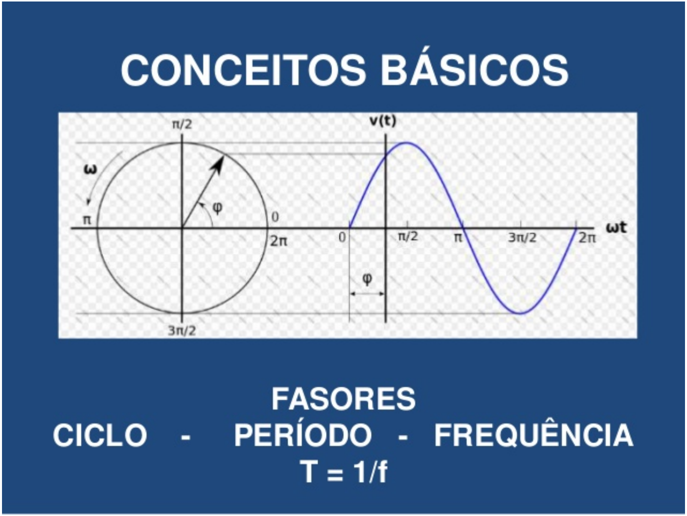
Física Experimental III

Primeiro semestre de 2020

Aula 3 - 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

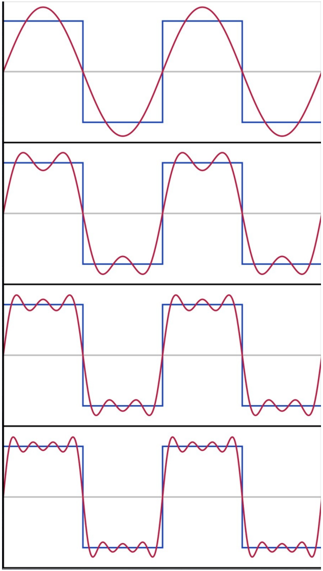
Expansão em séries de Fourier

- Decomposição de um sinal periódico em ondas harmônicas com diferentes fases e amplitudes

$$f(x) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n \mathrm{e}^{jnx}$$

$$c_n = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \mathrm{e}^{-jnx} dx$$

  - A forma mais comum é escrita em termos de senos e cossenos. Basta substituir a fórmula de Euler nas expressões acima e você verá que é a mesma coisa.

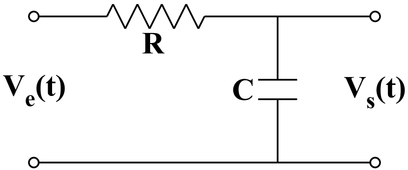


Impacto de um sinal não harmônico em um circuito simples

- Filtro RC
- Tensão de entrada não harmônica, escrita em termos de uma série de Fourier

$$V_e(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n \mathrm{e}^{j\omega_n t}$$

  - c_n são números complexos
  - ω_n é a frequência do n-ésimo harmônico
- Como ficam as equações que descrevem o circuito?



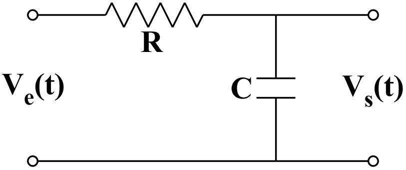
Equação diferencial de um circuito RC em série

$$V_e(t) = V_R(t) + V_C(t)$$

$$V_e(t) = R\, i(t) + V_C(t)$$

$$V_C(t) = \frac{Q(t)}{C} \quad \Rightarrow \quad Q(t) = C\, V_C(t)$$

$$i(t) = \frac{d}{dt}Q(t) = C\frac{d}{dt}V_C(t)$$



$$V_e(t) = RC\frac{d}{dt}V_C(t) + V_C(t)$$

Equação diferencial de um circuito RC em série

- Escrevendo as tensões como:

$$V_e(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n \mathrm{e}^{j\omega_n t} \qquad \text{e} \qquad V_C(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} b_n \mathrm{e}^{j\omega_n t}$$

- Substituindo na equação diferencial

$$\sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n \mathrm{e}^{j\omega_n t} = RC\frac{d}{dt}\left(\sum_{n=-\infty}^{\infty} b_n \mathrm{e}^{j\omega_n t}\right) + \sum_{n=-\infty}^{\infty} b_n \mathrm{e}^{j\omega_n t}$$

$$\sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n \mathrm{e}^{j\omega_n t} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} (RCj\omega_n + 1) b_n \mathrm{e}^{j\omega_n t}$$

Equação diferencial de um circuito RC em série

- Ou seja

$$\sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n \mathrm{e}^{j\omega_n t} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} (RCj\omega_n + 1) b_n \mathrm{e}^{j\omega_n t}$$

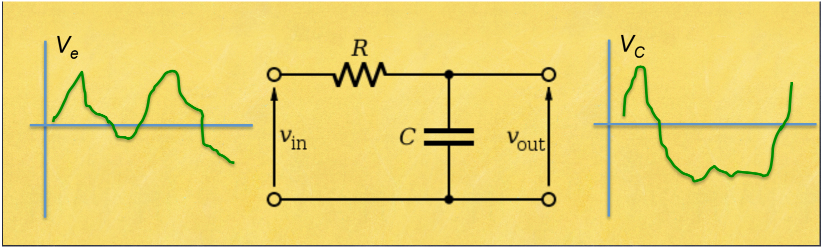
$$c_n = (RCj\omega_n + 1) b_n \qquad b_n = \frac{c_n}{1 + j\omega_n RC}$$

- Lembrando do filtro RC passa baixa

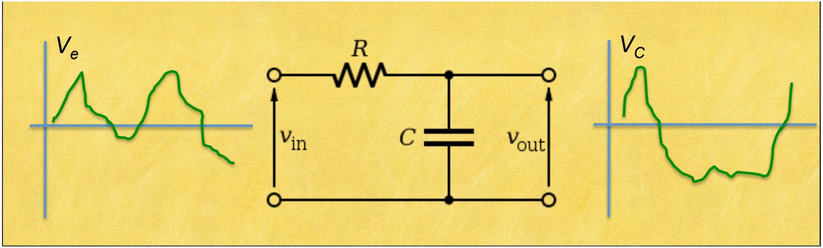
$$\hat{G}_n = \frac{\hat{V}_C}{\hat{V}_e} = \frac{1}{1 + j\omega_n RC}$$

- O estudo de um sinal não harmônico em um circuito cuja E.D. é linear pode ser feito decompondo o sinal em suas frequências harmônicas e estudando o comportamento desse circuito para cada uma dessas componentes.

Impacto de um sinal não harmônico em um circuito simples



- Como cada componente harmônica é modificada de forma diferente, por conta de terem frequências diferentes, o sinal medido não tem a mesma forma do sinal original, sendo modificado.
- Construindo o circuito adequadamente, podemos manipular a forma do sinal medido $\Rightarrow$ FILTRO de sinais.



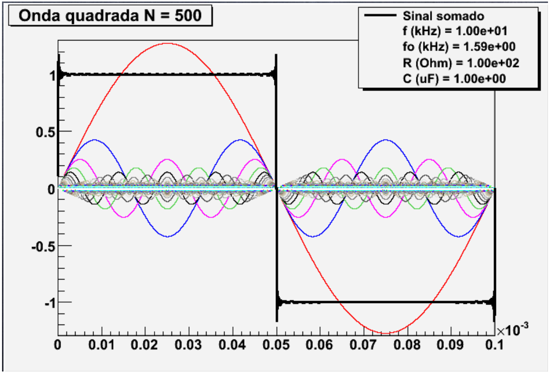
$$V_e(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n e^{j\omega_n t} \quad \Rightarrow \quad \hat{V}_C(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \hat{G}_n c_n e^{j\omega_n t}$$

Sumário

Onda quadrada

- Tensão de entrada como sendo uma onda quadrada
- As exponenciais se reduzem aos termos de seno e apenas para n ímpar

$$V_e(t) = V_0 \frac{4}{\pi} \sum_{n=1,3,5,\ldots} \frac{1}{n} \mathrm{sen}(n\omega t)$$



Onda quadrada em um filtro RC passa baixa

- Tensão de entrada - onda quadrada

$$V_e(t) = V_0 \frac{4}{\pi} \sum_{n=1,3,5,\ldots} \frac{1}{n} \mathrm{sen}(n\omega t)$$

- Tensão de saída - $V_C(t)$

$$V_C(t) = V_0 \frac{4}{\pi} \sum_{n=1,3,5,\ldots} G_0(n\omega) \frac{1}{n} \mathrm{sen}\left[n\omega t + \phi_0(n\omega)\right]$$

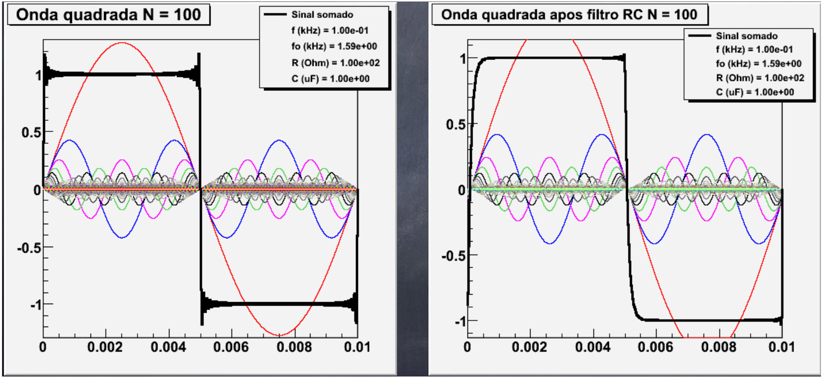
- Com

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

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

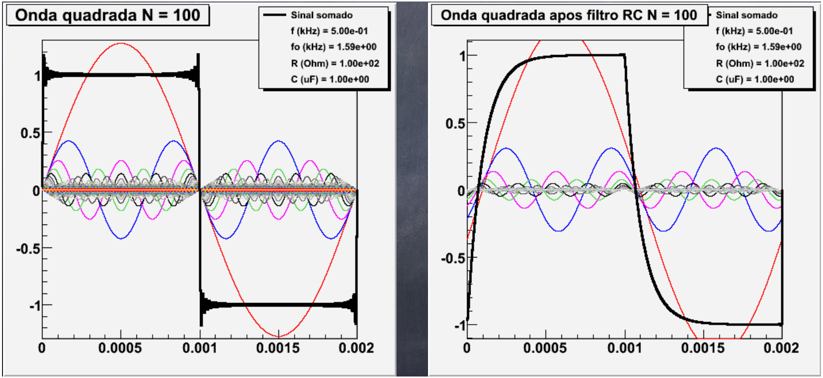
Onda quadrada em um filtro RC passa baixa

$$\omega \sim \frac{1}{10}\omega_c$$



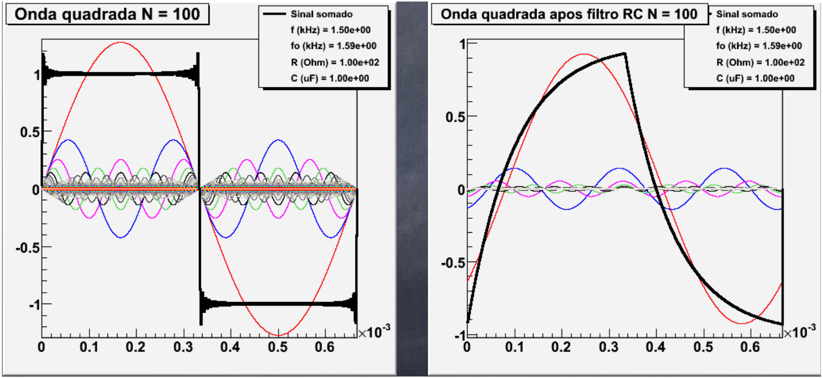
Onda quadrada em um filtro RC passa baixa

$$\omega \sim \frac{1}{3}\omega_c$$



Onda quadrada em um filtro RC passa baixa

$$\omega \sim \omega_c$$



Onda quadrada em um filtro RC passa baixa

$$\omega \sim 20\omega_c$$