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

Atividade de Laboratório IV

CIRCUITO RC EM SÉRIE. PROCESSOS DE CARGA E DESCARGA

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 Kirchhoff aplicada ao circuito nos fornece

$$V_C(t) = i(t)R \ . \tag{1}$$

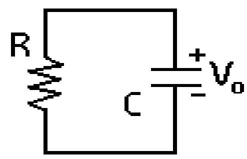

Figura 1

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

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

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

onde o sinal representa o fato, que a carga do capacitor está diminuindo. 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

$$Q(t) = Q_0e^{-\frac{t}{\tau}} \ , \quad \text{ou por (3)} \tag{7}$$
$$V(t) = V_0e^{-\frac{t}{\tau}} \ . \tag{8}$$

O processo de carga de um capacitor conectado em série com um resistor também será estudado. Nesta situação uma fonte de tensão contínua $\mathcal{E}$ é introduzida na malha da figura 1. A *lei das malhas* de Kirchhoff resulta em:

$$\mathcal{E} - i(t)R - V_C(t) = 0 \ , \quad \text{ou} \tag{9}$$

$$\mathcal{E} - R\frac{dQ(t)}{dt} - \frac{Q(t)}{C} = 0\ . \qquad (10)$$

A solução da equação diferencial (10) deve satisfazer as condições $Q(t = 0) = 0$ e $Q(t = \infty) = Q_0$ (carga máxima). As equações e as soluções de cada caso estão resumidas na tabela abaixo.

	carga	descarga
Equação diferencial:	$\mathcal{E} = R\frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{C}$	$R\frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{C} = 0$
solução	$Q(t) = \mathcal{E}C\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$	$Q(t) = \mathcal{E}Ce^{-\frac{t}{RC}}$
	$V_C(t) = \mathcal{E}\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$	$V_C(t) = \mathcal{E}e^{-\frac{t}{RC}}$
$t = RC\ \rightarrow$	$V_C(RC) = 0,63\mathcal{E}$	$V_C(RC) = 0,37\mathcal{E}$

Neste experimento verificaremos as relações dos processos de *carga* e *descarga* de um capacitor em um circuito RC e sua respectiva *constante de tempo* τ definida acima.

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:

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.

I – **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 $V = \mathcal{E} - V_C$, onde V_C é a tensão entre as placas do capacitor. Logo, $V_C = \mathcal{E} - V$.

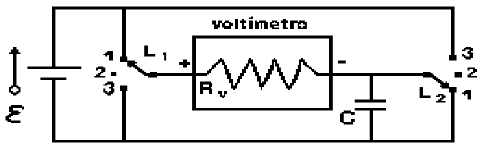

Figura 2

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

c) Use $\mathcal{E} = 12\ V$ 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.

II – **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 $\mathcal{E} = 12\ V$. Nesta situação o capacitor carrega–se quase que imediatamente, pois seus terminais estão ligados diretamente à fonte de tensão.

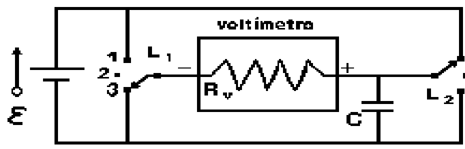

Figura 3

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

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.

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.

IV – Atividades práticas:

1 – Em papel milimetrado faça os gráficos $V_C \times t$ para estes dois processos (veja Fig.4).

2 – A partir dos gráficos, determine o valor experimental da *constante de tempo*, RC , primeiro para o processo de *carga* e então para o de *descarga* do capacitor.

3 – Do valor obtido para RC e do valor nominal da capacitância (indicado no capacitor), calcule o valor experimental da resistência interna R_V do voltímetro. Compare o valor calculado com valor indicado pelo fabricante. [1]

Tabela 1 – *CARGA*

V	$V_C = \mathcal{E} - V$	t

Tabela 2 –*DESCARGA*

$V_C = V$	t

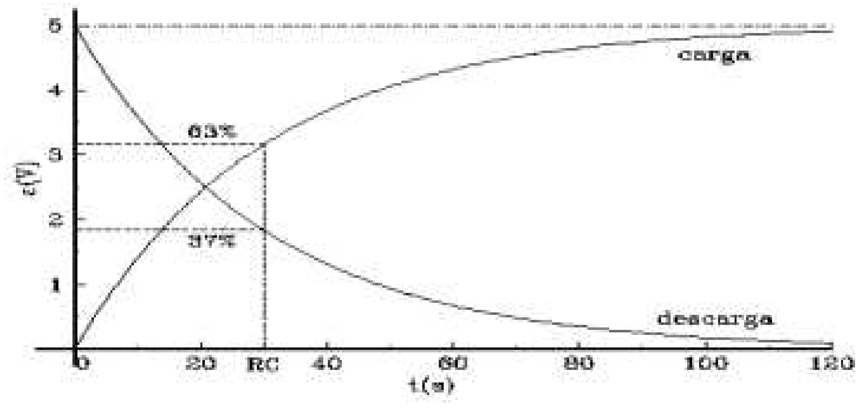

Fig.4 $V \times t$ nas situações de *carga* e *descarga* do capacitor C.

[1] Nos multímetros analógicos, R_V é obtida multiplicando–se o valor indicado pelo fabricante em um dos cantos do mostrador (20.000Ω / V para o modelo Hioki P-80 e $50.000\Omega/V$ para o modelo Hioki AF-205) pelo valor indicado na escala selecionada, no caso em questão, 5 .