

Aula 5: Análise de Circuitos RC e RLC

Objetivos

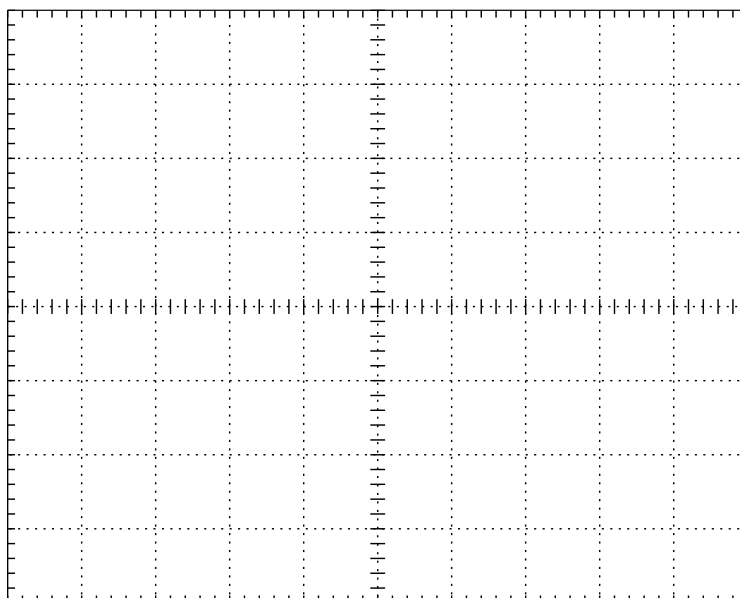
- Verificar o funcionamento de circuitos RC e RLC
- Observar os fenômenos de carga e descarga de capacitores e indutores
- Aprender a medir a constante de tempo de circuitos RC
- Identificar os tipos de resposta de circuitos RLC
- Aprender a utilizar o osciloscópio em modo CURSOR

Lista de material

- Osciloscópio, fonte de bancada, gerador de sinais, multímetro
- Resistores $R1 = 1\text{ k}\Omega$, $R1 = 100\ \Omega$, $R2 = 470\ \Omega$, $R3 = 1\text{ k}\Omega$, $R4 = 220\ \Omega$
- Capacitores $C1 = 1\ \mu\text{F}$, $C2 = 470\text{ nF}$, $C1 = 2,2\text{ nF}$, $C2 = 1\text{ nF}$
- Indutor $L1 = 150\ \mu\text{H}$.
- Potenciômetro de $1\text{ k}\Omega$.

Roteiro da experiência

- 1) Utilizando o gerador de sinais, produza um sinal de onda quadrada com $f = 25\text{ Hz}$, $V_{\min} = 0\text{ V}$ e $V_{\max} = 10\text{ V}$. Mostre o sinal no canal CH1 do osciloscópio. Certifique-se que o acoplamento está configurado para CC. Para uma melhor visualização, ajuste a escala de tensão para 2 V por divisão, a escala de tempo para 5 ms por divisão e a posição vertical para -3 div (-6 V). Se necessário, ajuste também a posição horizontal de forma que o instante de subida do sinal esteja exatamente centralizado na tela. Caso o sinal não esteja estável na tela do osciloscópio, ajuste o TRIGGER LEVEL para 4 V .
 - a) Esboce o sinal observado, indicando as referências de tensão e tempo e as escalas utilizadas.



- b) Ajuste o canal CH2 para acoplamento CC e para a mesma escala de tensão e posição vertical do canal CH1. Mantenha estas configurações para o restante do experimento.

O modo CURSOR do osciloscópio mostra na tela duas barras horizontais ou verticais que auxiliam a fazer medidas precisas de tensão ou tempo. Quando este modo está ativo, a posição do cursor 1 é ajustada por meio do botão CURSOR 1 (o mesmo que VERTICAL POSITION CH1), enquanto a posição do cursor 2 é ajustada por meio do botão CURSOR 2 (o mesmo que VERTICAL POSITION CH2). (Fora do modo cursor, estes botões voltam a suas funções originais.)

- Na configuração “Tipo = Tensão”, a posição de ambos os cursores é indicada na tela, bem como (o módulo da) diferença entre elas (“Delta”). A posição (em Volts) indicada para os cursores será sempre relativa à escala (em Volts/div) do canal selecionado como “Origem”.
- Na configuração “Tipo = Tempo”, além das posições dos cursores e sua diferença, é mostrado também na tela o inverso dessa diferença (em Hz).

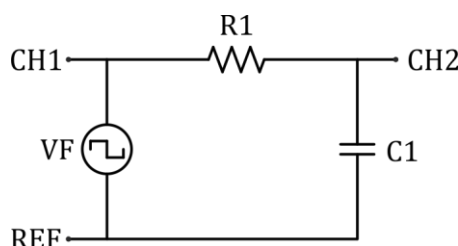
2) Siga os procedimentos abaixo para verificar seu domínio do modo CURSOR.

- Configure o CURSOR MENU para Tipo = Amplitude.
- Ajuste os cursores de forma que o Cursor 1 esteja em V_{\max} e o Cursor 2 esteja em V_{\min} . Nesse caso, o que representa o valor “Delta”? Preencha a Tabela 1.
- Configure o CURSOR MENU para Tipo = Tempo.
- Ajuste os cursores de forma que o Cursor 1 esteja no primeiro instante de descida e o Cursor 2 esteja no segundo instante de descida. Nesse caso, o que representa o valor “Delta” (e o inverso desse valor)? Preencha a Tabela 1.

Tabela 1

V_{\max}	V_{\min}	V_{pp}	T	f

3) No circuito abaixo, a fonte de tensão $v_f(t)$ representa a saída do gerador de sinais (em que a seguinte convenção para as ponteiros é adotada: vermelho = “+”, preto = “-”). O terminal CH1 representa a ponteira vermelha do Canal 1 do osciloscópio, o terminal CH2 representa a ponteira vermelha do Canal 2 do osciloscópio, enquanto o terminal REF representa a ponteira preta de um dos dois canais (por exemplo, do Canal 1). Use $R1 = 1 \text{ k}\Omega$.



- Monte o circuito acima. Confirme que todas as ponteiros estão ligadas corretamente, e que apenas **uma** ponteira preta do osciloscópio está conectada no circuito.
- Complete o esboço da Questão 1, incluindo agora o sinal observado no CH2. (OBS: Certifique-se mais uma vez que o CH2 está perfeitamente alinhado com o CH1, tanto em termos de escala quanto de posição vertical.)

- Quando um capacitor de capacitância C é descarregado sobre um resistor de resistência R , a tensão nos terminais do capacitor decai de acordo com a equação

$$v_c(t) = V_0 \cdot e^{-t/RC}$$

onde V_0 representa a tensão inicial no capacitor (no instante $t = 0$).

- O decaimento da tensão no capacitor independe dos valores específicos de R e C, mas apenas do seu produto, conhecido como **constante de tempo** $\tau = RC$.
- O valor da tensão no capacitor após 1 constante de tempo ($t = \tau$) é dado por

$$v_c(\tau) = V_0 \cdot e^{-1} = 0,368 \cdot V_0.$$

- Assim, é possível determinar o valor de τ medindo o tempo que a tensão leva até atingir $v_c(\tau)$.

4) Nesta questão, considere a curva do capacitor **descarregando** mostrada no osciloscópio.

- a) Calcule o valor da tensão esperada no capacitor em descarga após 1 constante de tempo.

b) Utilizando cursores, estime o valor da constante de tempo τ . Proceda da seguinte forma:

- Marque com um cursor de tensão o valor obtido no item anterior.
 - Olhando na tela, meça o tempo que leva até a tensão no capacitor atingir esse valor.
- c) Estime também o valor da capacitância (com o valor de τ medido) e preencha a Tabela 2. Compare com o valor teórico de τ obtido usando o valor nominal de capacitância.

Tabela 2

	$\tau = RC$ (teórico)	τ (medido)	$C = \tau/R$ (estimada)
C1			

- Quando um capacitor de capacitância C, inicialmente descarregado, é carregado por uma fonte de tensão contínua V_{\max} através de um resistor de resistência R, a tensão nos terminais do capacitor cresce de acordo com a equação

$$v_c(t) = V_{\max} \cdot (1 - e^{-t/RC}).$$

- A curva da tensão no capacitor independe dos valores específicos de R e C, mas apenas do seu produto, conhecido como **constante de tempo** $\tau = RC$.
- O valor da tensão no capacitor após 1 constante de tempo ($t = \tau$) é dado por

$$v_c(\tau) = V_{\max} \cdot (1 - e^{-1}) = 0,632 \cdot V_{\max}.$$

5) Nesta questão, considere a curva do capacitor **carregando** mostrada no osciloscópio.

- a) Calcule o valor da tensão esperada no capacitor em carga após 1 constante de tempo.

b) Utilizando cursores, estime o valor da constante de tempo τ . Proceda da seguinte forma:

- Marque com um cursor de tensão o valor obtido no item anterior.
 - Olhando na tela, meça o tempo que leva até a tensão no capacitor atingir esse valor.
- c) Estime também o valor da capacitância (com o valor de τ medido) e preencha a Tabela 3. Compare com o valor teórico de τ obtido usando o valor nominal de capacitância.

6) Repita a questão anterior para o capacitor C2 e preencha a Tabela 4.

Tabela 3

	$\tau = RC$ (teórico)	τ (medido)	$C = \tau/R$ (estimada)
C2			

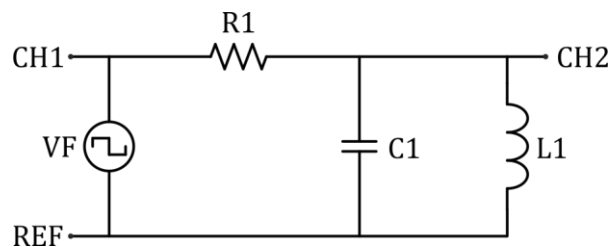
Tabela 4

	$\tau = RC$ (teórico)	τ (medido)	$C = \tau/R$ (estimada)
C2			

7) Agora, aumente a frequência do gerador de sinais até a escala de 2 kHz (e ajuste apropriadamente a escala de tempo). O que você observa? Explique.

8) Circuito RLC paralelo

- Configure o gerador de sinais para gerar uma onda quadrada com frequência de 25 kHz, valor máximo de 3 V e valor mínimo de 0 V.
- Monte o circuito conforme a figura abaixo utilizando $R1 = 100\ \Omega$, $L1 = 150\ \mu\text{H}$, $C1 = 2,2\ \text{nF}$.



- Observe a tensão no indutor. Classifique o circuito em superamortecido, subamortecido ou criticamente amortecido e compare com o valor teórico.

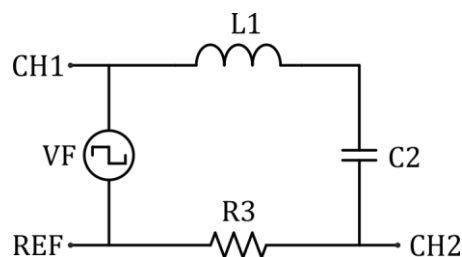
- Meça a frequência de oscilação do sinal e compare com o valor teórico (se houver).

- e) Troque o resistor R1 pelo resistor R2 = 470 Ω .
- f) Observe a tensão no indutor. Classifique o circuito em superamortecido, subamortecido ou criticamente amortecido e compare com o valor teórico.

- g) Meça a frequência de oscilação do sinal e compare com o valor teórico (se houver).

9) Circuito RLC série

- a) Configure o gerador de sinais para gerar uma onda quadrada com frequência de 50 kHz, valor máximo de 5 V e valor mínimo de 0 V.
- b) Monte o circuito conforme a figura abaixo utilizando R3 = 1000 Ω , L1 = 150 μ H, C2 = 1 nF.



- c) Observe a tensão no indutor. Classifique o circuito em superamortecido, subamortecido ou criticamente amortecido e compare com o valor teórico.

- d) Meça a frequência de oscilação do sinal e compare com o valor teórico (se houver).

- e) Troque o resistor R3 pelo resistor R4 = 220 Ω .

- f) Observe a tensão no indutor. Classifique o circuito em superamortecido, subamortecido ou criticamente amortecido e compare com o valor teórico.

- g) Meça a frequência de oscilação do sinal e compare com o valor teórico (se houver).

- h) Troque o resistor R4 pelo potenciômetro de 1 k Ω .
i) Ajuste o potenciômetro até obter uma resposta criticamente amortecida. Desligue o circuito e meça a resistência do potenciômetro.