

Experimento 5

Ressonância em circuito RLC

Estudar oscilações forçadas em circuito RLC

Tensão variável

Gerador de onda senoidal

Parâmetros

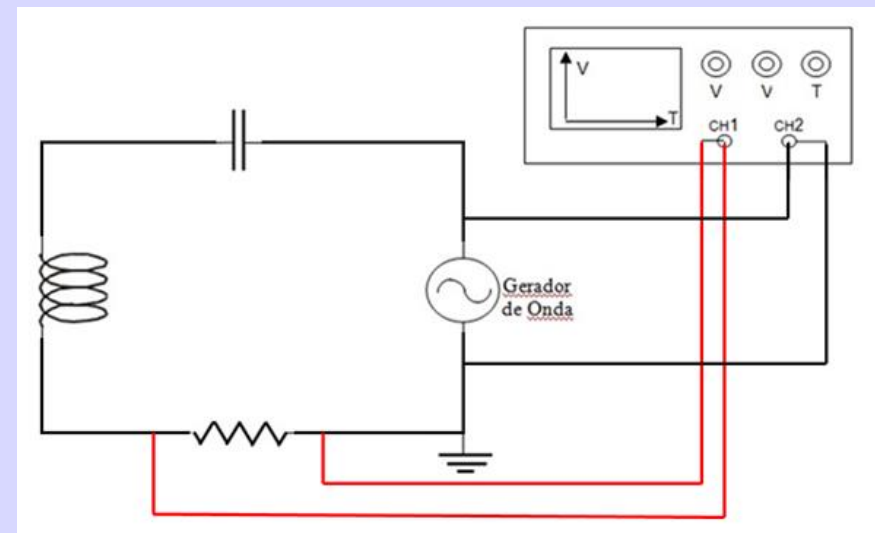
Caixa de capacitores (0,0001 - 1 μ F)

Caixa de resistores (100 – 2M Ω)

Indutor (30mH ~ 1000 espiras)

Tempos pequenos (< ms)

Osciloscópio



O acontece com circuito?

Variação frequência da fonte

Oscilações forçadas

Mecânicas

Modo normal de oscilação (livre)

Força na mesma frequência

Balanço de criança

Oscilação livre

Tira do equilíbrio e solta

Oscilação forçada

Impulso na amplitude máxima

Novo empurrão

Uso do corpo (pernas)

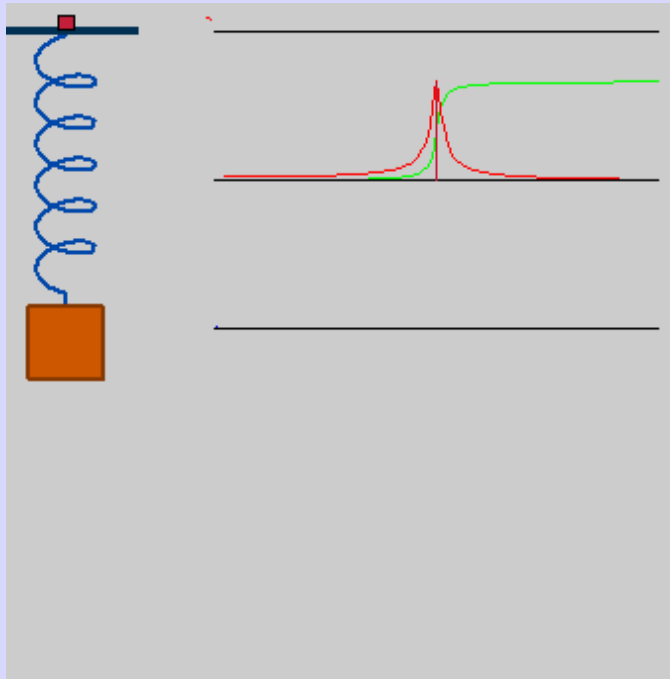


Oscilações forçadas

Mecânicas

Modo normal de oscilação (livre)

Força em outra frequência



Go to www.menti.com and use the code 84 37 57 7

Quando a frequência de excitação é diferente da frequência natural podemos afirmar que a frequência de oscilação do sistema

Mentimeter

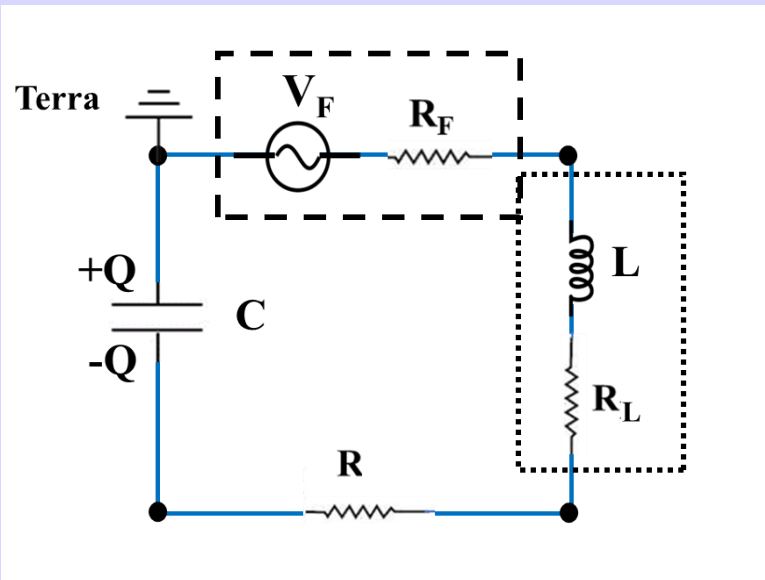
0	0	0
Igual a de excitação	Igual a natural do sistema	Entre os dois valores

Oscilações forçadas

Circuito RLC

Modo normal de oscilação (livre)

Tensão com frequências próximas
ao modo normal



Go to www.menti.com and use the code 84 37 57 7

Para encontrar a frequência de ressonância em um circuito RLC analisamos que parâmetros?

0	0	0	0
Tensão no gerador	Tensão no resistor	Tensão no capacitor	Tensão no Indutor

Mentimeter

Oscilações forçadas

Dinâmica do circuito

Gerador com frequência variável

$$- Ri + \frac{Q}{C} - L \frac{di}{dt} = V_F \cos(\omega t + \delta) \quad i = -\frac{dQ}{dt}$$

$$L \frac{d^2 Q}{dt^2} + R \frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{C} = V_F \cos(\omega t + \delta) \quad \text{Homogênea} \rightarrow \text{zero}$$

Para um tempo longo

$$I(t) = I_0 \cos(\omega t + \varphi)$$

Note a diferença de fase
entre tensão e corrente

$$V_R = R I = R I_0 \cos(\omega t + \varphi)$$

$$V_L = L \frac{dI}{dt} = -\omega L I_0 \sin(\omega t + \varphi) \quad \cos(\omega t + \varphi + \pi/2)$$

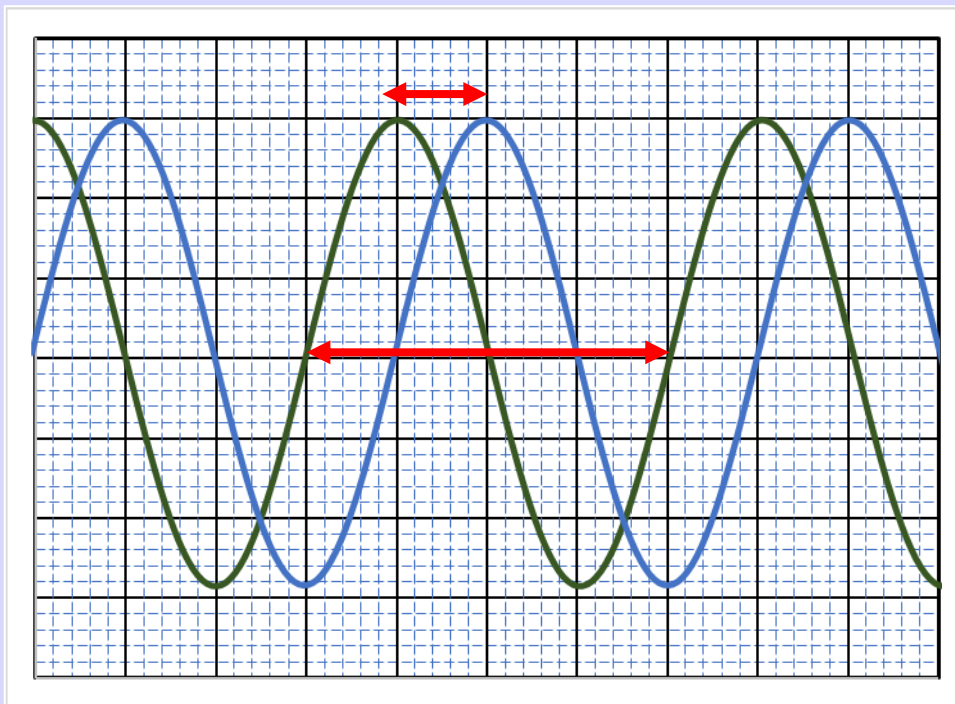
$$V_C = \frac{1}{C} \int I dt = \frac{1}{\omega C} I_0 \sin(\omega t + \varphi) \quad \cos(\omega t + \varphi - \pi/2)$$

Oscilações forçadas

Defasagem

Máximos de tensão não simultâneos

Máximo de corrente não ocorre no máximo gerador



$$\sin \theta = \cos \left(\theta - \frac{\pi}{2} \right)$$

Calcular defasagem

$$\varphi = \frac{\Delta t_{\text{entre máximos}}}{T} 2\pi$$

Nesse caso

$$\varphi = \frac{1}{4} 2\pi = \frac{\pi}{2}$$

Oscilações forçadas

Interpretação gráfica

Corrente e defasagem

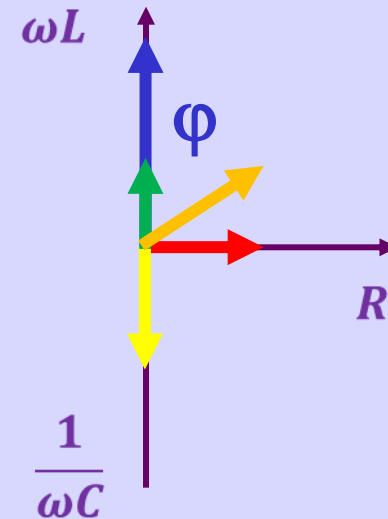
$$V(t) = V_F \cos(\omega t + \delta)$$

$$I(t) = I_0 \cos(\omega t + \varphi)$$

$$V_F = Z_{circ} I_0$$

$$Z_{circ} = R + i \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)$$

$$\tan \varphi = \frac{R}{\omega L - \frac{1}{\omega C}}$$



Variação com frequência

- ωL Aumenta para frequências mais altas
- $\frac{1}{\omega C}$ Aumenta para frequências mais baixas
- R Não varia com frequência

Oscilações forçadas

Condições para ressonância

Corrente e defasagem

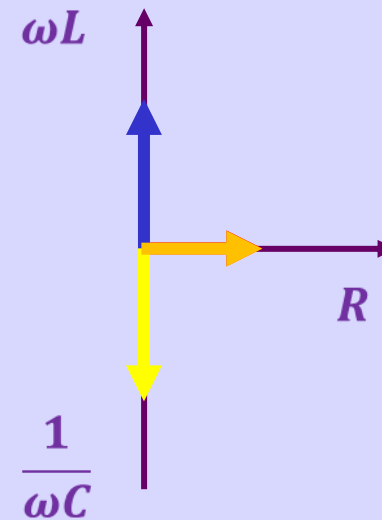
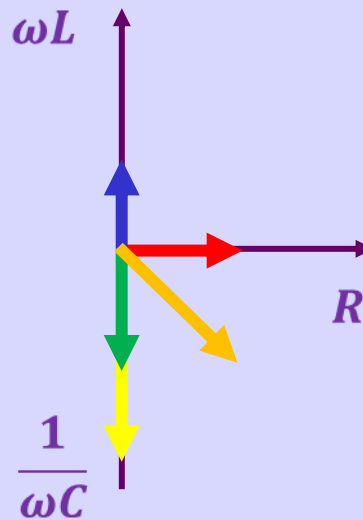
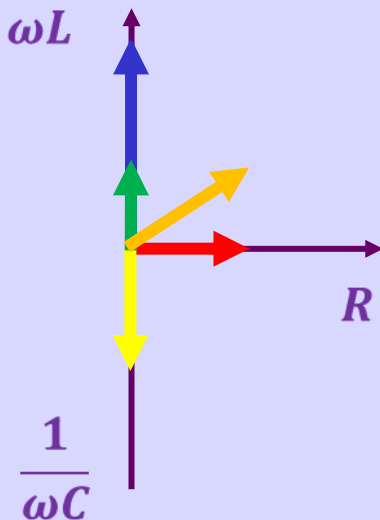
Amplitude de tensão máxima

V_L e V_C podem ser maiores do que V_{fonte}

Maior tensão corresponde a maior corrente

Maior corrente corresponde ao menor Z_{circ}

$$Z_{\text{circ}} = R + i \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)$$



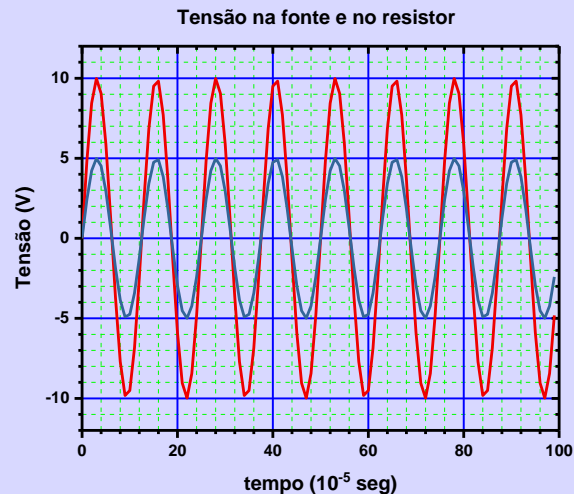
Ressonância

$$V_{\text{fonte}} = V_0 \cos(\omega t + \delta)$$

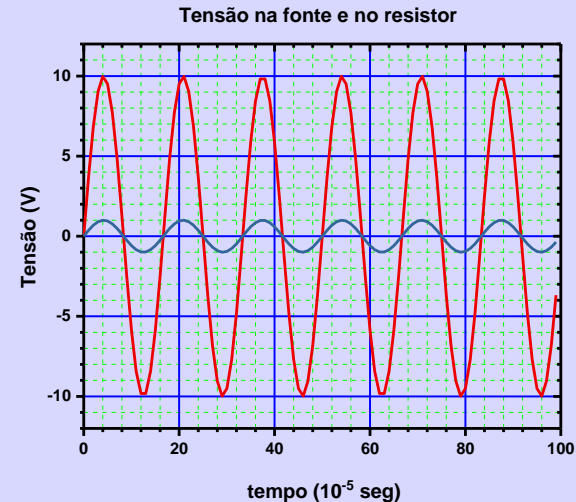
$$I(t) = I_0 \cos(\omega t + \varphi)$$

$$V_F = Z_{\text{circ}} I = R I$$

Comparação entre tensão fonte e
tensão no resistor $V_F = 10 \text{ V}$



Frequência 4 kHz



Frequência 3 kHz

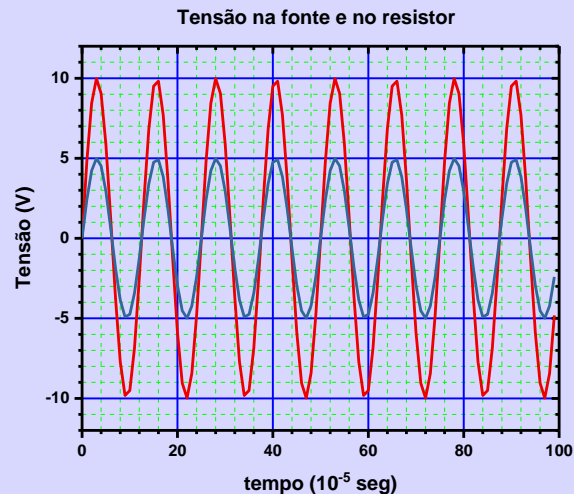
Ressonância

$$V_{fonte} = V_0 \cos(\omega t + \delta)$$

$$I(t) = I_0 \cos(\omega t + \varphi)$$

$$V_F = Z_{circ} I = R I$$

Comparação entre tensão fonte e
tensão no resistor $V_F = 10 \text{ V}$



Frequência 4 kHz

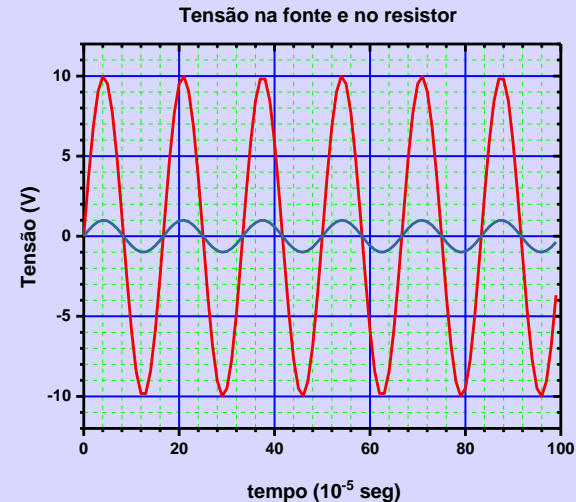
Go to www.menti.com and use the code 43 57 07 7

Comparando as curvas nos dois gráficos podemos afirmar que

0% Não tem nada de Inconsistente

0% Defasagens Inconsistentes

0% Amplitude Inconsistentes



Frequência 3 kHz

Ressonância

Obtendo parâmetros graficamente

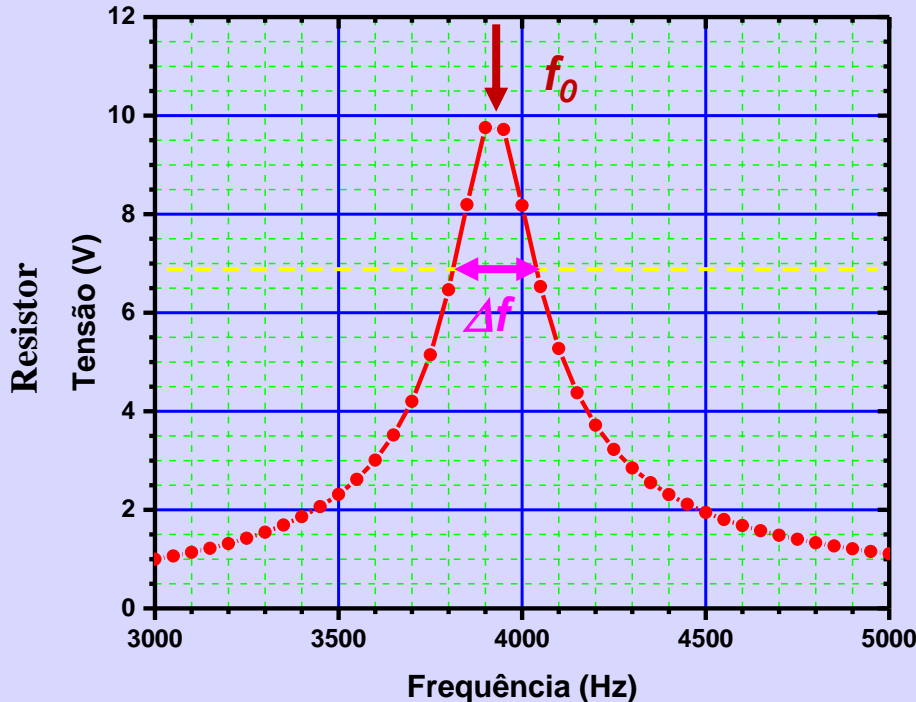
Frequência de ressonância

$$\omega_{res} = 2\pi f_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Fator de qualidade

$$Q_{teo} = \frac{1}{R_{tot}} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Ressonância em RLC série



Como avaliar f_{res} ?

Tensão máxima no osciloscópio
Máximo no gráfico ressonância

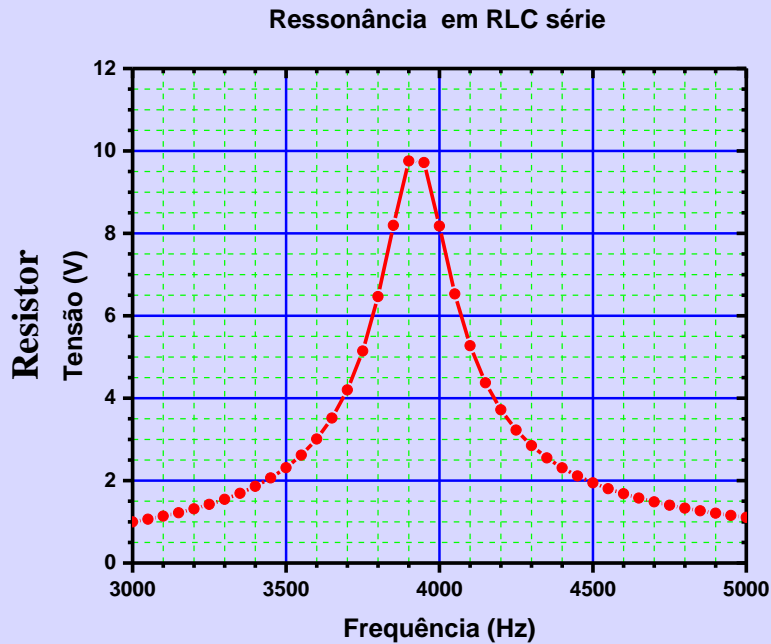
Como avaliar Q?

Graficamente ($0,7 V_{max}$)

$$Q_{exp} = \frac{f_0}{\Delta f}$$

Ressonância

Dependência da figura com R



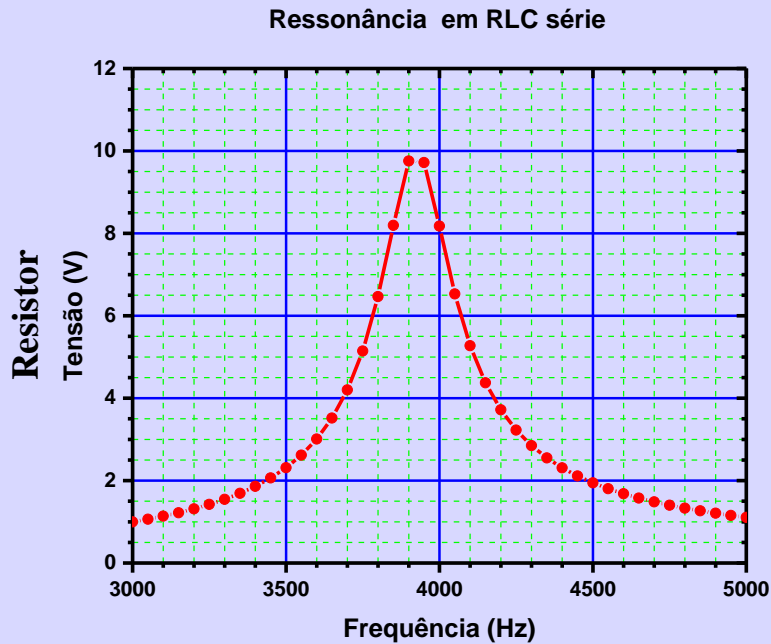
Go to www.menti.com and use the code 15 08 79 1

Diminuindo o valor de R

- Pico muda de posição
- Largura fica mais larga
- Largura fica mais curta
- Não muda

Ressonância

Dependência da figura com L ou C



Go to www.menti.com and use the code 15 08 79 1

Mudando o valor de L ou C

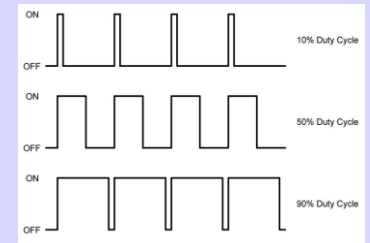
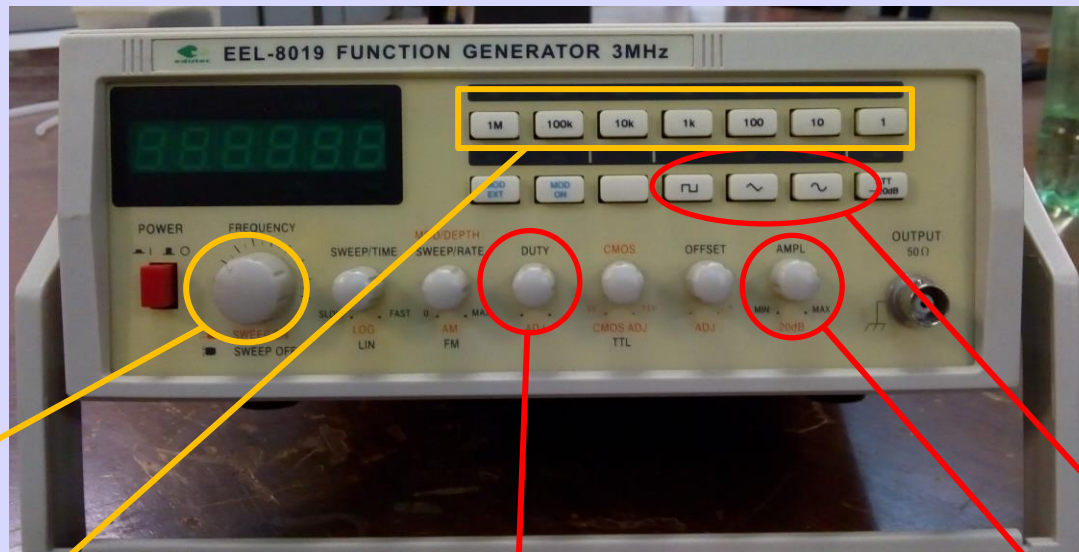
Mentimeter

- Pico muda de posição
- Largura mais larga para C maiores
- Largura mais curta para L maiores
- Nada muda

Gerador de onda

Estudar decaimento para tempo pequeno

Carregar e descarregar em alta frequência (kHz)



Ajuste
Intervalo
Frequência

Relação tempo on x tempo off

Forma da função
Altura do sinal de saída

Caixa de capacitores

Variação de capacitância

Cada botão varia valor em uma determinada década



Leitura em μ F

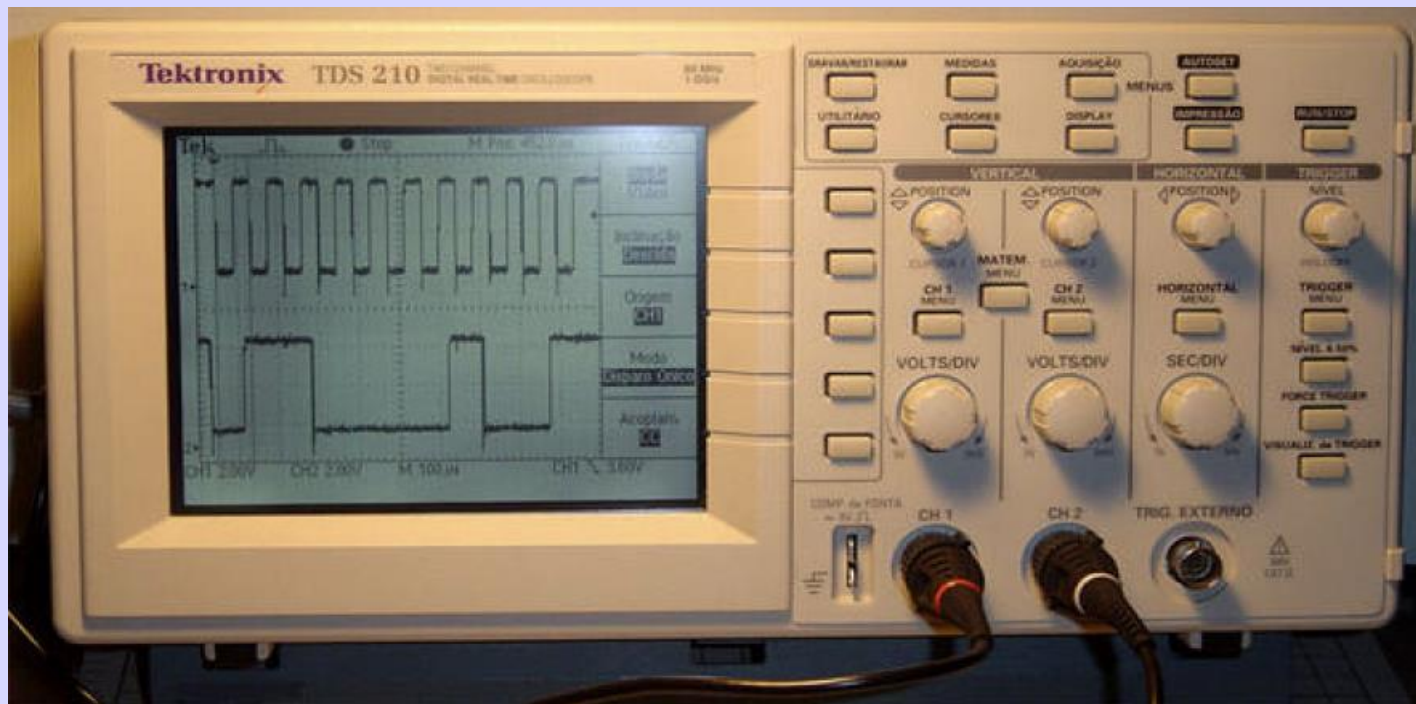
Leitura em nF

Caixa de resistores – funcionamento análogo

Osciloscópio

Amostragem de tensão em função do tempo

Usualmente medidas para tempos pequenos (seg a nseg)



Explicação de funcionamento durante a aula

Atividades

Etapa 1

Avaliar parâmetros esperados para ressonância

Avaliar parâmetros a partir das características dos elementos

Determinar ω_{res} + f_0 + Q

Etapa 2

Avaliar parâmetros a partir de medidas experimentais

Montar tabela com valores fornecidos

Tabela V x frequência

Gráfico milimetrado V x freq – determinação de f_0 – determinação de Q

Cálculo de Z_{circ} (impedância)

Desenhar as curvas de todos os elementos na ressonância

Qualitativo

Verificar compatibilidade dos parâmetros calculados e medidos (Fator Z – não confundir)