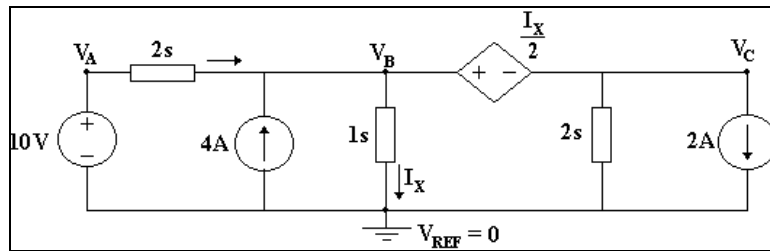
**Exemplo 5.4:** Calcular os valores das tensões  $V_A$ ,  $V_B$ ,  $V_C$  e  $V_D$ , no circuito da figura 5.5.



**Figura 5.5:** Circuito para exemplo 4.4.

### 5.2.4 Análise nodal: Com fontes de tensão não ligadas ao nó de referência.

**Exemplo 5.5:** Calcular os valores das tensões  $V_A$ ,  $V_B$  e  $V_C$ , no circuito da figura 5.6.



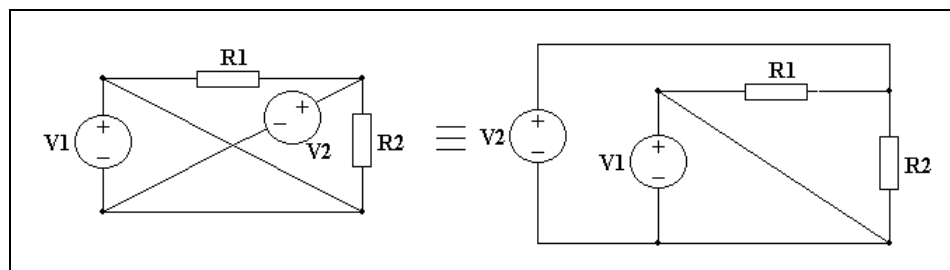
**Figura 5.6:** Circuito para exemplo 5.5.

### 5.3 Método das Correntes das Malhas

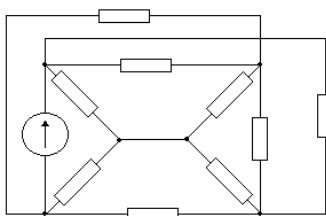
A análise de malhas ou método das correntes das malhas é baseada na Lei das Tensões de Kirchhoff (LTK).

Para aplicação desse método se empregam os passos que estão dispostos nos itens de 'a' a 'e' que se seguem:

- Verificar se o circuito é planar ou não planar, pois **esse método só se aplica a circuitos planares**. O circuito planar é aquele que pode ser desenhado em um único plano sem que dois ramos se cruzem. Por exemplo, o circuito da Figura 5.7 é planar, enquanto que o circuito da Figura 5.8 não é planar.



**Figura 5.7:** Circuito planar.



**Figura 5.8:** Circuito não planar.

- b) Escolher arbitrariamente o sentido das correntes de malha. O número de correntes arbitrárias necessárias é:

$$L = B - N + 1 \quad (5.2)$$

onde:

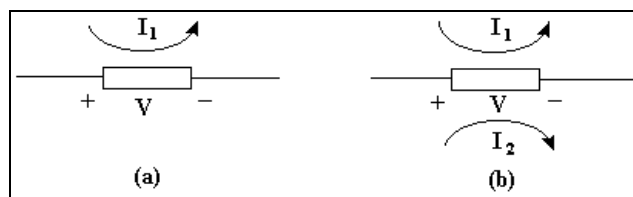
L : número de correntes de malha,

B: número de ramos.

N : número de nós do circuito.

O número de equações necessárias é igual ao número de correntes que por sua vez, é igual ao número de malhas do circuito analisado.

- c) Todo o elemento do circuito deve ser percorrido por pelo menos uma corrente de malha. Se possível, passar apenas uma corrente em cada elemento.
- d) Identificar a polaridade da tensão em cada ramo do circuito. Quando há duas correntes atravessando um único elemento, pode-se arbitrar uma ordem prioritária para correntes, ou seja, supor que uma corrente é maior que a outra e assim, identificar a polaridade da tensão em cada ramo do circuito. Por exemplo, se duas correntes percorrem o mesmo elemento como mostra a figura 4.9b, pode-se arbitrar que  $I_1$  é maior que  $I_2$ , então V tem a polaridade mostrada nessa mesma figura.



**Figura 5.9:** (a) Convenção de sinal em elemento passivo.

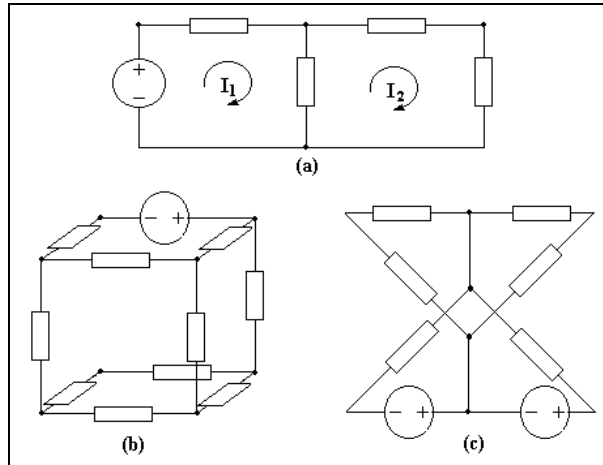
- (b) Polaridade de tensão identificada considerando a suposição  $I_1 > I_2$ .

- e) Aplicar a LTK em cada malha, percorrendo o circuito no mesmo sentido da corrente, obtendo assim, uma equação para cada malha.

Nas subseções desta seção seguem-se alguns exemplos de análise de circuitos utilizando análise nodal.

**5.3.1 Análise de malhas: *Determinação do número de correntes de malha necessárias.***

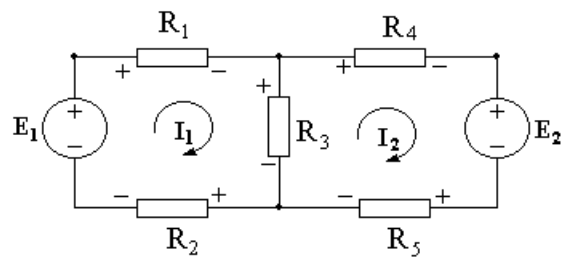
**Exemplo 5.6:** Determine qual o número de equações necessárias para analisar por malha os circuitos das figuras 5.10a, b e c.



**Figura 5.10:** Circuitos para exemplo 5.6.

**5.3.2 Análise de malhas: *Somente fontes de tensão independentes.***

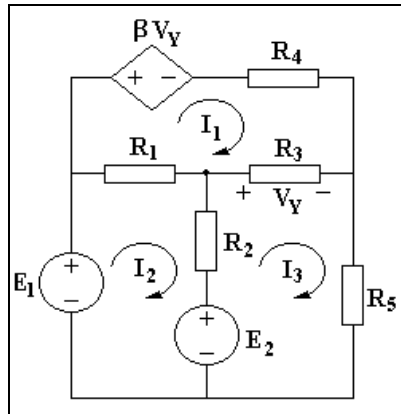
**Exemplo 5.7:** Determine o sistema de equações para o circuito da figura 5.11, deixando-o na forma matricial.



**Figura 5.11:** Circuito para exemplo 5.7.

**5.3.3 Análise de malhas: Com fontes controladas de corrente.**

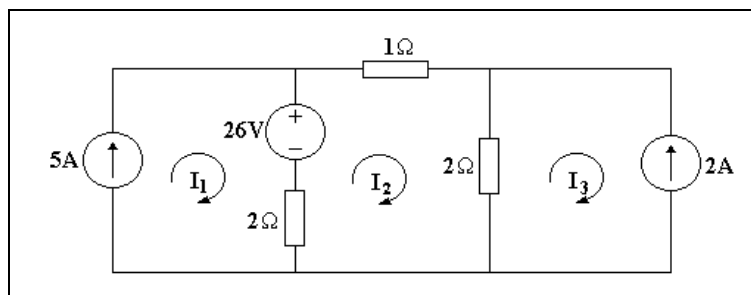
**Exemplo 5.8:** Determine a potência na fonte controlada do circuito da figura 5.12.



**Figura 5.12:** Circuito para exemplo 5.8.

**5.3.4 Análise de malhas: Com fontes de corrente pertencentes a uma única malha.**

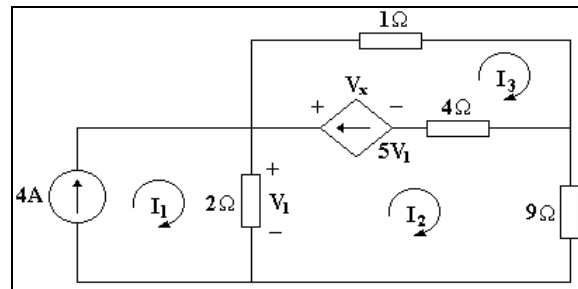
**Exemplo 5.9:** Calcule os valores das correntes  $I_1$ ,  $I_2$  e  $I_3$  do circuito da figura 5.13.



**Figura 5.13:** Circuito para exemplo 5.9.

### 5.3.5 Análise de malhas: *Com fontes de corrente não pertencentes a uma única malha.*

**Exemplo 5.10:** Calcule os valores das correntes  $I_1$ ,  $I_2$  e  $I_3$  no circuito da figura 5.14.



**Figura 5.14:** Circuito para exemplo 5.10.

## 5.4 Comparação dos Métodos

### Método das Correntes de Malha (Análise das Malhas)

- Aplicação direta da Lei das Tensões de Kirchhoff;
- Demanda habilidade do operador;
- Utilizado principalmente em análise feitas “manualmente”.

### Método das Tensões de Nó (Análise Nodal)

- Aplicação direta da Lei das Correntes de Kirchhoff;
- Método facilmente automatizável;
- Utilizado em análises computacionais.

A principal dificuldade na aplicação dos métodos é que eles resultam em sistemas de equações de grande complexidade, o que leva a simulação (análise) feita com o auxílio de computadores.

Devido a infinidade de circuitos que podem ser analisados é necessário que se saiba qual dos métodos é mais conveniente para ser aplicado. Então, antes de começar a analisar o circuito, é coerente verificar quantas incógnitas haverá:

I) Pela análise nodal:

$$\text{Número de incógnitas} = \text{número de nós} - 1$$

II) Pela análise de malhas:

$$\text{Número de incógnitas} = \text{número de malhas}$$

$$\text{Número de malhas} = B - N + 1$$

Se houver empate, analisar as situações que levam a escrever o menor número de equações, ou seja:

- Observar se há fontes de tensão ligadas ao nó de referência (Análise nodal);
- Observar se há fontes de corrente que pertencem a uma única malha (Análise das malhas).



## Exercícios

E5.1 Calcular  $i$  no circuito da figura E5.1.

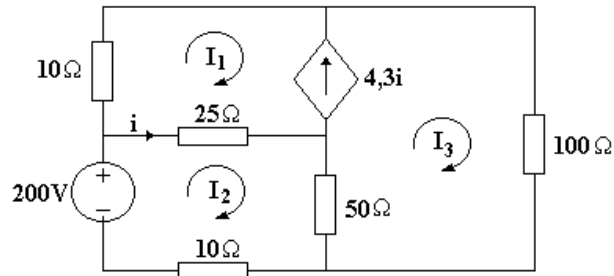


Figura E5.1: circuito para exercício.

E5.2 Calcule a potência no resistor de  $5\Omega$  do circuito da figura E5.2.

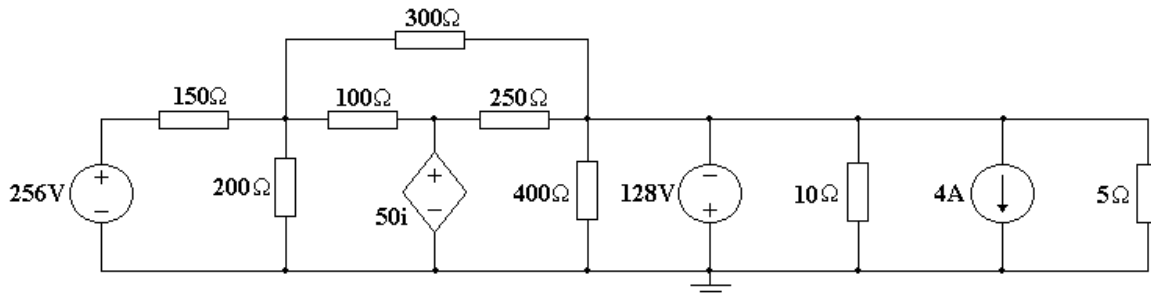


Figura E5.2: Exercício.

E5.3 Calcule  $V_o$  no circuito da figura E5.3.

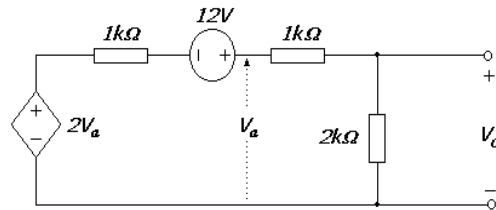


Figura E5.3: circuito para exercício.

E5.4 Calcule a potência dissipada pelo resistor de  $12\Omega$  no circuito da figura E5.4.

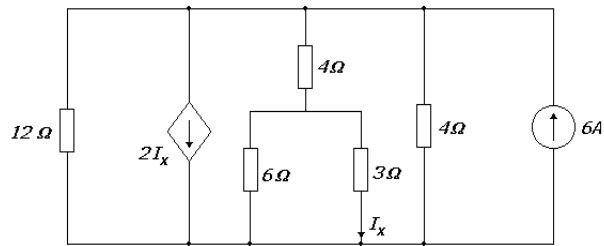


Figura E5.4: circuito para exercício.

E5.5 Utilize análise nodal para determinar  $V_o$  na rede da figura E5.5.

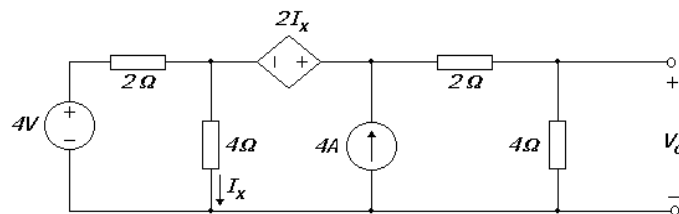


Figura E5.5: circuito para exercício.

E5.6 Determine  $I_o$  na rede da figura E5.6:

- Utilizando equações nodais.
- Utilizando método das malhas.
- Qual dos dois métodos resultou em um número menor de equações?

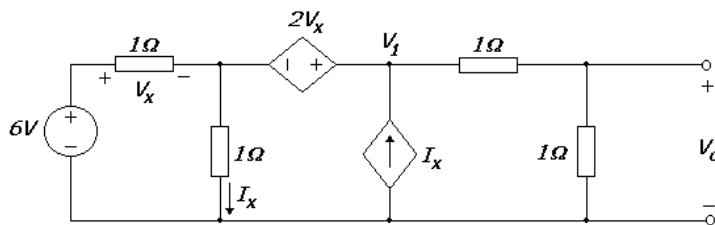


Figura E5.6: exercício para exercício.

E5.7 Determine  $I_o$  no circuito da figura E5.7.

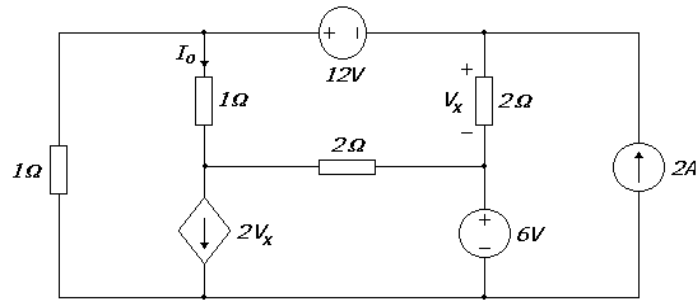


Figura E5.7: circuito para exercício.

E5.8 Determinar  $V_o$  na rede da figura E5.8.

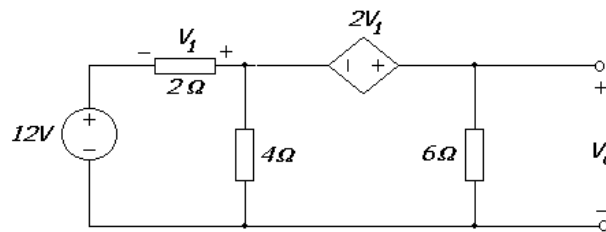


Figura E5.8: circuito para exercício.

E5.9 Calcule a tensão  $V_o$  na rede da figura E5.9.

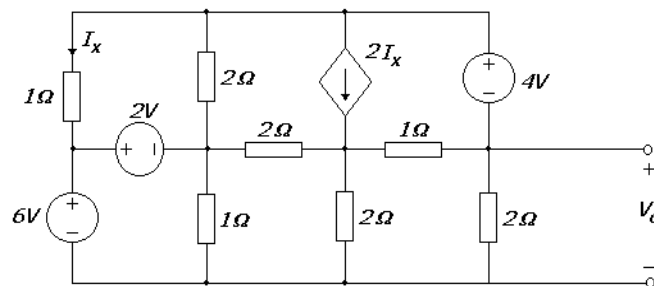


Figura E5.9: circuito para exercício