

Universidade Federal da Bahia  
Instituto de Física  
Departamento de Física do Estado Sólido

## Roteiro suplementar do Experimento 09

Elaborado por: Profa. Milena Castro Meira

Revisado por: Prof. Victor Mancir

### OSCILOSCÓPIO DIGITAL II

#### Objetivos

- Utilização do osciloscópio digital para análise de um circuito RC.

Agora você aprenderá a utilizar o osciloscópio para observar sinais e efetuar medidas elétricas mais complexas. Se for interromper o experimento, anote todos os ajustes.

Nosso objetivo é mostrar a resposta transitória em um circuito formado pela associação em série de um resistor com um capacitor excitado por um sinal de tensão periódico e quadrado como mostrado na figura (Figura 1). Observaremos a tensão no capacitor e mediremos a constante de tempo de carga e descarga.

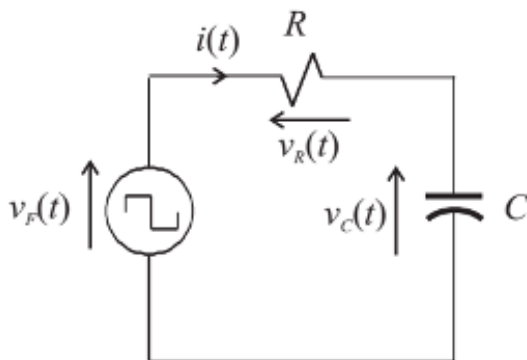


Figura 1: Circuito RC excitado por um sinal de tensão quadrado

O sinal quadrado do gerador de tensão é um sinal de tensão que permanece constante com amplitude  $V_0$  durante metade do período de oscilação ( $T_0/2$ ) e inverte, permanecendo constante com amplitude  $-V_0$ , durante a outra metade do período. Consideraremos que o período seja bastante longo de modo que o capacitor tenha tempo suficiente para carregar-se quase completamente tanto no semi-ciclo positivo quanto no semi-ciclo negativo do gerador de tensão. Nessa condição, a tensão do capacitor oscila entre  $-V_0$  e  $V_0$ . A constante de tempo é o tempo necessário para que o capacitor

se carregue a 63% de  $2V_0$  partindo de  $-V_0$ .

Faça os seguintes procedimentos na bancada:

- Monte o circuito da figura (Figura 2) mas não conecte ainda os fios do osciloscópio. Utilize a placa de ligações, os componentes disponíveis e anote os valores de  $R$  e  $C$  em uso.

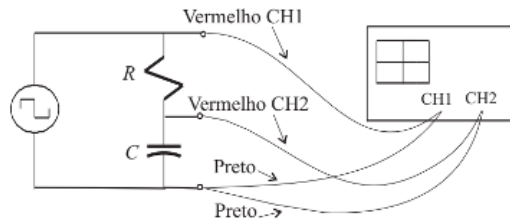


Figura 2: Conexão do circuito RC ao osciloscópio

- Ajuste o gerador de tensão para fornecer um sinal quadrado com uma frequência entre 100 Hz e 200 Hz com amplitude em torno de 1,0 V (2,0 V pico a pico).
- Ligue o osciloscópio. Na configuração do controle horizontal, pressione MENU e selecione a base de tempo Y-T. Ajuste a varredura para um tempo de varredura de 2 ms/div (dial SCALE no controle horizontal).
- Ligue o CH1 e selecione o acoplamento TERRA. Agora ligue o CH2 e selecione o acoplamento TERRA. Ajuste as posições verticais (dial POSITION no controle vertical) para que você veja os dois traços correspondentes às duas varreduras na tela.
- Conecte o canal 1 do osciloscópio ao gerador e o canal 2 ao capacitor. Leve as chaves de entrada dos dois canais para a posição DC, e ajuste as sensibilidades em 0,5 volts/div (dial SCALE no controle vertical). Você deverá visualizar os dois sinais. Se necessário, ajuste a simetria do sinal do gerador para que o sinal fique perfeitamente quadrado.
- Vamos agora superpor os dois sinais para melhor compará-los. Selecione o acoplamento TERRA para os dois canais, CH1 e CH2, e posicione os dois traços de modo a coincidir exatamente com o eixo horizontal. Retorne os CH1 e CH2 para a posição DC e observe os dois sinais. Veja se a tensão no capacitor consegue alcançar o valor constante do sinal quadrado. Ajuste a frequência do gerador e a taxa de varredura de modo que fique visível um período da oscilação e que a tensão no capacitor alcance o valor constante. Nessa condição, a excursão da tensão no capacitor vai de  $-V_0$  a  $V_0$ , ou seja, varia de  $2V_0$ .

Vamos agora nos concentrar na medida da constante de tempo. Para isso podemos utilizar tanto a subida quanto a descida do sinal, utilizemos inicialmente a subida. Ajuste a amplitude do gerador para que o sinal ocupe toda a tela no sentido vertical (oito divisões) e posicione horizontalmente (dial POSITION no controle horizontal) o sinal de modo a começar a subida no canto inferior esquerdo da tela.

## 1 Medindo a Constante de tempo na carga e descarga do capacitor

- Ajuste a taxa de varredura para visualizar a subida do sinal na maior parte da tela e meça o tempo necessário para o sinal atingir 63% das oito divisões verticais da tela (aproximadamente 5 divisões verticais).
- Utilize agora a descida do sinal posicionando o início da queda no canto superior esquerdo. Para isso desloque o sinal horizontalmente para escolher a inclinação invertida do sinal para o disparo da varredura. Meça então o tempo necessário para o sinal cair até 37% das oito divisões (aproximadamente 3 divisões verticais contadas de baixo para cima). Veja que cair até 37% corresponde a cair de 63%. Esses dois tempos deverão ser aproximadamente iguais se você proceder corretamente.
- Avalie o erro ou desvio das duas medidas. Compare os tempos medidos com o valor teórico ( $RC$ ) da constante de tempo.
- Selecione o acoplamento TERRA para os canais 1 e 2 e desconecte os fios do osciloscópio da placa de ligações. Desligue o gerador de função.

## 2 Circuito RC em regime permanente

Nosso objetivo agora é mostrar e medir a diferença de fase entre a tensão e a corrente em um circuito RC em regime estacionário ou permanente (excitação e resposta senoidais) em função da frequência.

Utilizaremos uma medida direta da diferença de fase entre duas senoides na tela. Essa medida só pode ser realizada porque dispomos de um osciloscópio de dois canais.

Desejamos medir a diferença de fase entre a tensão da fonte  $v_F(t)$  e a corrente  $i(t)$  tomando a referência na corrente, ou seja, a tensão é que estará defasada.

O osciloscópio não mede corrente, só mede tensão, de forma que não podemos visualizar diretamente a corrente. Contudo, sabemos que em um resistor a corrente é proporcional à tensão e estão em fase; então, se observarmos a tensão  $v_R(t)$  no resistor, estaremos, no fundo, observando a corrente, a menos de uma constante multiplicativa (a resistência  $R$ ), Figura 3.

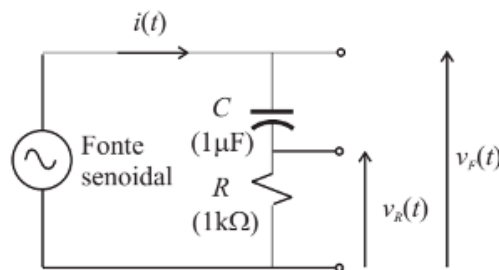


Figura 3: Circuito RC com excitação senoidal

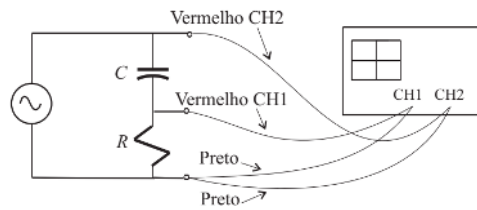


Figura 4: Circuito RC com excitação senoidal conectado ao osciloscópio

- Monte o circuito RC da figura (Figura 4) trocando o capacitor pelo resistor no circuito anterior.
- Conecte os terminais da placa ligados ao resistor à entrada do canal 1.
- Conecte o terminal da placa ligado simultaneamente à fonte e ao capacitor à entrada do canal 2 (fio vermelho).
- O fio preto dessa entrada deve ser ligado ao outro fio preto com a finalidade de diminuir a entrada de ruído, que pode existir.
- Ligue o gerador de tensão e ajuste-o para fornecer uma tensão senoidal, com amplitude média e frequência de 100Hz.
- Selecione o acoplamento TERRA para os canais 1 e 2 e posicione os dois traços de modo a coincidirem com o eixo horizontal central. Os traços devem ficar perfeitamente superpostos.

## 2.1 Medindo a diferença de fase para diferentes frequências

- Selecione o acoplamento AC para o CH1; ajuste a sensibilidade vertical (dial SCALE no controle vertical) e a taxa de varredura (dial SCALE no controle horizontal) para observar a senoide nos limites da tela. Coloque apenas um período da senoide ocupando toda a tela (10 divisões). A senoide deve iniciar o ciclo no lado esquerdo da tela (dial POSITION com controle horizontal).
- Uma vez ajustada a senoide do canal 1, selecione o acoplamento AC para o CH2. Ajuste a sensibilidade vertical deste canal para poder observar a outra senoide nos limites verticais da tela. Não importa se esta senoide é maior ou menor que a outra na tela, seu valor de tensão será sempre maior.
- Você deverá estar observando duas senoides defasadas. Vamos medir esse atraso.
- Meça a distância  $d$  entre as senoides no ponto de cruzamento com o eixo horizontal. Veja a figura (Figura 5).

A diferença de fase em radianos, negativa pois está atrasada, será calculada pela seguinte “regra de três”:

$$10 \text{ divisões} \rightarrow 2\pi$$

$$d \text{ divisões} \rightarrow -\phi$$

- Estime o erro e repita o processo para  $f = 300 \text{ Hz}$  e  $f = 1000 \text{ Hz}$ , anotando as medidas. Lembre-se de ajustar a senoide do canal 1 em toda a tela para cada valor da frequência.

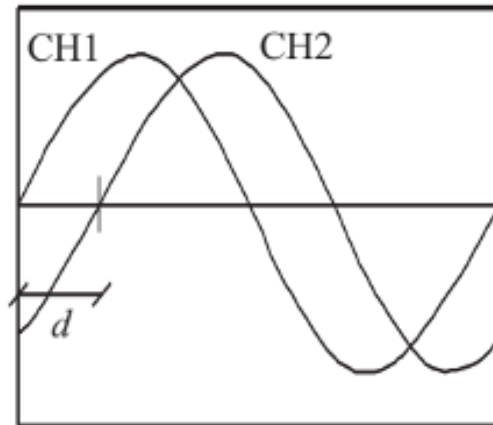


Figura 5: Senoides defasadas. Sinal CH2 atrasado com relação ao sinal CH1

- Compare os resultados obtidos com os valores teóricos dados por:

$$\phi = -\tan^{-1}\left(\frac{1}{\omega RC}\right) \quad \omega = 2\pi f \quad R \text{ em ohms e } C \text{ em farads}$$

Para avaliar o erro em  $\phi$ , considere:

$$\frac{\Delta f}{f} = 5\%, \quad \frac{\Delta R}{R} = 5\%, \quad \frac{\Delta C}{C} = 5\%$$

- Selecione o acoplamento TERRA para os canais 1 e 2, desconecte os fios do osciloscópio da placa de ligações e desmonte o circuito. Desligue o gerador de função.

### 3 Figuras de Lissajous

Vamos agora realizar a composição de dois movimentos senoidais de frequências diferentes nos eixos  $x$  e  $y$ . Para isso, faça as seguintes etapas:

- Ligue o osciloscópio. Na configuração do controle horizontal, pressione MENU e selecione a base de tempo X-Y.
- Ligue o transformador na rede e conecte os dois terminais (central e outro qualquer) da saída do transformador ao canal 1, que é o eixo  $x$ .
- Selecione o acoplamento AC para o CH 1 e ajuste a sensibilidade e o posicionamento para que o traço horizontal ocupe toda a tela dentro dos seus limites. Se for necessário utilize o controle variável da sensibilidade vertical girando-o no sentido anti-horário.
- Ajuste o gerador próximo a uma frequência de 10 Hz, função senoidal, amplitude média e conecte-o ao CH2, que é o eixo  $y$ .
- Selecione o acoplamento AC para CH2 e coloque o CH1 no acoplamento TERRA. Ajuste a sensibilidade vertical, a amplitude do gerador e o posicionamento do canal 2 para que o traço vertical ocupe toda a tela dentro de seus limites. Não utilize a amplitude máxima do gerador para prevenir distorção no sinal senoidal.

- Coloque agora ambos os canais 1 e 2 no acoplamento AC e deverá aparecer uma figura “estranha” em movimento na tela. Aumente a frequência do gerador aos poucos e lentamente até que apareça uma figura fechada na tela. Tente imobilizar essa figura, se for possível, pelo ajuste da frequência do gerador de modo que você possa observar todos os picos da figura. Anote a frequência do gerador, conte quantos pontos de tangência existem no eixo horizontal (inferior ou superior) e quantos pontos de tangência existem no eixo vertical (esquerdo ou direito) escrevendo-os na forma de uma fração.
- Monte uma tabela com três colunas, uma para  $f_G$  (frequência do gerador), uma para a relação

$$\frac{f_x}{f_y} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de tangentes ao eixo X}}{\text{n}^\circ \text{ de tangentes ao eixo Y}}$$

e uma para  $f_y$  (frequência teórica no eixo  $y$ ) sabendo que  $f_x = 60$  Hz.

- Continue a aumentar a frequência do gerador preenchendo a tabela toda vez que conseguir uma figura fechada e aproximadamente parada. Prossiga até atingir 600 Hz tomando, pelo menos, uns 10 pontos de medida.

As medidas estão concluídas. Selecione o acoplamento TERRA para os CH1 e CH2. Desconecte os fios do gerador e do transformador (não é necessário desconectar os fios das entradas do osciloscópio nem da saída do gerador).

## Para terminar

Ao encerrar os procedimentos deste experimento, recoloque os cabos elétricos emprestados no local reservado para os mesmos na sala. Em seguida, deixe a bancada organizada para uma próxima prática.