INSTITUTO DE FÍSICA – UFRGS
Física Geral e Experimental III A (FIS01202)

Atividade de Laboratório V

CIRCUITO RC COMO DIFERENCIADOR E INTEGRADOR

I. – Introdução

No experimento anterior, verificamos que um capacitor C sem carga inicial, quando ligado a uma fonte de tensão constante e através de um resistor R, carrega-se exponencialmente até atingir a tensão $\mathcal{E}$ da fonte, obedecendo a equação

$$V_C(t) = \mathcal{E}\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right), \tag{1}$$

onde $V_C(t)$ é a tensão entre as suas placas.

Reciprocamente, se o capacitar estiver carregado (possuir uma tensão inicial $\mathcal{E}$) e os seus terminais forem interligados por um resistor R, ele descarregar-se-á de acordo com a equação

$$V_C(t) = \mathcal{E}e^{-\frac{t}{RC}}. \tag{2}$$

A constante $\tau = RC$, que determina a rapidez da carga ou da descarga, é chamada de constante de tempo capacitiva.

No presente experimento, faremos medidas de carga e descarga de capacitores, variando os valores da resistência e da capacitância. Verificaremos que, apesar das leis de carga e descarga serem sempre as dadas pelas relações (1) e (2) acima, elas podem determinar comportamentos diferentes do circuito, quando a tensão da fonte for ligada e desligada muitas vezes por segundo. Este é o caso, por exemplo, da aplicação de uma onda quadrada no circuito do capacitor e do resistor, ao invés de uma tensão $\mathcal{E}$ constante como no capítulo anterior.

Esta onda quadrada, conforme mostra a figura 1, é produzida por um gerador de funções que tem a possibilidade de variar tanto a freqüência como a amplitude da onda. No exemplo da figura 1, a onda possui uma amplitude de 1 volt, pico a pico, e um período T de 1 ms ($10^{-3}s$), ou seja, uma freqüência $f = 1/T = 10^3 s^{-1} = 10^3 Hz = 1kHz$. Esta onda quadrada, pode ser pensada como se a fonte estivesse "ligada" no intervalo de tempo 0 a 0,5 ms e "desligada" entre 0,5 a 1,0 ms, e assim por diante.

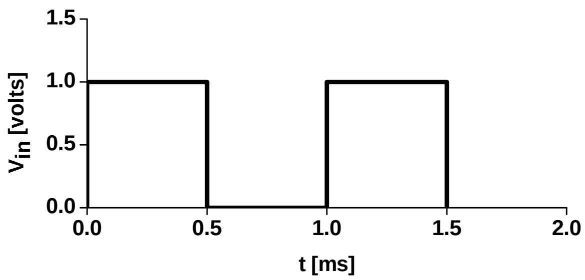

Fig.1 Onda quadrada.

II. – Procedimento experimental

1. O equipamento necessário para realizar o experimento é o seguinte:
   a) Gerador de funções (que gera uma onda quadrada).
   b) Capacitores e resistores: $R_1 = 1k\Omega, R_2 = 4,7k\Omega, C_1 = 0,01\mu F, C_2 = 0,22\mu F$.
   c) Suporte de madeira para as conexões.
   d) Osciloscópio.

2. Em primeiro lugar, devemos escolher uma freqüência conveniente, por exemplo, a da figura 1, cujo valor é de $1kHz$. Para tanto, devemos colocar as extremidades da ponteira do osciloscópio nos bornes de saída do gerador de funções, selecionar uma escala de tempo do osciloscópio tal que 1 ciclo de uma onda de $1kHz$ ocupe quase todo o eixo horizontal (eixo do tempo) do osciloscópio.

3. Feito isso, selecionamos $R = R_2$ e $C = C_1$ e ligamos a saída do gerador, o capacitor e o resistor em série.

4. A seguir, medimos as tensões do capacitor (V_C) e do resistor (V_R). Levamos em conta o fato, que o gerador e o osciloscópio possuem saida e entrada assimétricas. Por isso, precisamos cuidar para ligar sempre as pontas passivas juntas (cor preta). Caso contrário, podemos pôr em curto um dos dois componentes. Uma vez que as ponteiras pretas do osciloscópio e do gerador de funções estarão sempre ligadas juntas, precisaremos trocar a ordem entre o capacitor e o resistor, na ligação em série, para conseguirmos medir V_C ou V_R.

5. A tensão V_C no capacitor deverá ter aproximadamente a forma indicada na figura 2. A interpretação desta figura é dada com base no experimento anterior; no primeiro semiperíodo, quando a tensão da onda quadrada está "ligada", o capacitor se carrega de acordo com a relação dada por (1) e, antes da onda quadrada completar o meio período, ele se acha praticamente carregado; no segundo semiperíodo, quando a fonte está "desligada", ele descarrega-se conforme a relação (2).

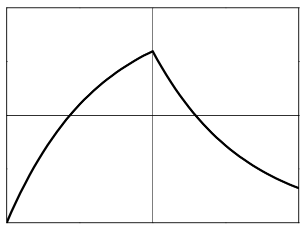

Fig.2 Tensão $V_C(t)$ no capacitor.

6. Meça as tensões V_C e V_R e faça gráficos $V_C(t)$ e $V_R(t)$.

7. Repita o procedimento para $R = R_1$ e $C = C_1$ depois para $R = R_2$ e $C = C_2$. Com isso, você poderá obter três gráficos para $V_C(t)$ e três para $V_R(t)$, além da tensão $V_{in}(t)$ da onda quadrada.

8. Em um papel milimetrado, coloque todos os gráficos conforme indicado na figura 3 preenchendo os parênteses com o valor de RC. Tome cuidado para que as escalas de tempo sejam coincidentes em todos os gráficos de uma mesma coluna.

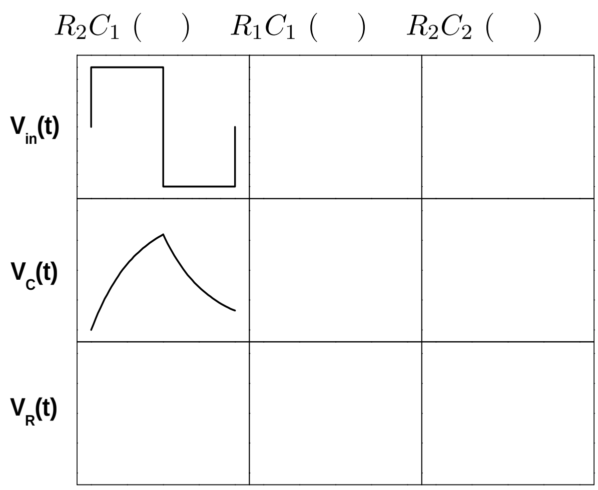

Fig.3 V_{in}, V_C e V_R em função do tempo para diferentes RC.

9. Interprete os gráficos de V_C.

10. Os gráficos de V_R, que dão a queda da tensão no resistor R, também nos informam sobre outra grandeza elétrica importante no circuito. Que grandeza é esta? Interprete estes gráficos em termos desta grandeza.

11. Existe uma relação entre as funções V_R e V_{in} da segunda coluna (para R_1 e C_1). Esta relação é um operador matemático que transforma a função V_{in} em V_R. Para $R_1 = 1k\Omega$ e $C_1 = 0,01\mu F$ a freqüência do V_{in} ($1kHz$) é muito baixa, comparada com a freqüência característica do circuito R_1C_1 ($\tau = 10^{-5}s, f_{R_1C_1} = 100kHz$). Em outras palavras o capacitor será carregado muito rápido e na relação

$$V_{in} = V_C + V_R, \tag{3}$$

V_C será aproximadamente igual a V_{in} ($V_C \approx V_{in}$). Temos ainda que

$$i(t) = \frac{dQ(t)}{dt} = C\frac{dV_C(t)}{dt} \tag{4}$$

e

$$V_R = Ri(t) = RC\frac{dV_C(t)}{dt}. \tag{5}$$

Como $V_C \approx V_{in} \rightarrow \frac{dV_C(t)}{dt} \approx \frac{dV_{in}(t)}{dt}$ e então,

$$V_R = RC\frac{dV_{in}(t)}{dt}. \tag{6}$$

Podemos concluir, que medindo a corrente no circuito, ou respectivamente a queda de tensão no resistor, nós sabemos o **diferencial** do sinal da entrada V_{in}. Quando a variação do V_{in} é lenta, comparada com a constante de tempo num circuito RC, este circuito serve como "diferenciador" (veja Fig.4).

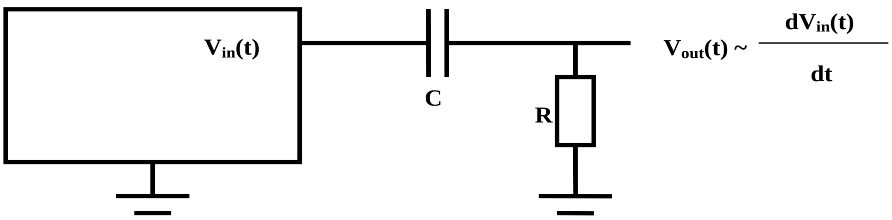

Fig.4 Circuito RC diferenciador.

12. Da mesma maneira, existe outro operador matemático, que relaciona o $V_C(t)$ e $V_{in}(t)$ na terceira coluna (para R_2 e C_2). Qual é a expressão para este outro operador? Encontre o critério, que caracteriza este comportamento e desenhe o circuito correspondente ao da Fig.4, que executa esta operação matemática.

13. Inclua no relatório as relações matemáticas, correspondentes ao comportamento do item 12, análogas às equações (3)-(6).