

INF01 118

Técnicas Digitais para Computação

Conceitos Básicos de Circuitos Elétricos

Aula 2

Rev. Ago-08



1. Grandezas Elétricas

1.1 Carga e Energia

A grandeza fundamental em circuitos elétricos é a **carga elétrica Q**.

- Q = soma de cargas básicas de elétrons, prótons, íons - em um dado ponto/corpo
- Em um ponto: excesso de elétrons = carga negativa
- Em um ponto: excesso de prótons, ou falta de elétrons (= carga positiva)

Uma **força elétrica W** (ou uma energia total eletromagnética) existe entre elementos com cargas elétricas.

Cargas paradas ==> Energia Eletrostática Cargas móveis ==> Energia Eletromagnética

Unidade de carga elétrica: **Coulomb** (6.24×10^{18} eletrons)

Carga de 1 elétron = $-1,6 \times 10^{-19}$ C Carga de 1 próton = $+1,6 \times 10^{-19}$ C

Unidade de Energia : **Joule**

Grandezas derivadas usadas para explicar comportamento de circuitos elétricos:

- corrente (I) = vazão de cargas no espaço
- tensão (V)
- potência (P)


1.2 Corrente

A grandeza básica de medida em um circuito elétrico não é a **carga**, mas sim a razão de variação da carga ao longo do tempo, ou **corrente I**.

$$I = dQ / dt \quad (\text{Corrente})$$

Unidade de corrente: **Ampère** (1 Ampère = 1 Coulomb / segundo)

- Corrente tem sentido, pois é um fluxo de carga.
- Corrente fluindo no sentido da seta será convencionada como positiva.
- Corrente fluindo no sentido oposto à seta será convencionada como negativa.


$$I = + 10 \text{ mA} \quad (\text{ou } I = - 10 \text{ mA se a convenção fosse no outro sentido})$$

A corrente pode significar ...

- carga positiva (prótons) fluindo num sentido.
- carga negativa (elétrons) fluindo no sentido oposto.

Por convenção, corrente positiva representa um fluxo de carga positiva.

1.3 Tensão

Tensão V entre A e B é proporcional à diferença de energia (ganha ou perdida) por uma carga elétrica elementar positiva (1 pósitron, p.ex.) quando este desloca-se de A para B.

ou:

- existe uma tensão entre dois terminais de um dispositivo que tenham cargas diferentes
- esta diferença causa um fluxo de carga e uma variação na energia.

$$V = dW / dQ$$

unidade de tensão: **Volt** (1 Volt = 1 Joule / Coulomb)

Tensão não possui sentido, como a corrente.

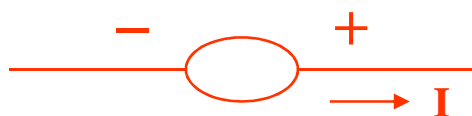
Tensão possui no entanto polaridade, pois deve ser referenciada a uma tensão ZERO.

Energia pode ser fornecida a um dispositivo ou recebida deste.

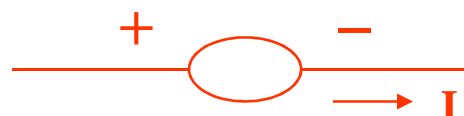
DISPOSITIVOS podem ser do tipo: **Fonte ou Consumidor de Energia:**

Supondo corrente entrando num terminal de um dispositivo. Por convenção:

- uma tensão positiva neste terminal indica que o dispositivo absorve energia
- uma tensão negativa neste terminal indica que o dispositivo fornece energia



Fornece energia



Absorve energia



- Normalmente,
- sentidos para as correntes são atribuídos “a priori”, para análise.
 - as polaridades para as tensões devem ser então atribuídas de forma consistente, conforme os dispositivos forneçam ou absorvam energia.

Uma tensão entre os pontos x e y será representada por V_{xy} .

- V_{xy} será positiva se o ponto x estiver em potencial elétrico mais alto que em y.
- V_{xy} será negativa se o ponto x estiver em potencial elétrico menor que em y.

Portanto: $V_{xy} = - V_{yx}$

Exemplo:

$$\begin{aligned} V_{BE} &= -5V \text{ ou} \\ -V_{BE} &= 5V \text{ ou} \\ V_{EB} &= 5V \end{aligned}$$

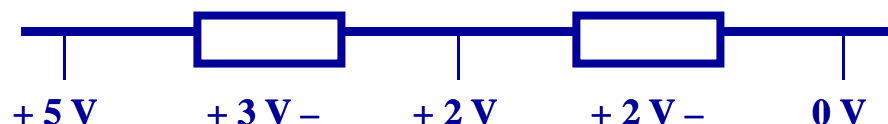
são equivalentes e significam que a tensão entre E e B é de 5V, onde E é positivo em relação a B.

Potencial: O potencial V é a tensão de um ponto em relação ao ponto de referência comum 0 Volts.

$$V_x = V_{x0}$$

Em um circuito o potencial de referência é representado por um sinal de massa (terra ou “ground”).



$$V_{xy} = V_x - V_y$$


1.1. The circuit in the figure has a 10V source and five resistors. The voltage across each resistor is indicated. The voltage across the 10V source is 10V. The voltage across the resistor between nodes b and c is 2V. The voltage across the resistor between nodes c and a is 8V. The voltage across the parallel combination of resistors between nodes c and d is 3V. The voltage across the resistor between nodes d and e is 5V. The voltage across the resistor between nodes e and a is 1V. The voltage across the 1V source is 1V.

Va = ?
Vb = 10V
Vc = ?
Vd = ?
Ve = ?
Vab = ?
Vbc = ?
Vcd = ?
Vde = 4V
Vea = ?
Vac = ?

1.4 Potência

A **potência** fornecida ou dissipada por um dispositivo é dada em **Watts** = Joules/segundo

Potência fornecida = energia ganha

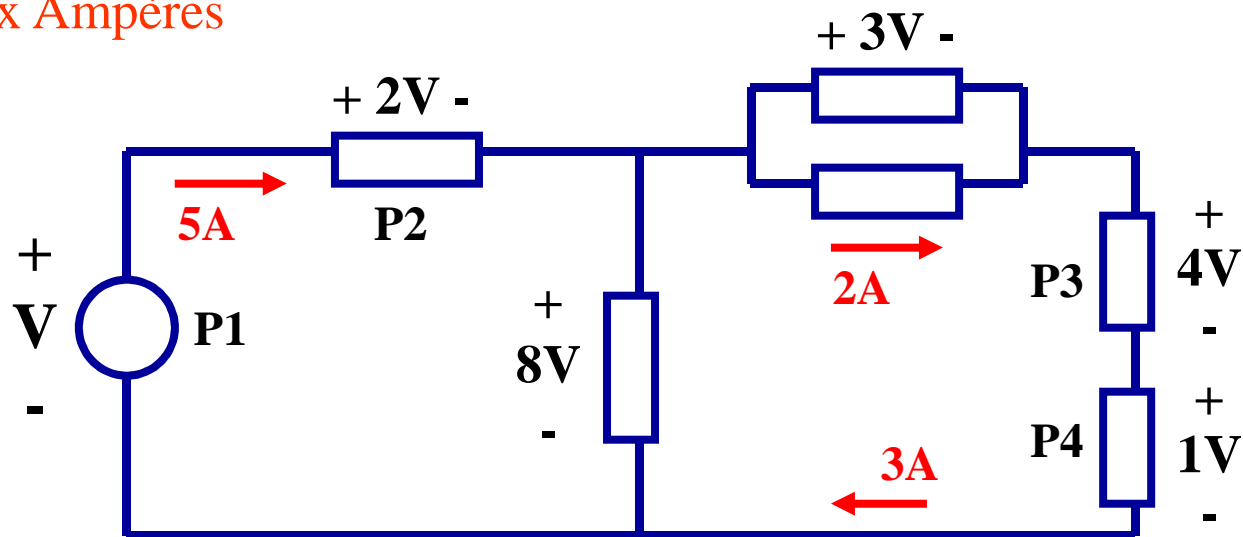
Potência dissipada = energia perdida

A partir das definições de corrente e tensão, se tem

Watts = (Joules/Coulomb) x (Coulombs/segundo) = Joules/segundo

$P = V \times I$

Watts = Volts x Ampères



$$\begin{cases} V = ? \\ P_1 = ? \\ P_2 = ? \\ P_3 = ? \\ P_4 = ? \end{cases}$$

2. Elementos Lineares Passivos

A energia associada a um elemento é dada pela corrente que passa através dele e pela tensão entre seus terminais.

Elementos de circuito fundamentais: 2 terminais

Circuitos complexos: redes multi-terminais (3 ou mais terminais).

A relação entre corrente e tensão depende da natureza do elemento

- elementos passivos
- elementos ativos (exemplo: diodo, transistor)

Passivo significa :

- não amplifica corrente / não amplifica tensão
- não gerar energia (na forma de corrente ou tensão)

Existem três tipos de elementos lineares passivos

- resistores
- capacitores
- indutores

2.1 Resistores

Um **resistor** é um elemento que simplesmente dissipa potência.
Resistência é a propriedade física que determina a corrente que flui no elemento.

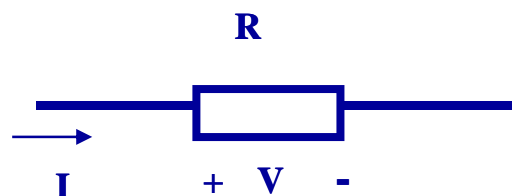
A quantidade de potência dissipada é função da resistência do elemento, medida em **Ohms**.

Para um resistor ideal, a corrente através do elemento é linearmente proporcional à **diferença** de tensão aplicada a seus.

Lei de Ohm:

$$V = R \cdot I$$

$$R = V / I$$



A potência dissipada em um resistor é dada por: $P = V \cdot I = I^2 \cdot R = V^2 / R$

2. 2 Capacitores

O capacitor é um elemento linear caracterizado por sua capacidade de reter cargas (gerar corrente) em função da variação da tensão entre seus terminais.

A carga retida por um capacitor é função de sua **capacitância C**, medida em Farads.

$$C = dQ / dV \quad (1)$$



A capacitância expressa em quanto aumenta (ou diminui) a quantidade de cargas armazenadas em um capacitor, quando variamos a tensão aplicada sobre os seus terminais.

A corrente elétrica e a carga são relacionadas pela seguinte equação fundamental:

$$I = dQ / dt \quad (2)$$

De (1) e (2), obtém-se que a capacitância é definida pela seguinte relação entre corrente e tensão:

$$I = C dV / dt \quad (3)$$

Importante:

- Quando a tensão é constante, a derivada é zero e portanto não há fluxo de corrente.
- Apenas uma variação na tensão pode gerar corrente e portanto causar armazenamento de energia (cargas) no capacitor.

Variação de tensão nos terminais de um capacitor

A equação (3) pode ser reescrita para permitir a análise da variação da tensão nos terminais de um capacitor, quando por ele circula corrente:

$$dV = (1 / C) I \, dt \quad (4)$$

Integrando esta equação a partir de um tempo inicial t_0 :

$$v(t) = (1 / C) \int_{t_0}^t i \, dt + v(t_0)$$

2.3 Indutores

Um indutor é um elemento que armazena energia eletromagnética através do fluxo de corrente.

Lei de Indução Magnética. Fluxo de corrente cria campo magnético.

Há variação de tensão (força eletromotriz induzida) em função da variação do fluxo de corrente através do indutor .

O indutor é útil nos circuitos transformadores, nos auto-falantes (como transdutor eletromagnético - mecânico), e nas oscilações espontâneas (geradores de sinais eletromagnéticos).

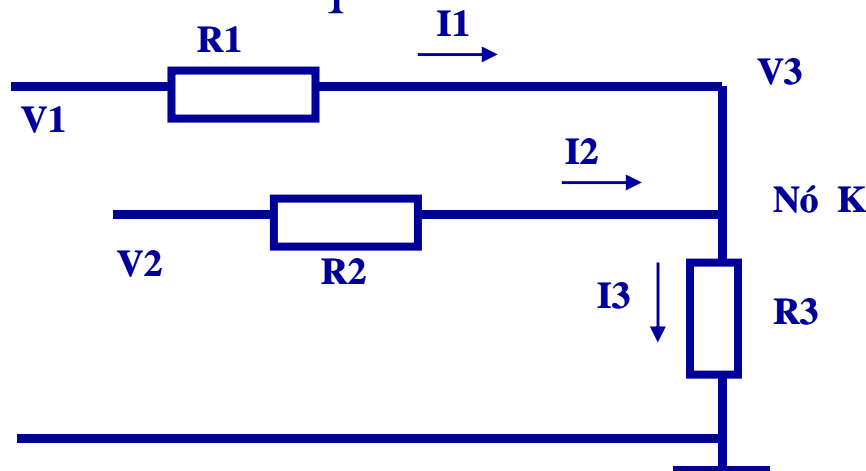
$$\mathbf{V = L \quad dI / dt}$$

3. Leis de KIRCHHOFF

3.1 Lei dos Nós

A soma de todas as correntes que entram no nó é nula.

- as correntes que chegam no nó são arbitradas p.ex. como positivas
- as correntes que saem do nó são consideradas, então, negativas.





Exemplo:

Procura-se o valor da tensão V_3 . Para o seu cálculo emprega-se a regra dos nós para o nó K

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

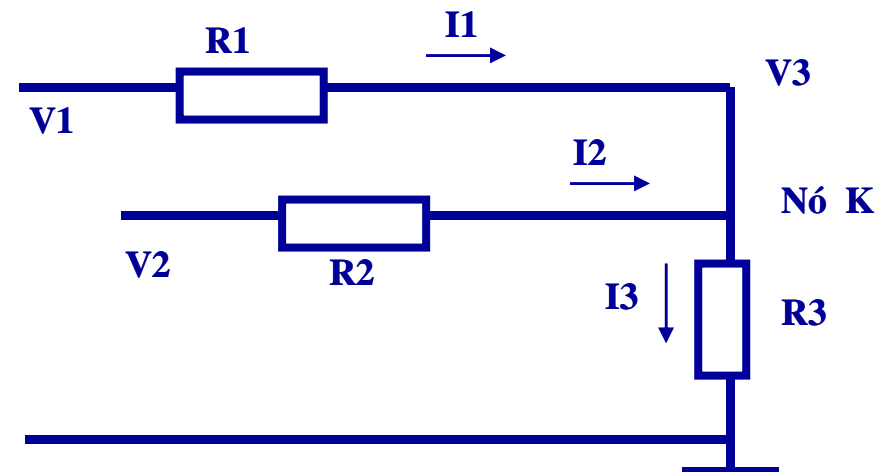
Pela lei de Ohm:

$$I_1 = (V_1 - V_3) / R_1$$

$$I_2 = (V_2 - V_3) / R_2$$

$$I_3 = V_3 / R_3$$

Supondo	$V_1 = 10 \text{ V}$	$R_1 = 5 \Omega$
	$V_2 = 8 \text{ V}$	$R_2 = 4 \Omega$
	$V_3 = ?$	$R_3 = 1 \Omega$
Calcular	I_1, I_2, I_3, V_3	



$$I_3 = I_1 + I_2$$

$$V_3 / 1 = (10 - V_3) / 5 + (8 - V_3) / 4$$

$$20 V_3 = 40 - 4 V_3 + 40 - 5 V_3$$

$$V_3 = 80 / 29 = 2,75 \text{ V}$$

$$I_1 = (10 - V_3) / 5 = 1,45 \text{ A}$$

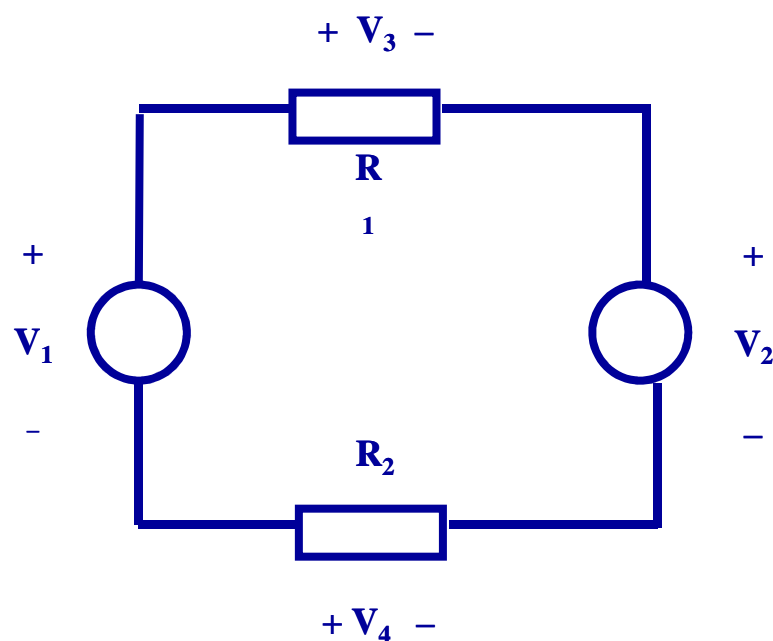
$$I_2 = (8 - V_3) / 4 = 1,31 \text{ A}$$

$$I_3 = 2,75 / 1 = 2,75 \text{ A}$$

3.2 Lei das Malhas

A soma de todas as tensões ao longo de uma malha fechada é nula.

- para cálculo desta soma, a malha é percorrida num único sentido
- cada tensão é considerada positiva ou negativa conforme a polaridade para ela arbitrada

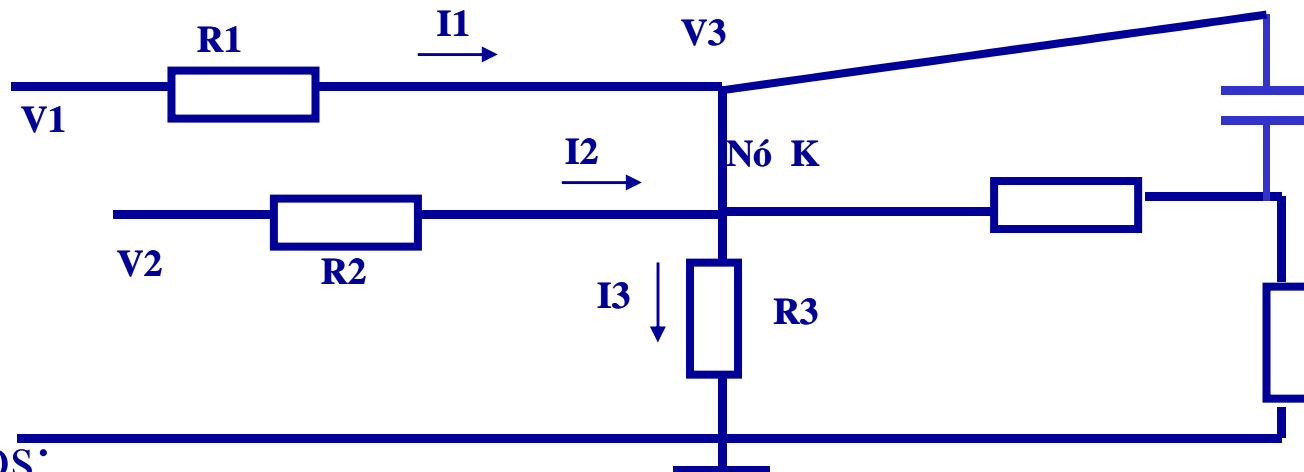


Exemplo: $+V_1 + V_4 - V_2 - V_3 = 0$

4. Técnicas de Análise de Redes de Circuitos

4.1 Técnicas analíticas :

Obtenha um sistema de equações (algébricas ou diferenciais) lineares.



Passos:

- Escreva uma equação de Kirchhoff $\sum V=0$ para cada malha simples
- Escreva uma equação de Kirchhoff $\sum I=0$ para cada nó REAL da rede do circuito.
- M malhas + N nós = M+N incógnitas.
- Resolva o sistema linear com (M+N) incógnitas e (M+N) equações

4. Técnicas de Análise de Redes de Circuitos

- **4.2 Técnica de análise numérica**
 - Ferramenta de simulação elétrica
 - Faz análises :
 - DC (solução em Corrente Contínua)
 - AC (solução em Corrente Alternada)
 - Transiente (fontes variantes no tempo)
 - Muitas outras
- Exemplo de simulação elétrica com simulador do tipo SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis).
- Resolução de equações por método numérico.