

EA-513 Circuitos Elétricos Turma A

1º Semestre/2014

Prof.: Renato Baldini Filho- sala 324

baldini@decom.fee.unicamp.br

www.decom.fee.unicamp.br/~baldini/EA513.htm

Horário:

Terças (16:00 h às 17:40 h)

Quintas (16:00 h às 17:40 h)

Fevereiro	20, 25, 27
Março	06, 11, 13, 18, 20, 25, 27
Abril	01, 03, 08, 10, 15, 22, 24, 29
Maio	06, 08, 13, 15, 20, 22, 27, 29
Junho	03, 05, 10, 24

Ementa:

1. Elementos de Circuitos

- Tensão, Corrente, Potência e Energia
- Fontes de Tensão, de Corrente e Vinculadas
- Leis de Kirchhoff
- Resistores, Capacitores e Indutores
- Teorema de Tellegen e de Substituição

2. Circuitos Resistivos Simples

- Resistores em Série e Paralelo
- Equivalência Estrela-Triângulo
- Circuitos Equivalentes de Thévenin e de Norton
- Amplificadores Operacionais
- Método dos Nós e Método das Malhas
- Sistematização dos Métodos Gerais

3. Indutores e Capacitores

- Associação de Capacitores
- Associação de Indutores
- Circuitos Equivalentes de Thévenin e de Norton com Capacitores e Indutores

4. Circuitos de Primeira Ordem

- Circuitos Autônomos de Primeira Ordem
- Circuitos Não-Autônomos de Primeira Ordem
- Solução de Equações Diferenciais

5. Circuitos de Segunda Ordem

- Circuito de Segunda Ordem Autônomo
- Circuito de Segunda Ordem Não-Autônomo

6. Representação por Equações de Estado

- Equações de Estado
- Resolução de Equações de Estado

7. Excitação Senoidal e Fasores

- Propriedade das Senóides
- Excitações Complexas
- Fasores
- Impedância e Admitância
- Leis de Kirchhoff e Associação de Impedâncias

8. Corrente Alternada: Regime Permanente

- Análise Nodal e Análise de Malha
- Teoremas de Rede, Diagramas Fasoriais
- Potência (média, valor eficaz, fator de potência)

Bibliografia:

- Johnson, D. E., Hilburn, J. L., Johnson, J. R. - Fundamentos de Análise de Circuitos Elétricos, PHB, 4ª Edição, 2000.
- Burian Jr., Y., Lyra, A. C. C. - Circuitos Elétricos, Pearson Prentice Hall, 2006.
- Desoer, C.A.; Kuh, E.S. - Teoria Básica de Circuitos, McGraw Hill.
- Alexander, C.K.; Sadiku, M.N.O. - Fundamentos de Circuitos Elétricos, Bookman.
- Dorf, R.C.; Svoboda, J.A. - Introdução aos Circuitos Elétricos, LTC, 2008.

Critério de Avaliação:

Listas de Exercícios (L)

Prova 1 (P_1): 27/03

Prova 2 (P_2): 08/05

Prova 3 (P_3): 24/06

Exame (E): 10/07

$$M = (L + P_1 + 2P_2 + 3P_3) / 7$$

Se $M \geq 5,0 \Rightarrow$ Aprovado

Se $M < 5,0$ e frequência $\geq 75\% \Rightarrow$ Exame

$$MF = (M + E) / 2$$

Se $MF \geq 5,0 \Rightarrow$ Aprovado

Caso Contrário \Rightarrow Reprovado

Capítulo 1

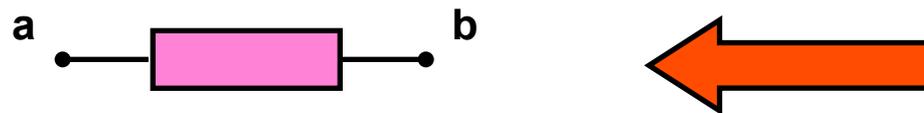
Introdução

1. Introdução

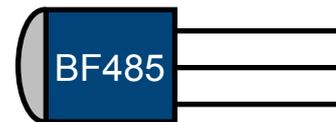
1.1 Definições e Unidades

Elementos Elétricos:

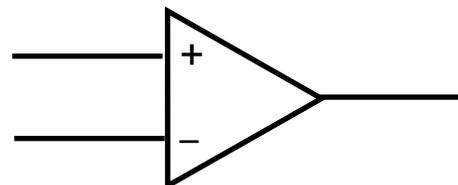
Bipolo genérico:



Transistores:

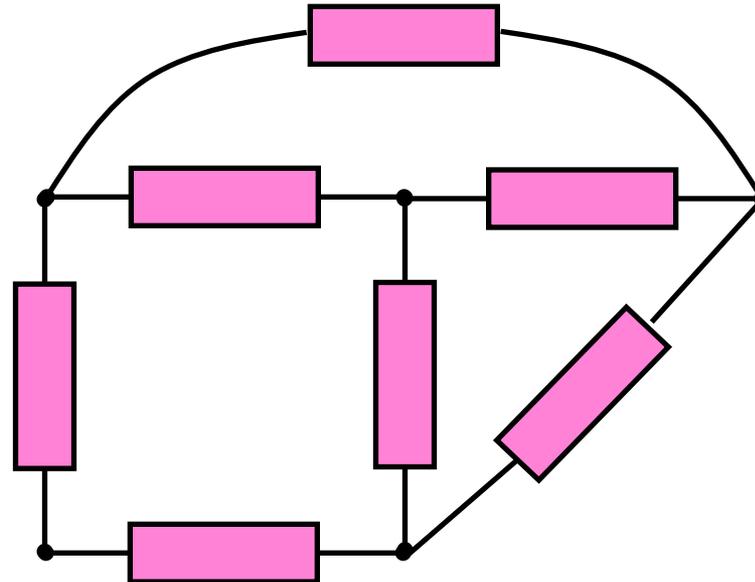


Amplificadores operacionais:



Circuito elétrico ou rede elétrica:

- coleção de elementos elétricos interconectados de modo específico.



Unidades:

- Coulomb (C): unidade básica usada na medida de cargas elétricas
- Ampère (A): unidade usada para medir corrente elétrica
- Volt (V): unidade usada para medir diferença de potencial elétrico
- Newton (N): unidade usada para medir força (força requerida para acelerar uma massa de 1 kg a 1 m/s^2).
- Joule (J): unidade de medida de trabalho ou energia ($1 \text{ J} = 1 \text{ N}\cdot\text{m}$)
- Watt (W): unidade de medida de potência ($1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$)

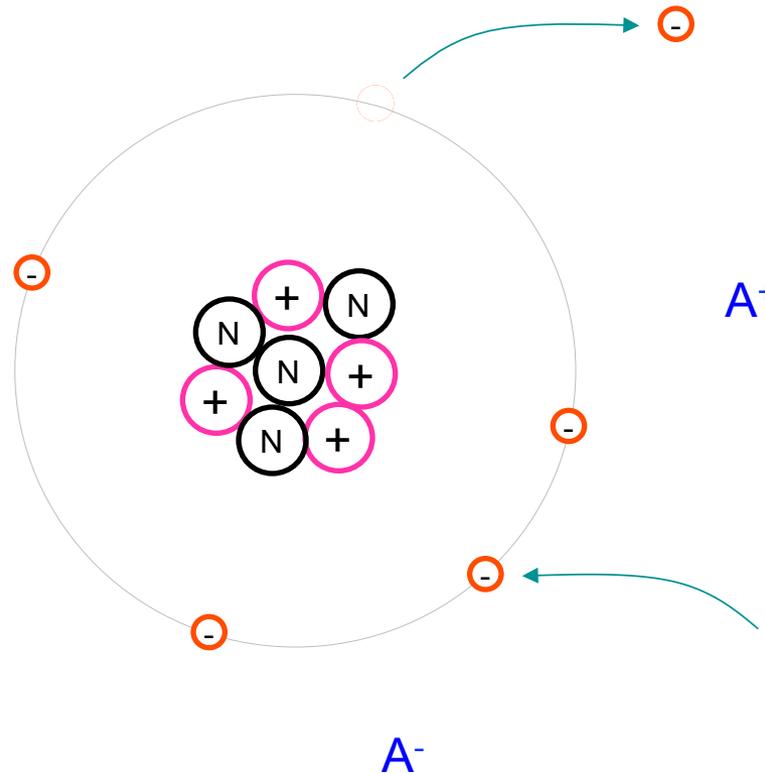
Prefixos:

Múltiplo	Prefixo	Símbolo
10^{12}	Tera	T
10^9	Giga	G
10^6	Mega	M
10^3	Quilo	k
10^{-3}	Mili	m
10^{-6}	Micro	μ
10^{-9}	Nano	n
10^{-12}	Pico	p
10^{-15}	Femto	f

1.2 Carga e Corrente

Elemento químico A:

Carga neutra: Número de elétrons = número de prótons



Carga negativa de 1 elétron = $1,6021 \times 10^{-19}$ C (coulomb)

Portanto, 1 C = carga de $6,24 \times 10^{18}$ elétrons

Notação:

- carga constante: Q
- carga variável no tempo: q

Movimento da carga elétrica \Rightarrow Corrente elétrica (i)

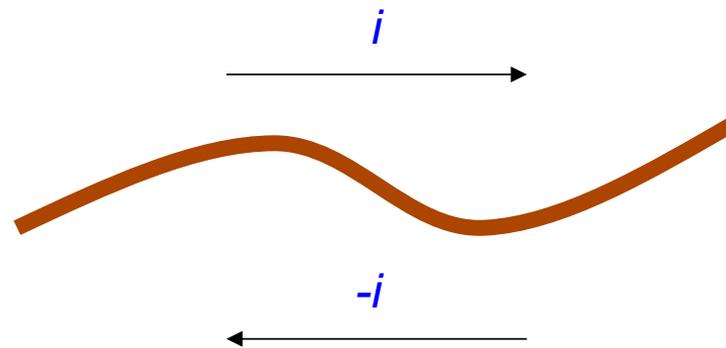
$$i = \frac{dq}{dt} \quad \text{ampère (A)}$$

1 ampère = 1 coulomb/segundo

A corrente é imaginada como o movimento de cargas positivas.

Corrente convencional \Rightarrow cargas positivas  adotada

Corrente eletrônica \Rightarrow cargas negativas (elétrons)



Corrente em um elemento genérico neutro:



Carga total introduzida no elemento entre t_0 e t : $q_T = q(t) - q(t_0) = \int_{t_0}^t i dt$

1.3 Tensão, Energia e Potência

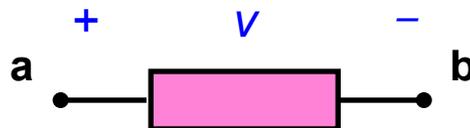
Tensão:

A tensão sobre um elemento é definida como o trabalho realizado para mover através dele, de um terminal para o outro, uma unidade de carga (+1C).

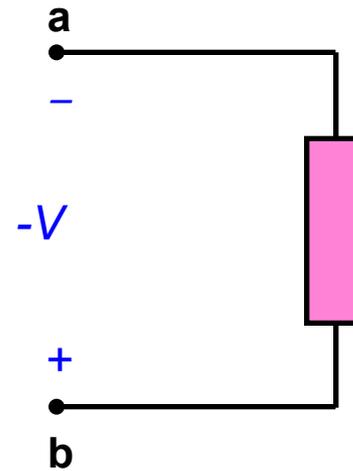
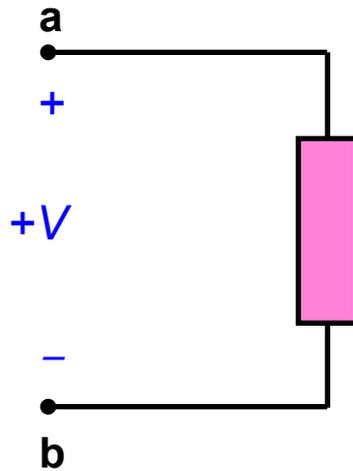
Assim, $1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$

Notação:

- tensão constante: V
- tensão variável no tempo: v



Convenção:

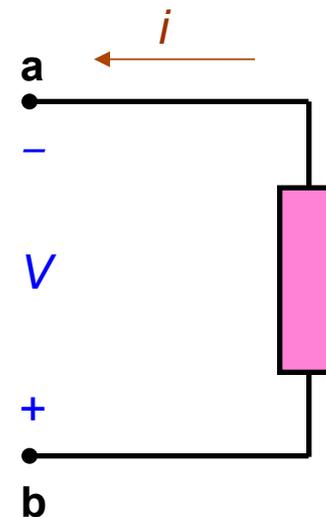
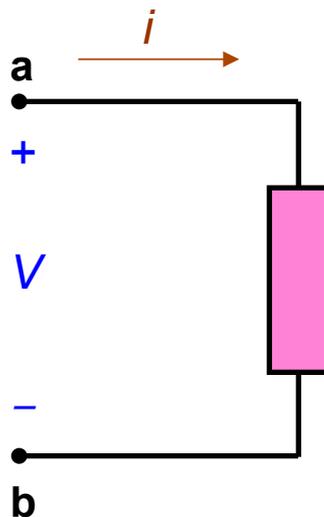


Alternativa: $V_{ab} = -V_{ba}$

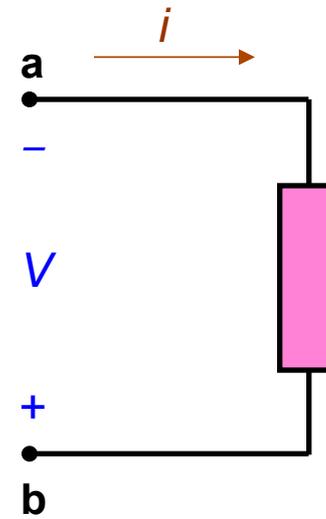
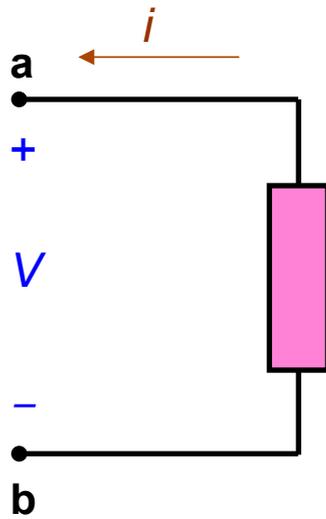
Energia:

Conhecimento da polaridade da tensão mais sentido da corrente sobre o elemento.

Elemento absorvendo energia:



Elemento entregando energia:



Potência:

Se a tensão através do elemento é v e uma pequena carga Δq se move do terminal positivo para o negativo, então a energia absorvida pelo elemento é:

$$\Delta w = v \Delta q$$

Se o tempo envolvido é Δt , então, a velocidade que a energia é dissipada é dada por

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta w}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} v \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

ou

$$\frac{dw}{dt} = v \frac{dq}{dt} = vi$$

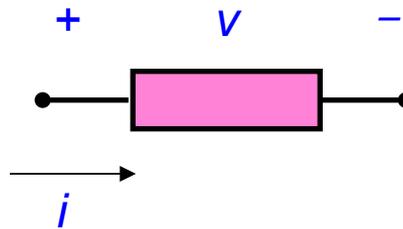
Então a potência (instantânea) p é dada por:

$$p = \frac{dw}{dt} = vi$$

$$[W] = [(J/C)(C/s)] = [J/s]$$

Quantidades v e i são geralmente funções do tempo, sendo representadas por $v(t)$ e $i(t)$, respectivamente.

Representação de um elemento absorvendo energia:



Integrando no tempo $p = \frac{dw}{dt} = vi$ podemos obter a energia fornecida ao elemento entre dois instantes de tempo t_0 e t :

$$w(t) - w(t_0) = \int_{t_0}^t vi dt$$

Se $t_0 = -\infty$, então podemos considerar que a energia $w(-\infty) = 0$, assim,

$$w(t) = \int_{-\infty}^t vi dt$$

1.4 Elementos Passivos e Elementos Ativos

Elemento passivo:

- se a energia total entregue a ele pelo resto do circuito é sempre positiva, ou seja, para todo t :

$$w(t) = \int_{-\infty}^t p(t) dt = \int_{-\infty}^t v i dt \geq 0$$

Exemplos: resistores, capacitores e indutores.

Elemento ativo:

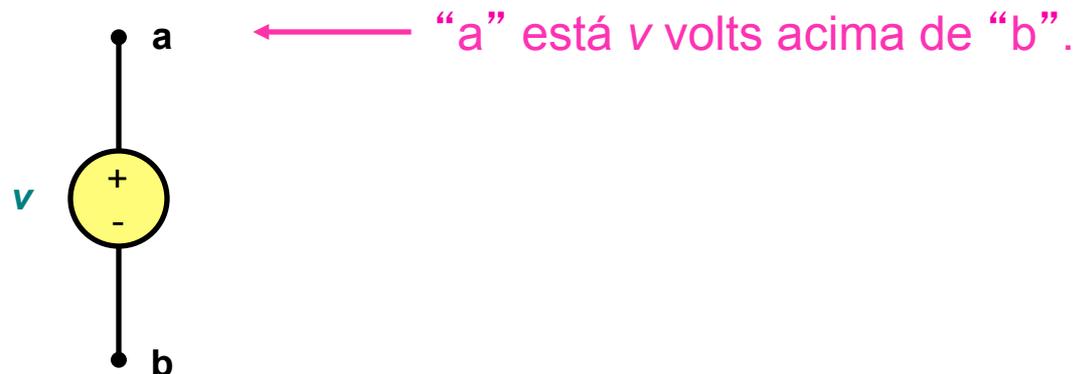
- aquele que não é passivo.

Exemplos: baterias, geradores, dispositivos eletrônicos que requerem fonte de alimentação.

Fonte ideal ou independente de tensão:

- é um elemento ativo que fornece uma dada tensão entre seus dois terminais.
- a tensão fornecida é completamente independente da corrente que passa pelo elemento.
- a tensão pode ser constante ou variável no tempo.

Símbolo genérico (tensão constante ou variável):



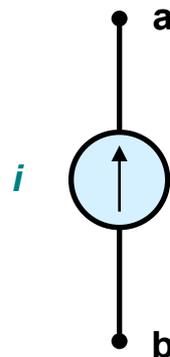
Símbolo para tensão constante:



Fonte ideal ou independente de corrente:

- é um elemento ativo que fornece uma dada corrente entre seus dois terminais.
- a corrente fornecida é completamente independente da tensão sobre o elemento.
- a corrente pode ser constante ou variável no tempo.

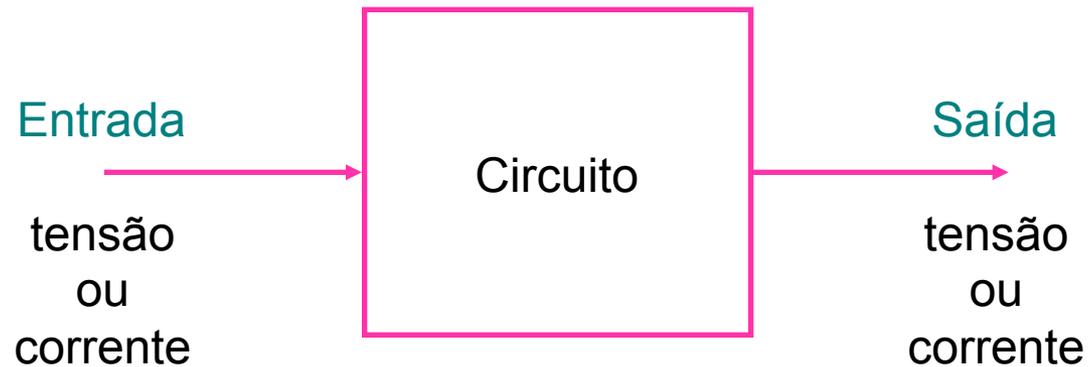
Símbolo genérico (corrente constante ou variável):



1.5 Análise de Circuitos

Dada a entrada e o circuito \Rightarrow saída ? (análise de circuito)

Dada a entrada e a saída \Rightarrow circuito ? (síntese de circuito)



Exercícios:

1. A carga elétrica total que entra em um terminal de um elemento é

$$q = 4t^3 - 5t \quad [\text{mC}]$$

Calcule o valor da corrente para $t = 0$ e 2 s.

$$i = \frac{dq}{dt} = 12t^2 - 5$$

$$i(t = 0) = -5 \quad \text{mA}$$

$$i(t = 2) = 43 \quad \text{mA}$$

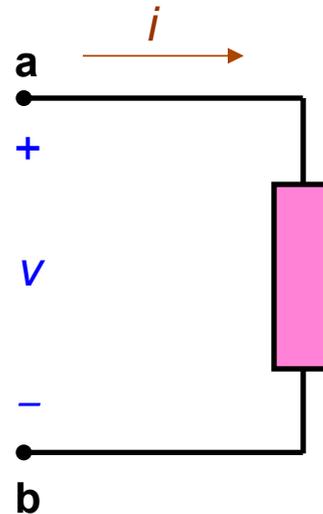
2. A corrente total que entra em um terminal de um elemento é

$$i = 1 + \pi \operatorname{sen}(2\pi t) \quad [\text{A}]$$

Calcule o valor da carga total entre $t = 0$ e $1,5$ s.

$$\begin{aligned} q_T &= \int_0^{1,5} i \, dt = \int_0^{1,5} [1 + \pi \operatorname{sen}(2\pi t)] \, dt \\ &= t - \frac{\pi \cos(2\pi t)}{2\pi} \Bigg|_0^{1,5} = 2,5 \quad [\text{C}] \end{aligned}$$

3. Calcule v se $i = 6$ mA e o elemento está absorvendo uma potência de $p = 18$ mW.



$$p = vi$$

$$v = \frac{p}{i} = \frac{18}{6} = 3 \text{ [V]}$$

4. A tensão nos terminais de uma fonte de tensão é $v = 6 \text{ sen}(2t)$ [V]. Se a carga que deixa o terminal positivo é $q = -2 \text{ cos}(2t)$ [mC], calcule a potência fornecida pela fonte a qualquer tempo e a energia fornecida pela fonte entre 0 e t segundos.

$$i = \frac{dq}{dt} = 4 \text{ sen}(2t)$$

$$p = vi = 24 \text{ sen}^2(2t) \quad [\text{mW}]$$

$$w = \int_0^t vi \, dt = \int_0^t 24 \text{ sen}^2(2t) \, dt$$

$$= 24 \left[\frac{1}{2}t - \frac{1}{4} \frac{\text{sen}(2 \cdot 2t)}{2} \right]_0^t$$

$$= 12t - 3 \text{ sen}(4t) \quad [\text{mJ}]$$