

PSI3213 – Circuitos Elétricos I – Aula 03

Magno T. M. Silva

Escola Politécnica da USP

Vários desses slides foram inspirados nas transparências da
Profa. Denise Consonni

Sumário

1 Geradores ideais

2 O resistor

3 O Capacitor

4 O Indutor

Objetivos desta aula

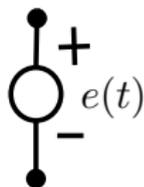
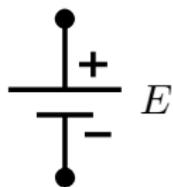
Ao final desta aula, você deverá estar apto a:

- ▶ entender o papel dos geradores ideais de tensão e corrente
- ▶ usar as relações constitutivas do resistor, capacitor e do indutor

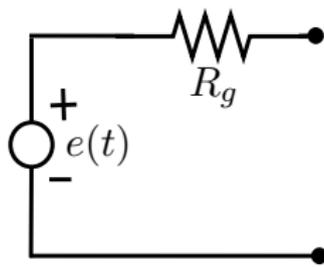
1 Geradores independentes e ideais

Bipolos ativos que tem a função de introduzir energia de forma continuada nos circuitos elétricos

Geradores de tensão

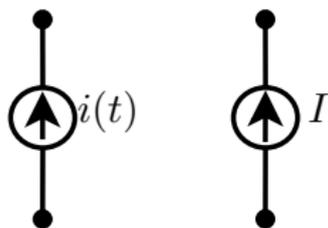


- ▶ O valor da tensão independe do resto do circuito
- ▶ A corrente que passa pelo gerador de tensão é determinada pelo circuito externo ao gerador
- ▶ Exemplos: bateria, tensão da rede elétrica, sinal de um microfone, etc.
- ▶ Gerador de tensão real

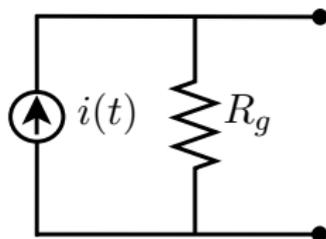


1 Geradores independentes e ideais

Geradores de corrente

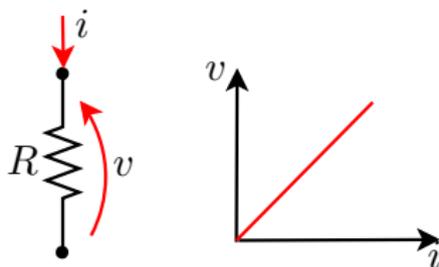


- ▶ O valor da corrente independe do resto do circuito
- ▶ A tensão que cai no gerador de corrente é determinada pelo circuito externo ao gerador
- ▶ É útil na análise de circuitos
- ▶ Gerador de corrente real



2 O resistor

- ▶ Resistor ideal (linear, fixo)



- ▶ A resistência

$$R = \frac{v}{i}$$

é medida em ohms (Ω)

- ▶ **Efeito Joule:** elétrons em movimento interagem com a estrutura atômica do material que atravessam. Nessa interação, a energia elétrica se transforma em energia térmica (dissipada em forma de calor). **Aplicações:** fogão elétrico, ferro de passar, aquecedores, etc.

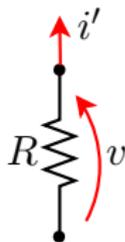
2 O resistor

- ▶ Condutância

$$G = \frac{1}{R}$$

medida em siemens (S)

- ▶ Convenção do gerador



$$v = -Ri'$$

$$i' = -Gv$$

2 O resistor

- ▶ Potência consumida (conv. receptor)

$$p = v \cdot i = R \cdot i \cdot i = R \cdot i^2 = \frac{i^2}{G}$$

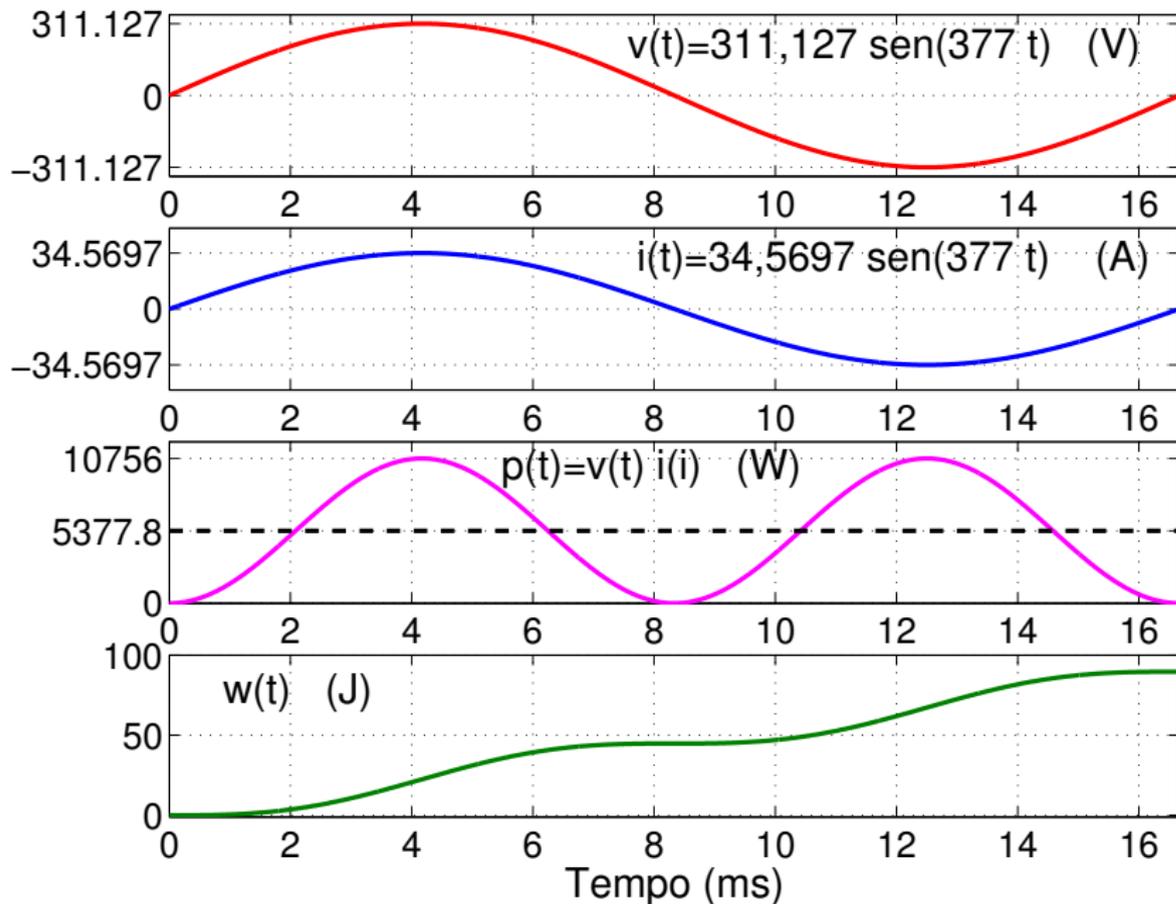
ou

$$p = v \cdot i = v \cdot G \cdot v = G \cdot v^2 = \frac{v^2}{R}$$

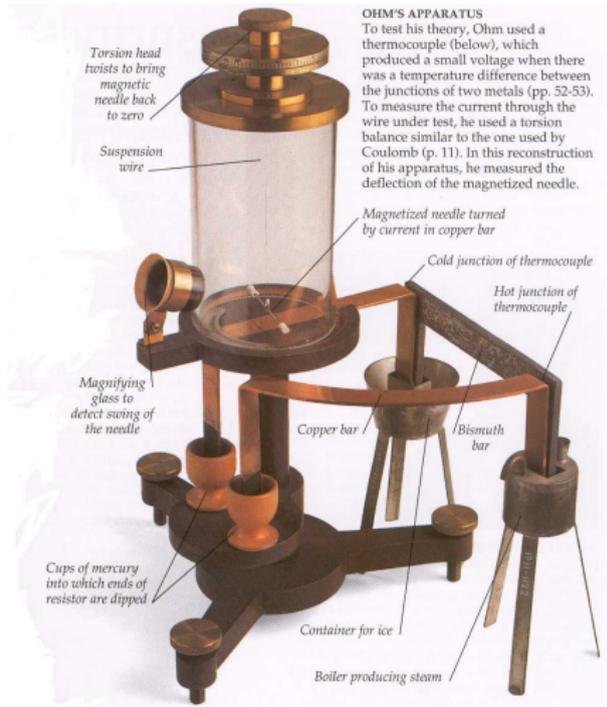
A potência recebida é sempre **positiva**

- ▶ Casos extremos (limites)
 - ▶ **curto-circuito:** $R \rightarrow 0$
 - ▶ **circuito aberto:** $R \rightarrow \infty$

2 Tensão senoidal em um resistor ideal ($R = 9 \Omega$)

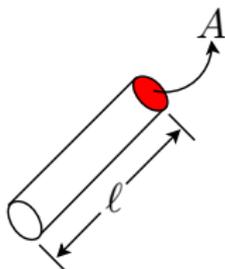


2 O experimento de Ohm



2 Segunda Lei de Ohm

$$R = \rho \frac{\ell}{A}$$



ρ : resistividade que depende do material

Material	ρ (Ωm)
Cobre (condutor)	$1,72 \times 10^{-8}$
Germânio (semicondutor)	47×10^{-2}
Teflon (isolante)	3×10^{12}

3 O Capacitor

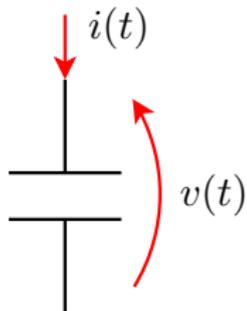
- ▶ Bipolo capaz de armazenar cargas elétricas

$$q(t) = Cv(t)$$

- ▶ $C = q(t)/v(t)$ é capacitância dada em farad (F)
- ▶ o capacitor é formado por dois condutores (placas) separadas por um isolante (dielétrico)
- ▶ O capacitor aparece em vários circuitos. Por exemplo, ele é usado em circuitos de sintonia de rádios, em memória RAM de computadores, em circuitos que detectam colisão em automóveis para acionar os *air bags*, etc

3 O Capacitor

- ▶ Na convenção do receptor, temos para o capacitor linear e fixo



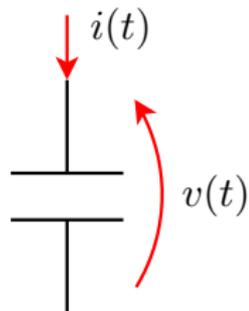
$$q(t) = Cv(t)$$

$$\frac{dq(t)}{dt} = C \frac{dv(t)}{dt}$$

$$\boxed{i(t) = C \frac{dv(t)}{dt}}$$

3 O Capacitor

- ▶ Na convenção do receptor, temos para o capacitor linear e fixo



$$\frac{1}{C}i(\tau) = \frac{dv(\tau)}{d\tau}$$

$$\frac{1}{C} \int_{t_0}^t i(\tau) d\tau = \int_{t_0}^t dv(\tau)$$

$$v(t) = \frac{1}{C} \int_{t_0}^t i(\tau) d\tau + v(t_0)$$

$v(t_0)$: tensão inicial que está relacionada com a carga inicialmente armazenada

3 O Capacitor

- ▶ Potência recebida

$$p(t) = v(t)i(t) = v(t)C \frac{dv(t)}{dt}$$

$$p(t) = \frac{1}{2}C \frac{dv^2(t)}{dt}$$

O capacitor pode receber ou fornecer potência

- ▶ Energia recebida no intervalo $[t_0, t]$

$$w = \int_{t_0}^t p(\tau) d\tau = \int_{t_0}^t \frac{1}{2}C \frac{dv^2(\tau)}{d\tau} d\tau = \frac{1}{2}C \int_{t_0}^t dv^2(\tau)$$

$$w = \frac{1}{2}C [v^2(t) - v^2(t_0)]$$

Se $v(t_0) = 0$,

$$w = \frac{1}{2}Cv^2$$

3 O Capacitor

- ▶ Garrafa de Leyden (Universidade de Leyden, Holanda, 1746)



$$C = \epsilon \frac{A}{d}$$

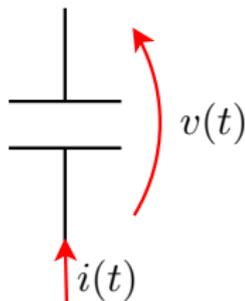
ϵ : permissividade do dielétrico (habilidade do material se polarizar em resposta a um campo elétrico)

ar: $\epsilon = 8,84 \text{ pF/m}$

vidro: $\epsilon = 40 \text{ a } 60 \text{ pF/m}$

3 O Capacitor

- ▶ Na convenção do gerador, temos para o capacitor linear e fixo



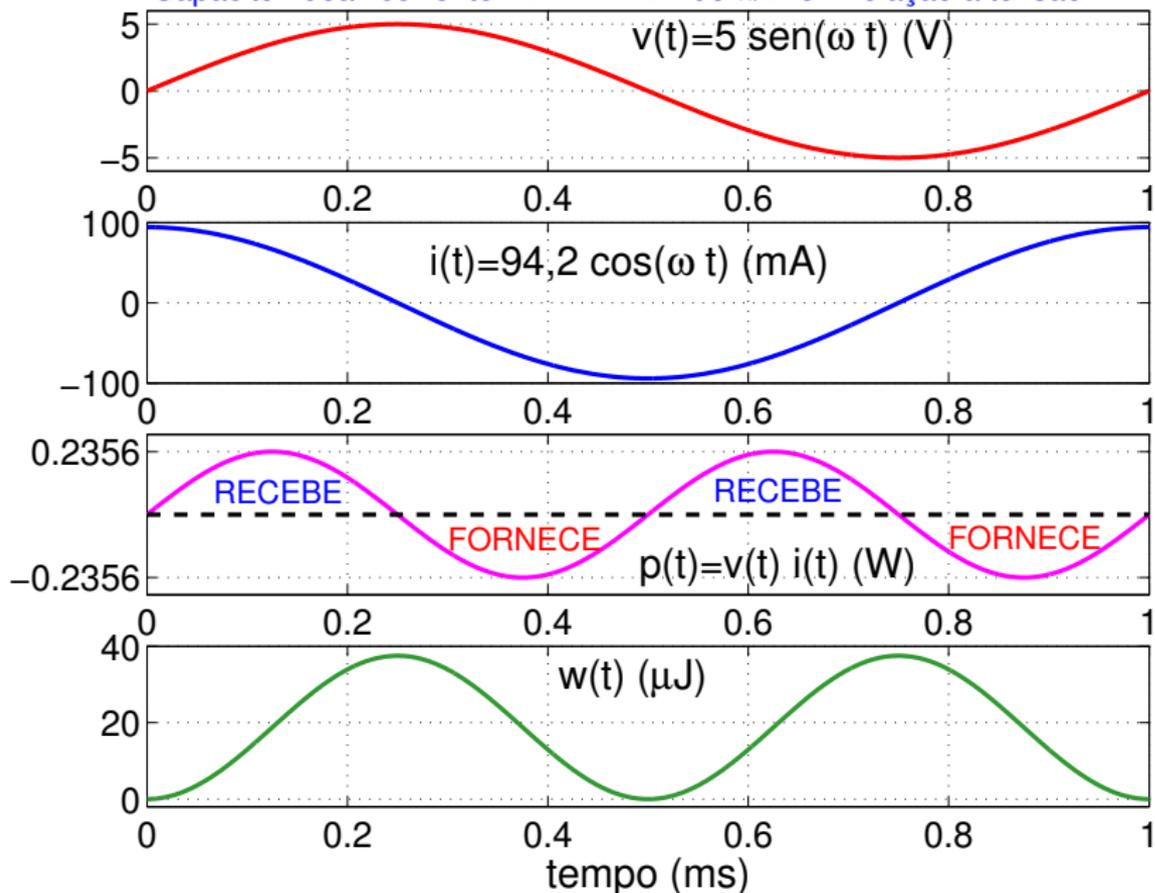
$$i(t) = -C \frac{dv(t)}{dt}$$

$$v(t) = -\frac{1}{C} \int_{t_0}^t i(\tau) d\tau + v(t_0)$$

- ▶ em corrente contínua, o capacitor se comporta como um **ABERTO**

3 Tensão senoidal em um capacitor ideal ($C=3 \mu\text{F}$, $v(0)=0$)

Capacitor ideal: corrente ADIANTADA de $\pi/2$ em relação à tensão!

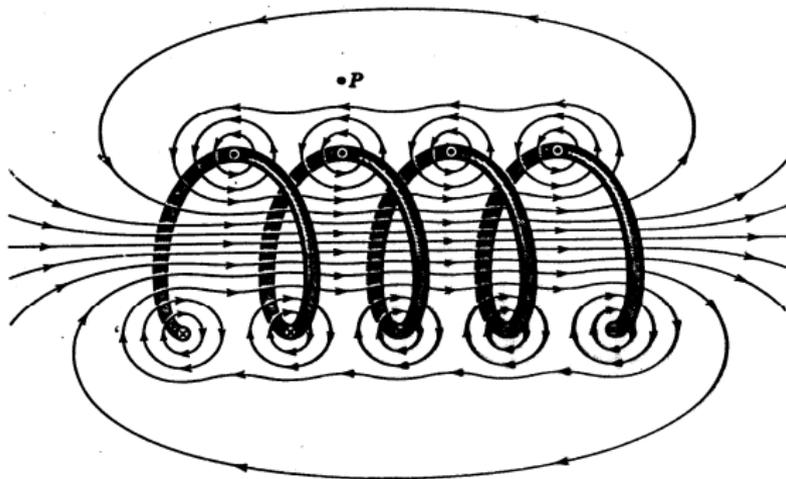


4 O Indutor

- ▶ componente que se opõe às variações de corrente elétrica
- ▶ enrolamento de fio em torno de material magnético ou não magnético
- ▶ se a corrente varia, o campo magnético associado (produzido por essa corrente) também varia
- ▶ o campo magnético variável induz tensão em um condutor imerso no campo. Essa tensão induzida se relaciona com a corrente pela indutância.
- ▶ armazena energia magnética, transportada pela corrente que o atravessa
- ▶ aparecem em vários circuitos: sintonizador de rádio, ignição de automóveis, conversor *buck-boost*, motor elétrico, transformador, etc

4 O Indutor

- ▶ solenóide com espiras bem afastadas, mostrando as linhas de indução magnética, resultantes da soma vetorial do campo criado por cada espira.

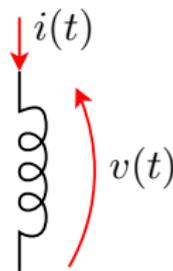


4 O Indutor

- ▶ Lei de Ampère: $\psi = Li$
- ▶ Em um meio linear, o fluxo de indução magnética é proporcional à corrente
- ▶ a constante de proporcionalidade é dada pela indutância L , medida em henrys (H)
- ▶ Lei de Faraday: a variação do fluxo concatenado dá origem a uma tensão (convenção do receptor)

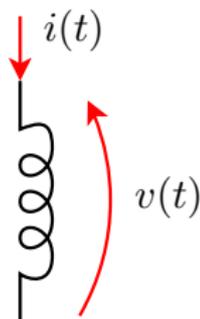
$$v(t) = \frac{d\psi(t)}{dt}$$

$$v(t) = L \frac{di(t)}{dt}$$



4 O Indutor

- ▶ Na convenção do receptor, temos para o indutor linear e fixo



$$\frac{1}{L}v(\tau) = \frac{di(\tau)}{d\tau}$$

$$\frac{1}{L} \int_{t_0}^t v(\tau) d\tau = \int_{t_0}^t di(\tau)$$

$$i(t) = \frac{1}{L} \int_{t_0}^t v(\tau) d\tau + i(t_0)$$

$i(t_0)$: corrente inicial que está relacionada com o fluxo magnético inicial

4 O Indutor

- ▶ Potência recebida

$$p(t) = v(t)i(t) = i(t)L\frac{di(t)}{dt}$$

$$p(t) = \frac{1}{2}L\frac{di^2(t)}{dt}$$

O indutor pode receber ou fornecer potência

- ▶ Energia recebida no intervalo $[t_0, t]$

$$w = \int_{t_0}^t p(\tau)d\tau = \int_{t_0}^t \frac{1}{2}L\frac{di^2(\tau)}{d\tau}d\tau = \frac{1}{2}L \int_{t_0}^t di^2(\tau)$$

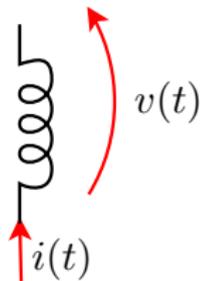
$$w = \frac{1}{2}L [i^2(t) - i^2(t_0)]$$

Se $i(t_0) = 0$,

$$w = \frac{1}{2}Li^2$$

4 O Indutor

- ▶ Na convenção do gerador, temos para o indutor linear e fixo



$$v(t) = -L \frac{di(t)}{dt}$$

$$i(t) = -\frac{1}{L} \int_{t_0}^t v(\tau) d\tau + i(t_0)$$

- ▶ em corrente contínua, o indutor se comporta como um **CURTO**

4 Corrente senoidal em um indutor ideal ($L=2$ mH, $i(0)=0$)

Indutor ideal: corrente ATRASADA de $\pi/2$ em relação à tensão

