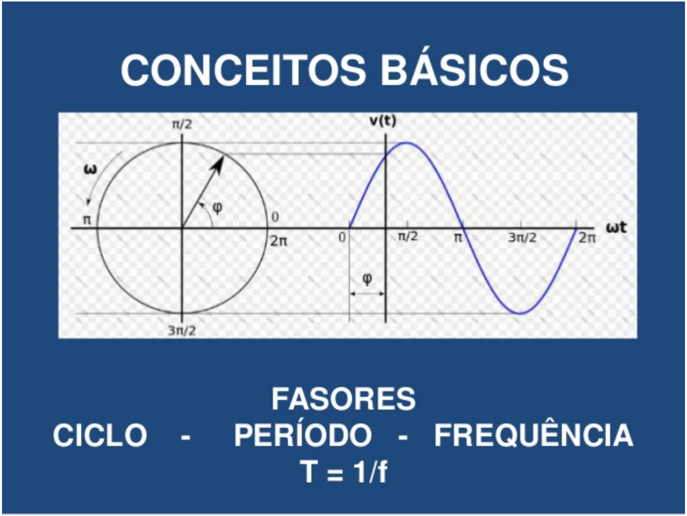
Física Experimental III

Primeiro semestre de 2020

Aula 2 - Experimento 2

Página da disciplina:
https://edisciplinas.usp.br/course/view.php?id=73158

Setembro de 2020


CONCEITOS BÁSICOS
π/2
v(t)
ω
φ
π
0
2π
0
π/2
π
3π/2
2π
ωt
φ
3π/2
FASORES
CICLO - PERÍODO - FREQUÊNCIA
T = 1/f

Sumário

Sumário

Sumário

Objetivos do experimento

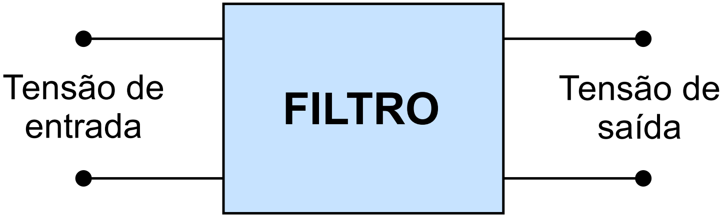
- Estudar circuitos de corrente alternada
  - Estudar filtros de frequência
    - Filtro RC passa baixa e passa alta
    - Filtro passa banda
  - Aplicação dos filtros
    - Decomposição de Fourier
  - Estudar circuitos RLC
    - Ressonância em circuitos RLC

Cronograma

- 4 atividades
  - Atividade 1
    - Estudo e caracterização de um filtro RC
  - Atividade 2
    - Estudo e caracterização de um filtro passa banda
  - Atividade 3
    - Estudo de um filtro como circuito integrador e diferenciador
  - Atividade 4
    - Estudo de um circuito RLC

Sumário

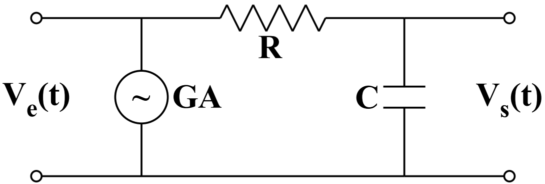
O que é um filtro



Alguns filtros de frequência

- Passa baixa
  - Sinal é praticamente inalterado para baixas frequências e atenuado para altas frequências
- Passa alta
  - Sinal é praticamente inalterado para altas frequências e atenuado para baixas frequências
- Passa banda
  - Sinal é praticamente inalterado em uma faixa finita de frequências e atenuado fora desta faixa

Filtro RC - passa baixa



- Ganho do filtro: $G = \frac{V_s}{V_e}$

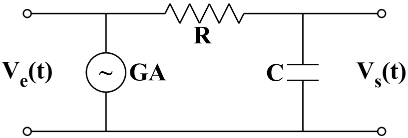
Filtro RC - passa baixa

- $V_e(t)$ = tensão aplicada pelo gerador de áudio

$$V_e = V_R + V_C$$

- $V_s(t)$ = tensão sobre o capacitor

$$V_s = V_C$$



Filtro RC - passa baixa

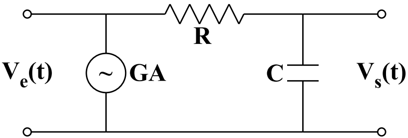
- Usando notação complexa

$$\hat{V}_e = \hat{V}_R + \hat{V}_C = (\hat{Z}_R + \hat{Z}_C)\hat{i}$$

$$\hat{V}_s = \hat{V}_C = \hat{Z}_C\hat{i}$$

- Ganho

$$\hat{G} = \frac{\hat{V}_s}{\hat{V}_e} = \frac{\hat{Z}_C}{\hat{Z}_R + \hat{Z}_C}$$



- Ganho

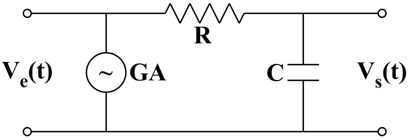
$$\hat{G} = \frac{\hat{V}_s}{\hat{V}_e} = \frac{\hat{Z}_C}{\hat{Z}_R + \hat{Z}_C}$$

- Lembrando que:

$$\hat{Z}_R = R$$

$$\hat{Z}_C = \frac{1}{\omega C}\mathrm{e}^{-j\frac{\pi}{2}} = -\frac{j}{\omega C}$$

$$\hat{G} = \frac{-\frac{j}{\omega C}}{R - \frac{j}{\omega C}} = \frac{1}{1 + j\omega RC}$$

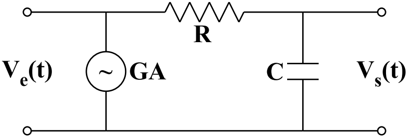


Filtro RC - passa baixa

- Ganho

$$\hat{G} = \frac{1}{1 + j\omega RC}$$

- Escrevendo $\hat{G} = G_0 \mathrm{e}^{j\phi_0}$
  - com
  $$G_0 = \sqrt{GG^*}$$
  - e
  $$\phi_0 = \arctan\left(\frac{\mathrm{Im}[\hat{G}]}{\mathrm{Re}[\hat{G}]}\right)$$



- Temos

$$G_0 = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega^2 R^2 C^2}}$$

$$\phi_0 = \arctan(-\omega RC)$$

Filtro RC - passa baixa

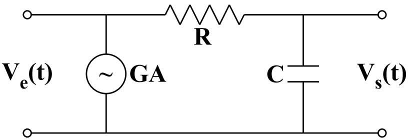
- Ganho

$$G_0 = \frac{1}{\sqrt{1+\omega^2 R^2 C^2}}$$

$$\phi_0 = \arctan(-\omega RC)$$

- Definindo a frequência onde $G_0 = 1/\sqrt{2}$ como frequência de corte

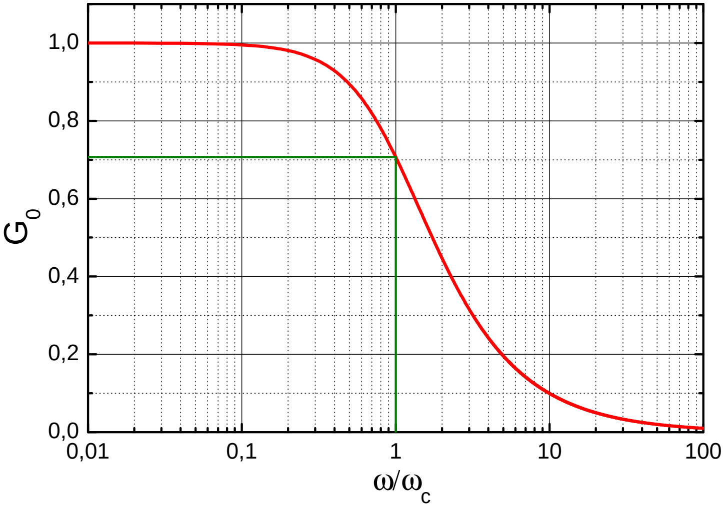
$$\omega_c = \frac{1}{RC}$$



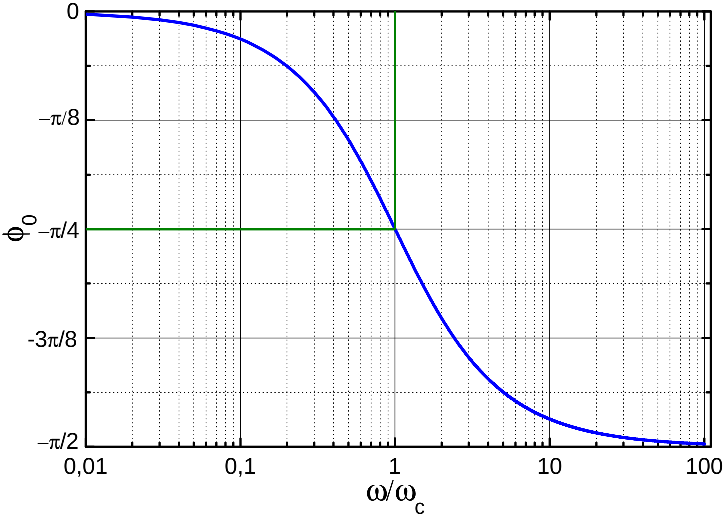
$$G_0 = \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^2}}$$

$$\phi_0 = \arctan\left(-\frac{\omega}{\omega_c}\right)$$

Filtro RC - passa baixa - Ganho

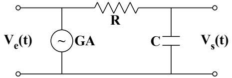


Filtro RC - passa baixa - Defasagem

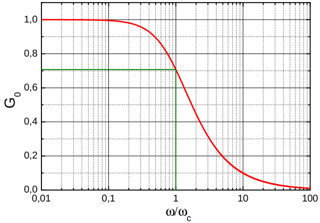


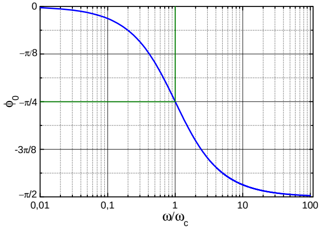
Filtro RC - passa baixa

$$G_0 = \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^2}} \quad \text{e} \quad \phi_0 = \arctan\left(-\frac{\omega}{\omega_c}\right)$$



- $\omega \ll \omega_c$
  - $G_0 \approx 1$ - Tensão de saída é praticamente igual à tensão de entrada
  - $\phi_0 \approx 0$ - Tensão de saída praticamente em fase com a tensão de entrada
- $\omega \gg \omega_c$
  - $G_0 \approx \frac{\omega_c}{\omega} \ll 1$ - Tensão de saída é muito menor que à tensão de entrada
  - $\phi_0 \approx -\frac{\pi}{2}$ - Tensão de saída defasada de $-\frac{\pi}{2}$ da tensão de entrada



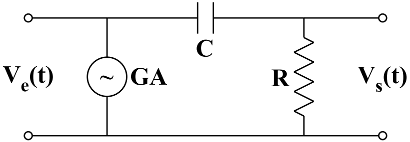


Filtro RC - passa alta

- Tensões de entrada e saída

$$\hat{V}_e = \hat{V}_R + \hat{V}_C = (\hat{Z}_R + \hat{Z}_C)\hat{i}$$

$$\hat{V}_s = \hat{V}_R = \hat{Z}_R\hat{i}$$



- Ganho

$$\hat{G} = \frac{\hat{V}_s}{\hat{V}_e} = \frac{\hat{Z}_R}{\hat{Z}_R + \hat{Z}_C}$$

- Ganho

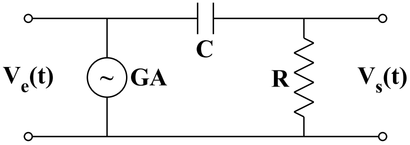
$$\hat{G} = \frac{R}{R - \frac{j}{\omega C}} = \frac{1}{1 - \frac{j}{\omega RC}}$$

- Escrevendo $\hat{G} = G_0 \mathrm{e}^{j\phi_G}$
  - com

$$G_0 = \sqrt{GG^*}$$

  - e

$$\phi_0 = \arctan\left(\frac{\mathrm{Im}[\hat{G}]}{\mathrm{Re}[\hat{G}]}\right)$$



- Temos

$$G_0 = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{\omega^2 R^2 C^2}}}$$

$$\phi_0 = \arctan\left(\frac{1}{\omega RC}\right)$$

Filtro RC - passa alta

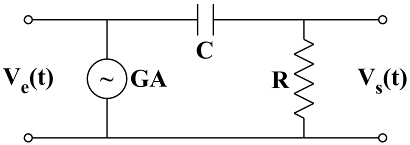
- Ganho

$$G_0 = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{\omega^2 R^2 C^2}}}$$

$$\phi_0 = \arctan\left(\frac{1}{\omega RC}\right)$$

- Definindo a frequência onde $G_0 = 1/\sqrt{2}$ como frequência de corte

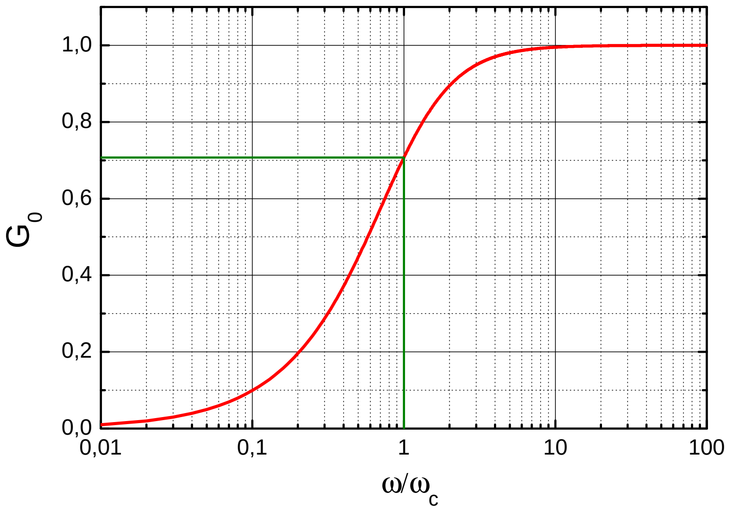
$$\omega_c = \frac{1}{RC}$$



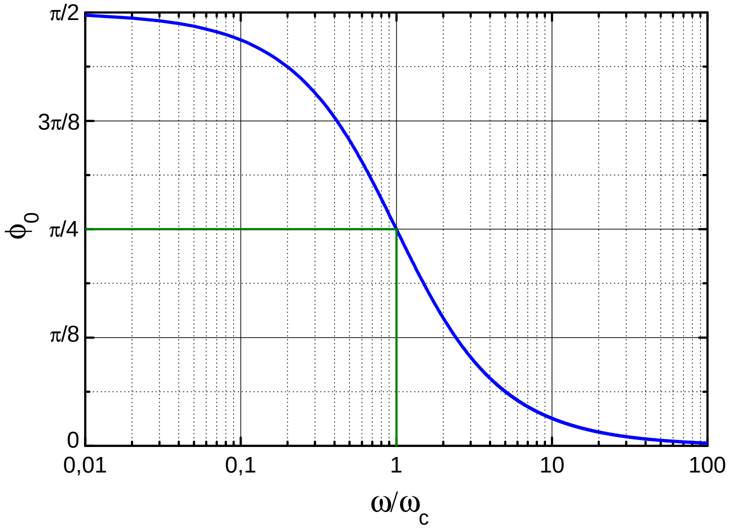
$$G_0 = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega_c}{\omega}\right)^2}}$$

$$\phi_0 = \arctan\left(\frac{\omega_c}{\omega}\right)$$

Filtro RC - passa alta - Ganho

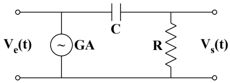


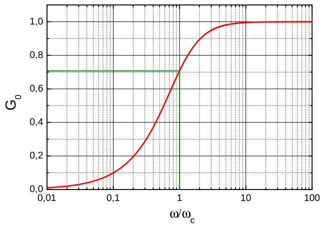
Filtro RC - passa alta - Defasagem

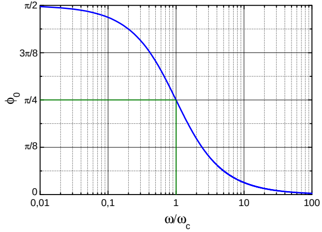


Filtro RC - passa alta

$$G_0 = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega_c}{\omega}\right)^2}} \quad \text{e} \quad \phi_0 = \arctan\left(\frac{\omega_c}{\omega}\right)$$







- $\omega \ll \omega_c$
  - $G_0 \approx \frac{\omega}{\omega_c} \ll 1$ - Tensão de saída é muito menor que à tensão de entrada
  - $\phi_0 \approx \frac{\pi}{2}$ - Tensão de saída defasada de $\frac{\pi}{2}$ da tensão de entrada
- $\omega \gg \omega_c$
  - $G_0 \approx 1$ - Tensão de saída é praticamente igual à tensão de entrada
  - $\phi_0 \approx 0$ - Tensão de saída praticamente em fase com a tensão de entrada