

FGE2255 Física Experimental para o Instituto de Química

Segundo Semestre de 2008

Experimento 4

http://fge.if.usp.br/~takagui/fge2255_2008

E4: Corrente Alternada

- Objetivos:
 - Estudar o comportamento de circuitos simples em corrente alternada
 - Medir a impedância de um capacitor
 - Estudar a carga e descarga de um capacitor e medir o seu tempo de carga (descarga)
 - Análise de dados:
 - Linearização de gráficos

Sinais senoidais e notação complexa

$V(t) = V_m \cos(\omega t + \phi)$, V_m = amplitude, ϕ = fase inicial,

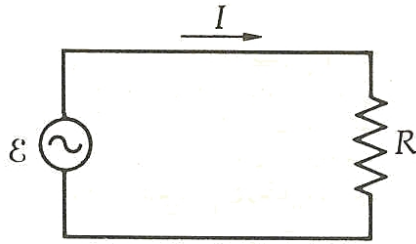
ω = frequência angular = $2\pi f = 2\pi / T$

Notação complexa :

$$e^{ix} = \cos x + i \sin x$$

$V_m \cos(\omega t + \phi) \rightarrow V_m e^{i(\omega t + \phi)}$, faço as operações matemáticas, e

$$V_m e^{i(\omega t + \phi)} \rightarrow V_m \cos(\omega t + \phi)$$



Resistor em C.A.

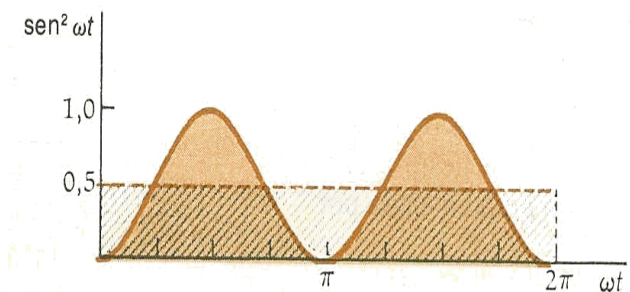
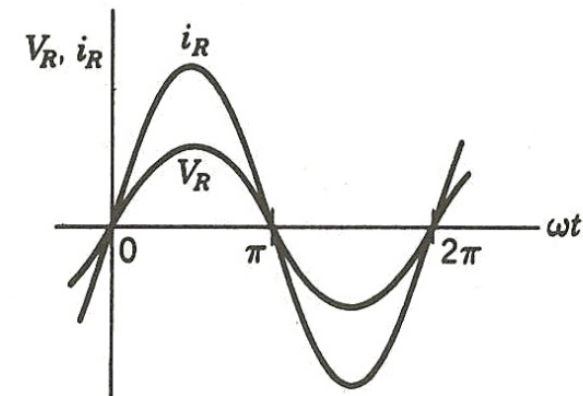
- $V(t)$ e $I(t)$ estão em fase:

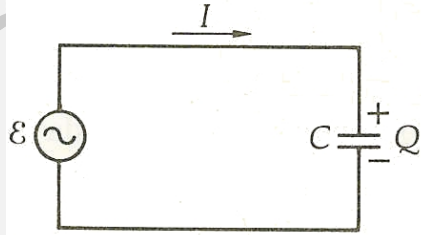
$$V(t) = V_m \sin(\omega t)$$

$$I(t) = \frac{V(t)}{R} = \frac{V_m}{R} \sin(\omega t) = I_m \sin(\omega t)$$

- Potência dissipada: $\bar{P} = V_{\text{ef}} I_{\text{ef}}$

$$\begin{aligned} \bar{P} &= \frac{1}{T} \int_0^T V(t) I(t) dt = \frac{V_m I_m}{T} \int_0^T \sin^2(\omega t) dt = \\ &= \frac{V_m I_m}{T} \frac{T}{2} = \frac{V_m I_m}{2} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \frac{I_m}{\sqrt{2}} = V_{\text{ef}} I_{\text{ef}} \end{aligned}$$

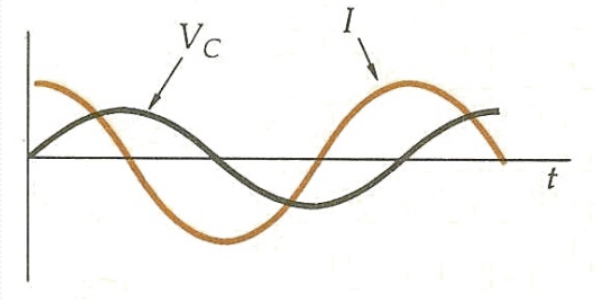




Capacitor em C.A.

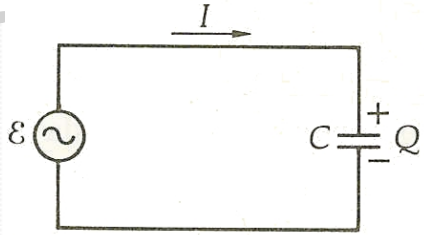
- $V(t)$ está atrasado em relação a $I(t)$:

$$I(t) = \frac{dQ}{dt} = C \frac{dV}{dt} = C \frac{d}{dt}(V_m \sin(\omega t)) = \\ = [\omega C V_m] \cos(\omega t) = I_m \cos(\omega t)$$



- Potência dissipada = 0

$$\bar{P} = \frac{1}{T} \int_0^T V(t) I(t) dt = \frac{V_m I_m}{T} \int_0^T \sin(\omega t) \cos(\omega t) dt = \frac{V_m I_m}{2T} \int_0^T 2 \sin(\omega t) \cos(\omega t) dt = \\ = \frac{V_m I_m}{2T} \int_0^T \sin(2\omega t) dt = 0$$



Capacitor em C.A.

- Em notação complexa:

$$V(t) = V_m \cos \omega t \rightarrow V_m e^{i\omega t}$$

$$I(t) = \frac{dQ}{dt} = C \frac{dV}{dt} = i\omega C V_m e^{i\omega t} = \omega C V_m e^{i\frac{\pi}{2}} e^{i\omega t} = [\omega C V_m] e^{i(\omega t + \frac{\pi}{2})}$$

$$\rightarrow I_m \cos(\omega t + \frac{\pi}{2}) = -I_m \sin \omega t, \text{ adiantado em relação a } V$$

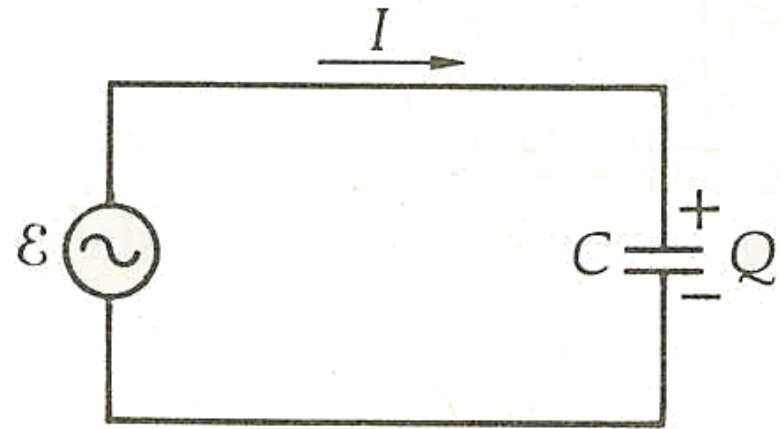
- Impedância:

$$Z = \frac{V}{I} = \frac{1}{i\omega C}$$

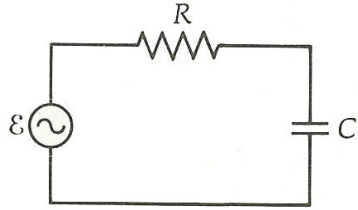
$$|Z| = x_C = \left| \frac{V}{I} \right| = \frac{V_m}{I_m} = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{V_{\text{ef}}}{I_{\text{ef}}} \text{ varia inversamente com a freq}$$

Procedimento Experimental

- Monte o circuito com apenas o capacitor, inserindo amperímetro e voltímetro apropriadamente. Use a saída traseira do gerador se disponível.
- Medida da impedância de um capacitor
 - Determine x_C pelas medidas com multímetros (V_{ef}/I_{ef}) em diversas (5) frequências de 50-1000 Hz.
 - Determine x_C pelos valores nominais ($1/2\pi fC$).
 - Compare os valores experimentais com os nominais nas diversas frequências e discuta a concordância ou não.



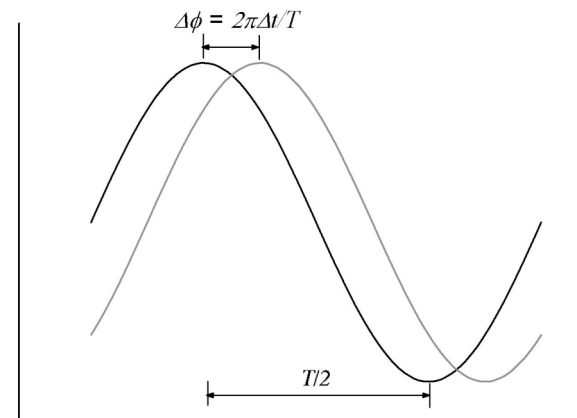
- Verifique graficamente (gráfico de computador) se a impedância medida do capacitor é inversamente proporcional à frequência, e represente no mesmo gráfico as impedâncias nominais (utilizando cores ou linhas ou símbolos diferentes, e colocando legenda).



Circuito RC

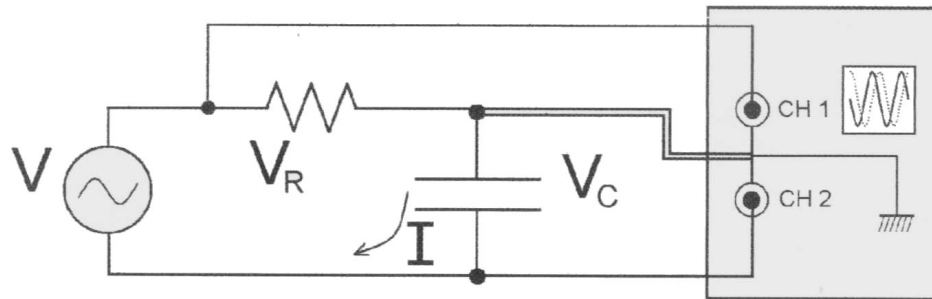
- Na resistência, V_R e I estão em fase.
- No capacitor, V_C está atrasado em relação a I , portanto atrasado em relação a V_R , de 90 graus.
- Utilizando um osciloscópio, pode-se medir a defasagem entre V_C e V_R medindo o Δt entre os dois sinais:

$$\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \Delta\phi = 2\pi \frac{\Delta t}{T}$$



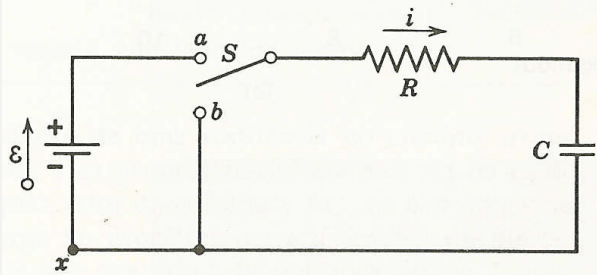
Procedimento Experimental

- Monte o circuito RC em série, com o osciloscópio como instrumento de medida, gerador ~ 60Hz, frontal



O terra (jacaré)
está entre o
R e o C.

- Medida de defasagens
 - Utilizando o osciloscópio, meça a defasagem entre V_R e V_C ($\Delta\Phi=2\pi\Delta t/T$) e compare com o previsto teoricamente.
- Medida de V_C/V_R
 - Meça V_C/V_R e compare com o previsto $1/(\omega RC)$.
 - Calcule em que freq $V_C/V_R=1/2$, e meça esta razão nesta freq.



Carga e Descarga de um Capacitor

- Descarga:

$$V_R + V_C = 0 \Rightarrow R \frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{C} = 0 \Rightarrow \frac{dQ}{dt} = -\frac{Q}{RC}$$

$$\text{Seja } Q = Q_0 e^{-t/\tau} \Rightarrow \frac{dQ}{dt} = -\frac{1}{\tau} Q_0 e^{-t/\tau} = -\frac{Q}{\tau}$$

$$\therefore Q = Q_0 e^{-t/\tau} \text{ e } \tau = RC$$

$$\text{e } V_C = Q/C = V_{C_0} e^{-t/\tau}, \tau = RC$$

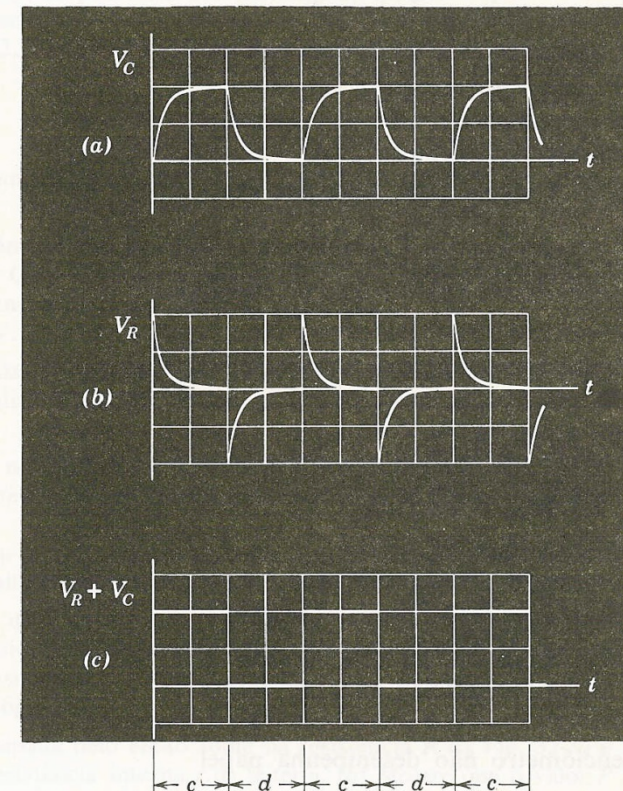
$$\text{e } V_R = -V_C = -V_{C_0} e^{-t/\tau}$$

- Carga:

$$V_R + V_C = \varepsilon$$

$$\rightarrow V_C = V_{C_0} (1 - e^{-t/\tau}) = \varepsilon (1 - e^{-t/\tau})$$

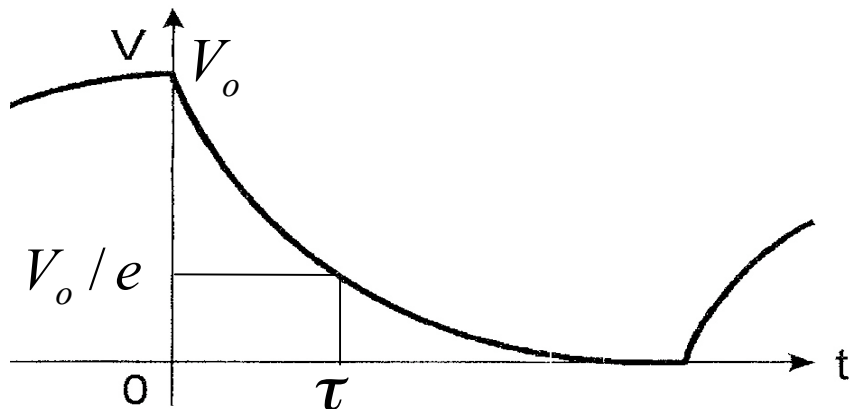
$$\text{e } V_R = \varepsilon - V_C = \varepsilon e^{-t/\tau} = V_{C_0} e^{-t/\tau}$$



Carga e descarga de um capacitor

- $\tau = RC =$ constante de tempo capacitiva =
= tempo de descarga =
= tempo que demora para amplitude
de V cair para $1/e$ do valor máximo:

$$V_C = V_{C_0} e^{-t/\tau}; \text{ quando } t = \tau, V_C = \frac{V_{C_0}}{e}$$



Carga e descarga de um capacitor

- Medida detalhada da constante de tempo:

$$V_C = V_{C_0} e^{-t/\tau}$$

$$\ln V_C = \ln V_{C_0} - \frac{1}{\tau} t$$

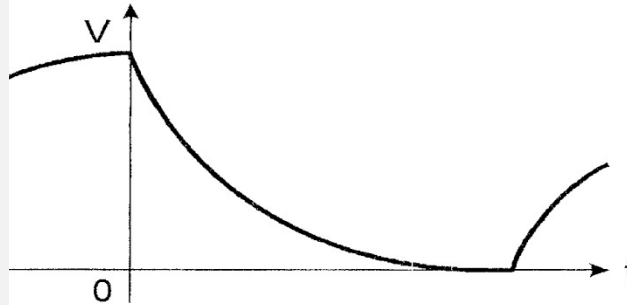


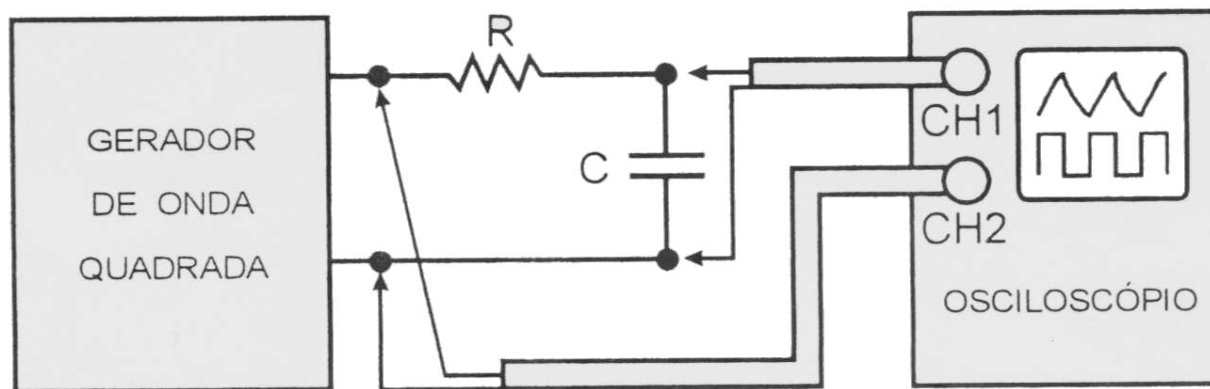
Gráfico de $\ln V_C$ versus t é uma reta de coeficiente angular $(-1/\tau)$

Obs : propagação da incerteza do $\ln V_C$:

$$\text{Se } y = \ln V_C \Rightarrow \sigma_y = \frac{\sigma_{V_C}}{V_C}$$

Procedimento Experimental

- Monte o circuito



O terra (jacaré) está num lado do gerador

- Determinar o tempo de carga de um capacitor:
 - A partir de valores nominais ($\tau = RC$)
 - A partir de medida utilizando o conceito de constante de tempo capacitiva (tempo para V_C cair a $1/e$ do seu máx)
 - A partir de um conjunto de medidas $V_C(t)$ e ajuste de reta em gráfico apropriado; desta vez faremos gráfico no **Origin**.

Relatório

- Siga as orientações propostas na apostila
- Tabelas e gráficos devem ser identificados com títulos