INSTITUTO DE FÍSICA – UFRGS
FÍSICA II–C (FIS01182)
(Método Keller – Unidade X)

Atividade de Laboratório

CIRCUITO RC – SÉRIE

I. – Introdução

O circuito RC mais simples é aquele constituído por um capacitor inicialmente carregado com uma tensão V_0 descarregando sobre um resistor, conforme esquema ao lado .
A *lei das malhas* de Kirchoff aplicada ao circuito nos fornece

$$V(t) - i(t)R = 0 \ . \tag{1}$$

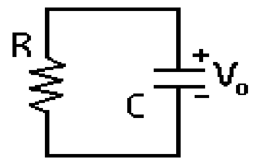

Fig1. Esquema da descarga de um capacitor sobre um resistor.

A corrente no resistor é devida à carga que sai do capacitor, ou seja,

$$i(t) = \frac{dQ(t)}{dt} \ , \tag{2}$$

e a tensão instantânea no capacitor é dada por

$$V_C(t) = \frac{Q(t)}{C} \ . \tag{3}$$

Substituindo as eqs. (2) e (3) na eq.(1) temos

$$\frac{Q(t)}{C} = R\frac{dQ(t)}{dt} \ \rightarrow \ \frac{dQ(t)}{Q(t)} = \frac{1}{RC}dt \ . \tag{4}$$

Definindo $RC \equiv \tau$ e integrando ambos os lados da eq. acima obtemos

$$ln \ \ Q(t) + A = \frac{t}{\tau} + B \ , \tag{5}$$

com A e B constantes de integração. Reescrevendo, temos

$$Q(t) = ke^{-\frac{t}{\tau}} \ , \qquad \text{com} \qquad k = e^{(B-A)} \ . \tag{6}$$

A constante k pode ser facilmente determinada, pois *para* $t = 0$ *a carga no capacitor é* $Q_0 = V_0C$. *Assim,* $k = Q_0 = V_0C$ e a solução se escreve

$$Q(t) = Q_0e^{-\frac{t}{\tau}} \ , \ \text{ou} \tag{7}$$
$$V(t) = V_0e^{-\frac{t}{\tau}} \ . \tag{8}$$

Neste experimento verificaremos a relação entre os processos de *carga* e *descarga* de um capacitor em um circuito RC e sua respectiva *constante de tempo* τ definida acima.

Obs:
1 – A resolução da equação diferencial acima será vista com detalhes no curso de equações diferenciais. Preocupe–se apenas em entender o processo que levou à obtenção da equação e sua solução final. Você fará uso dela no experimento.
2 – É importante ler a Seç. 29–8 do livro–texto para uma análise mais completa dos processos de *carga* e *descarga* em um circuito RC, bem como das equações que regem os mesmos.

II. – Objetivos: Ao término desta atividade você deverá ser capaz de:

1 – determinar a *constante de tempo* de um circuito RC–série nas situações de *carga* e *descarga* do capacitor;
2 – determinar a capacitância de um capacitor através de um circuito RC–série;
3 – descrever os procedimentos experimentais necessários para as determinações anteriores.

III. – Procedimento experimental – Parte I :

Nesta etapa da atividade, você determinará a *constante de tempo* de um circuito RC, com o auxílio de um multímetro, observando os processos de *carga* e *descarga* do capacitor existente. Ao realizar a leitura do texto, observe a figura que se encontra ao lado do texto em cada etapa.

1–**CARGA**

a) Com L_1 e L_2 ambas na posição 1, o voltímetro indica a tensão ϵ da fonte;

b) Abrindo a chave L_2 (posição 2), o capacitor C começa a carregar–se através da resistência interna R_V do voltímetro. Desta forma, o voltímetro marca, então, a cada instante, a tensão $V = \epsilon - V_C$, onde V_C é a tensão entre as placas do capacitor. Logo, $V_C = \epsilon - V$.

c) Use $\epsilon = 25\ V$ e faça 10 leituras de V em diferentes instantes de tempo t, ligando (em 1) e desligando (em 2) L_2. Calcule V_C e complete a Tabela 1 adiante com os dados para o processo de *carga* do capacitor.

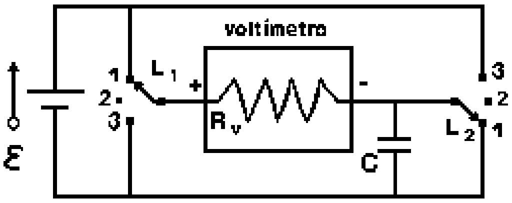

Figura 2

Fig2. Esquema da montagem do circuito RC na configuração de carga.

2–**DESCARGA**

a) Desligue a fonte de tensão.

b) Inverta os fios (a polaridade!) do voltímetro e as ligações das chaves L_1 e L_2, colocando ambas na posição 3 indicada ao lado.

c) Religue a fonte de tensão no mesmo valor $\epsilon = 25\ V$. Nesta situação o capacitor carrega–se quase que imediatamente, pois seus terminais estão ligados diretamente à fonte de tensão.

d) Abrindo a chave L_2 (posição 2), o capacitor começa a descarregar–se através da resistência R_V. O voltímetro, assim, indica, a cada instante, o valor $V = V_C$ diretamente.

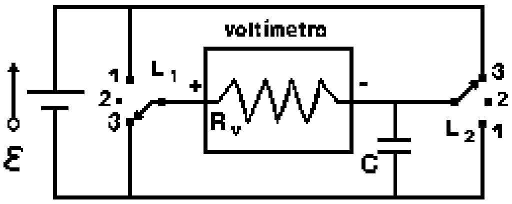

Figura 3

Fig.3 Esquema da montagem do circuito RC na configuração de descarga.

e) Novamente faça 10 medidas de V_C em diferentes tempos t ligando (em 3) e desligando (em 2) L_2 e complete a Tabela 2 adiante com os dados do processo de *descarga* do capacitor.

III.1 – Determinações práticas:

1 – Em papel milimetrado faça o gráfico $V_C \times t$ para este processo. (Construa de tal modo que neste mesmo gráfico possa ser colocada mais uma curva!)

2 – **No mesmo** gráfico já construído coloque a curva para a descarga do capacitor.

3 – A partir dos gráficos, determine o valor experimental da *constante de tempo*, RC (veja observações a seguir), primeiro para o processo de *carga* e então para o de *descarga* do capacitor.

4 – Do valor obtido para RC e do valor da resistência interna R_V do voltímetro indicada pelo fabricante[1], calcule o valor experimental da *capacitância* C e compare–o com o indicado no próprio capacitor.

III.2 – Entregar:

Os gráficos e as respostas solicitadas acima.

[1] Nos multímetros analógicos, R_V é obtida multiplicando–se o valor indicado pelo fabricante em um dos cantos do mostrador pelo valor indicado na escala selecionada, no caso em questão, 5 .

III.3 – Tabelas:

Tabela 1 – *CARGA*

V	$V_C = \epsilon - V$	t

Tabela 2 –*DESCARGA*

$V_C = V$	t

A Figura 4 mostra as curvas de *carga* e *descarga* do capacitor C em função do tempo t. Está também indicada a *constante de tempo* do capacitor C para ambas as situações.

Abaixo lembramos as equações diferenciais, com as correspondentes soluções, para ambas as situações.

1 – *Carga*:

Equação diferencial: $\epsilon = R\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C}$

solução:

de modo que

Para $t = RC$ $\rightarrow$

Abaixo as curvas cor

2 – *Descarga*:

Equacão diferencial: $R\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0$;

$Ce^{-\frac{t}{RC}}$;

$\epsilon e^{-\frac{t}{RC}}$.

$) = 0,37\epsilon$ (10).

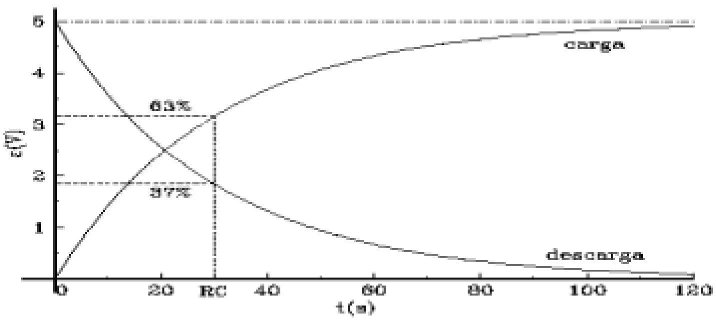

Fig.4a $V \times t$ nas situações de *carga* e *descarga* do capacitor C.

III. – Procedimento experimental – Parte II :

As leis de *carga* e de *descarga* básicas são sempre dadas pelas relações acima, mas comportamentos diferentes do circuito podem ocorrer quando, por exemplo, a tensão da fonte for ligada e desligada muitas vezes por segundo. Se usarmos uma *onda quadrada* sobre o circuito RC, a tensão ϵ será aplicada durante um certo tempo ($= T/2$). Após ela inverte para -ϵ (novamente durante $T/2$), voltando após à situação inicial. Assim a frequência desta onda é $\nu = 1/T$. Veja a figura ao lado.

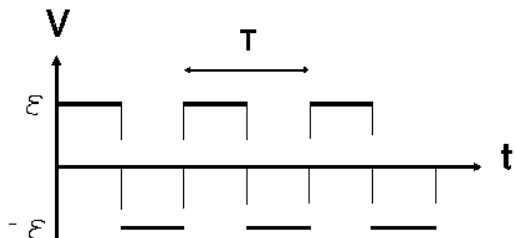

Fig.4b Imagem de uma onda quadrada, gráfico $V \times t$.

Nesta etapa do experimento queremos também determinar a *constante de tempo* do circuito. Agora, porém, você trabalhará com escalas de tempo bem menores que na etapa anterior. Dessa forma, antes de procedermos às medidas devemos conhecer o equipamento a ser utilizado:

- 1 resistor de $\simeq 20\ k\Omega$;
- 1 capacitor de $\simeq 10\ nF$;
- 1 gerador de funções e
- 1 osciloscópio (deverá ser solicitada a ajuda do professor ou de um monitor para seu manuseio).

O osciloscópio é composto basicamente de um feixe de elétrons dirigido por campos elétricos e magnéticos incidindo sobre uma tela fosforescente.

O procedimento experimental é o seguinte:

- a) conecte a ponteira do *canal 1* à fonte externa (gerador de funções) de forma que o fio terra da ponteira fique conectado ao fio que liga a fonte ao capacitor;
- b) conecte a ponteira do *canal 2* ao outro terminal do capacitor. **Atenção: Não conecte o fio terra da segunda ponteira! O terra do osciloscópio que você usa é comum às ponteiras. Se você ligá- lo ao fio que conecta o resistor e a fonte colocará a mesma em curto!** ;
- c) ajuste o aparelho no *módulo* **VERT MODE** para **DUAL**;
- d) observe e desenhe em papel milimetrado o que ocorre quando você usa frequências de $500Hz$ e de $5KHz$. Quais as diferenças e por que isso ocorre?

  OBS.: O *gerador de funções* é um aparelho capaz de alterar a tensão aplicada a seus terminais com o decorrer do tempo. Você verá mais detalhes adiante, ao estudar correntes alternadas. Ele é usado para fornecer uma *onda quadrada* ao circuito. A frequência e a amplitude desta onda podem ser variadas até que valores adequados ($f \simeq 2$ kHz e $V \simeq 4$ V) sejam obtidos. A monitorização destes valores é feita com o auxílio do osciloscópio.

Determinação da constante de tempo:

Considere apenas a parte positiva (de 0 a $+\epsilon$) da fonte externa aplicada ao circuito RC já montado. Conforme adiantado ao lado da fig. $4b$, esta fase $+\epsilon$ é aplicada durante o tempo $T/2$, isto é, $1/(2f)$, onde f é a frequência selecionada por você no gerador de funções. Portanto, se você selecionar esta f de modo a que $1/(2f)$ coincida com a constante de tempo τ específica do circuito, pela equação (9) segue que a *parte positiva da curva de carga do capacitor*, ver fig. 4a, deverá atingir $0,63\epsilon$, ou seja, V_c atingirá 63% da tensão positiva aplicada.

Do exposto, segue que para determinar a constante de tempo τ basta selecionar uma f no gerador de modo a obter (ver OBS. acima) $0,63 \times 4\ V = 2,52\ V$ de tensão de carga do capacitor, com os valores monitorados no osciloscópio. A medida *experimental* do tempo τ é lida quase diretamente da tela, bastando centralizar a curva de carga no zero (eixo vertical), ler o valor de t no eixo horizontal (correspondente a $0,63\ \epsilon$) e multiplicá-lo pelo valor da escala de tempo selecionada no osciloscópio.

Entregar:

Os gráficos (em papel milimetrado) obtidos na tela do osciloscópio e o cálculo do valor de τ que deverá ser comparado com o produto dos valores de R e de C especificados pelos fabricantes.