UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE CADEIRAS GERAIS

Experiência Laboratorial Nº 4 – **Carga e Descarga de um Capacitor**

Unidade curricular: Física II **Ano:** 2022 **2° Semestre**

Objectivos

- Verificar o comportamento do circuito RC em carga e descarga;
- Determinar a constante de tempo do circuito RC assim como o valor das capacitâncias desconhecidas;
- Comprovar a dependência da constante de tempo com os valores de resistências e capacitância.

Resumo teórico

Se conectarmos uma bateria nos extremos do condutor, a qual mantém uma diferença de potencial V e o condutor tem um comprimento L, então formar-se-á um campo eléctrico de grandezas V/L no condutor. Este campo eléctrico E atua sobre os electrões e os da um movimento resultante no sentido oposto a E. Se através de qualquer superfície passa uma carga resultante dq, num intervalo de tempo dt, diremos que se estabelecerá uma corrente eléctrica de intensidade i.

$$i = \frac{dq}{dt} \qquad (1)$$

A carga resultante que passa através da superfície em qualquer intervalo de tempo determina-se por:

$$q = \int i dt \qquad (2)$$

Se a corrente é constante no tempo, então a carga que flui no tempo t determina-se a corrente i, de acordo com:

$$i = \frac{q}{t}$$

A gradeza característica de um capacitor é a sua capacitância C, entende-se pela grandeza proporcional a carga que pode ter qualquer das armaduras (tomando o valor positivo) e é inversamente proporcional a diferença de potencial (V) entre as armaduras.

$$C = \frac{q}{V} \qquad (4)$$

Quando dois capacitores se conectam em paralelo, pode demostra-se que a capacitância equivalente é:

$$C_{eq.} = C_1 + C_2$$

Em contrapartida, se dois capacitores são conectados em serie, neste caso a capacitância equivalente é,

$$\frac{1}{C_{eq.}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

Carga de um capacitor

Quando conecta-se um capacitor descarregado a dois pontos que se encontram a potenciais diferentes, o capacitor não se carrega instantaneamente, senão, adquire certa carga por unidade de tempo que depende da sua capacitância, da resistência do circuito e da diferença de potencial a qual tende a carregar-se. Suponhamos que carregamos o capacitor da Figura 1, apos colocar o interruptor S na posição a. Como variara com o tempo a carga no circuito, e a corrente? Apliquemos o princípio de conservação da energia.

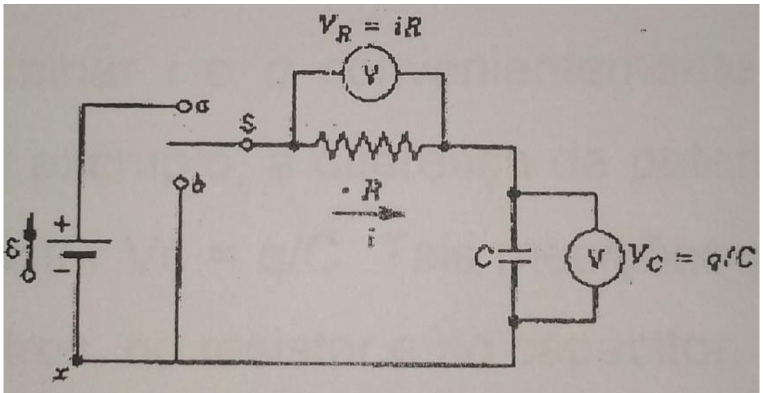


Figura 1.

No tempo dt uma carga $dq = idt$ passa através de qualquer secção transversal do circuito. A energia fornecida pela fonte $f.e.m\ \varepsilon, dq$ deve ser igual a energia dissipada no resistor durante o tempo dt ($i^2\ R\ dt$) mais o aumento dU da energia potencial armazenada no capacitor $\left(U = \frac{q^2}{2C}\right)$. Terremos:

$\varepsilon dq = i^2 Rdt + d\left(\frac{q^2}{2C}\right)$ ou seja $\varepsilon dq = i^2 Rdt + \frac{q}{C}$ dividindo por dt terremos:

$\varepsilon \frac{dq}{dt} = i^2 R + \frac{q}{C} \frac{dq}{dt}$. Tendo em conta (3).

$$\varepsilon = iR + \frac{q}{C} \qquad (5)$$

Esta equação também pode obter-se aplicando a segunda lei de Kirchhoff. Para resolver (5), substitui-se primeiro i por dq/dt, o qual resulta:

$$\varepsilon = R\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} \qquad (6)$$

Podemos escrever (6) assim,

$$\frac{dq}{q - \varepsilon C} = \frac{dt}{RC} \qquad (7)$$

Integrando para o caso $q = 0$ em $t = 0$ e isolando q terremos:

$$q = C\varepsilon\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right) \qquad (8)$$

No laboratório podemos determinar i e q convenientemente medindo quantidades que sejam proporcionais a eles, por exemplo, a diferença de potencial no resistor $V_R = \frac{q}{C}$. Tais medições podem se levar a cabo sem dificuldades, conectando o voltímetro no resistor e no capacitor.

A Figura 2 mostra os resultados da diferença de potencial no capacitor. Com aumento do tempo tende a ε. A diferença de potencial no resistor diminui com o tempo e tende a zero em tempos posteriores porque a corrente decai ate zero uma vez que o capacitor fica totalmente descarregado.

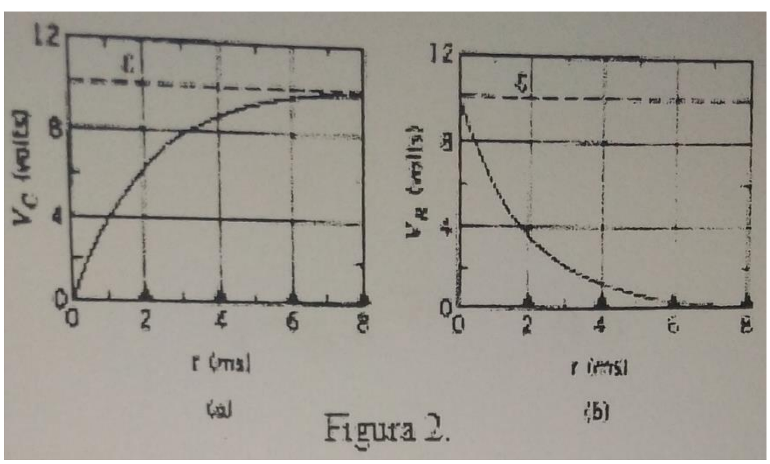


Figura 2.

Na equação (8) a quantidade RC tem as dimensões de tempo (porque o expoente deve ser adimensional) e chama-se **Constante de tempo** do circuito RC $(\tau), \tau = RC$.

Se em (8) substituirmos τ obtemos $q = C\varepsilon(1 - e^{-1}) = 0{,}63C\varepsilon$

Como $C\varepsilon$ e o valor máximo de q, podemos definir a constante de tempo como: **O tempo que leva o capacitor em adiquirir 63% da sua carga máxima**

Utilizando (3) e (8) podemos obter a expressão para a corrente de carga:

$$i = \frac{\varepsilon}{R} e^{-\frac{t}{RC}} \qquad (9)$$

Descarga de um capacitor

Suponhamos agora que o interruptor S da Figura 1 esteja na posição **"a"** durante um intervalo que é muito maior que RC. Neste caso o capacitor estará totalmente carregado e não ira fluir nenhuma carga. O interruptor S coloca-se então na posição b. Como variara com o tempo a carga no circuito e a corrente?

Como interruptor S na posição b, o capacitor descarrega-se pelo resistor. Não existe uma fem no circuito e a equação (5) para o circuito, sendo $\varepsilon = 0$, obtém-se simplesmente:

$$iR + \frac{q}{C} = 0 \qquad (10)$$

Como $i = dq/dt$ podemos escrever (10) na forma $R\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0$, que transformando resulta $\frac{dq}{q} = -\frac{dt}{RC}$. Finalmente

$$q = q_0 e^{-\frac{t}{RC}} \qquad (11)$$

Sendo q_0 a carga inicial do capacitor. Para um tempo $\tau = RC$

$$q = q_0 e^{-1} \approx 0{,}37 q_0$$

Então no processo de descarga do capacitor, a constante de tempo é: **o tempo que leva o capacitor a diminuir a sua carga em 37% do seu valor máximo**. Ao derivar a equação (11) achamos a corrente eléctrica durante o processo de descarga:

$$i = -\frac{\varepsilon}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$$

Na Figura 3, a diferença de potencial no capacitor diminui exponencialmente até zero quando o capacitor se descarrega, e a diferença de potencial no resistor é negativa comparando-se com o seu valor durante o processo de carga. O valor da corrente diminui exponencialmente a zero e a diferença de potencial no resistor tende também a zero.

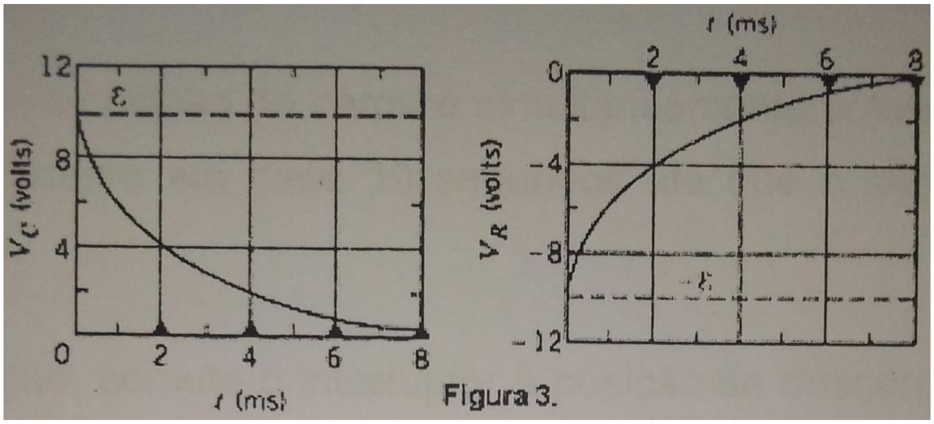


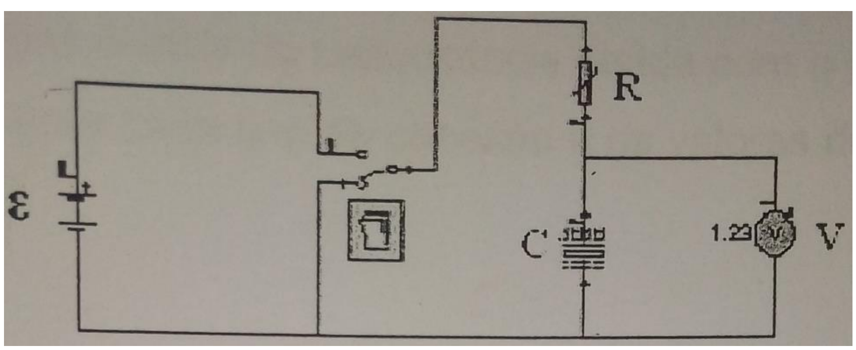
Figura 3.

Equipamento necessário

- 1 Fonte de corrente DC Constanter 0 ...…12 V;
- 1 Multímetro;
- 1 Cronómetro;
- 1 Resistores, $100K$;
- 1 Interruptor duplo;
- 1 Capacitores fixo $470\mu F, 35VL$;
- Cabos de conexão.

Modo de execução

1- Utilizando os componentes que tem no seu posto de trabalho monte um circuito similar ao da figura que a seguir se apresenta



2- Anote os valores da resistência e da capacitor respetivamente. Determine o valor teórico da constante de tempo no processo de carga e descarga deste circuito.

3- Garanta que o capacitor esteja descarregado. Para isso, provoque um curto-circuito momentaneamente nos seus terminais utilizado um cabo com o qual deve tocar em simultâneo as extremidades do capacitor.

4- Comute o interruptor a posição de carga e simultaneamente ative o cronómetro. Tome nota de leitura do voltímetro em cada 10 segundos ate que o capacitor alcance a sua voltagem de saturação.

5- No ponto de saturação, comute o interruptor a posição de descarga e simultaneamente ative o cronómetro. Tome nota da leitura do voltímetro em cada 10 segundos ate que o capacitor alcance uma voltagem próxima a zero.

Orientações para fazer o relatório

1- Organize os dados experimentais nas tabelas.
2- Construa um gráfico de V vs. t. assinale no mesmo gráfico, o valor da constante de tempo obtida e por essa via determine a capacitância do capacitor utilizado. Compare este valor com o do fabricante.

Referências bibliográficas

a) Alonso e Finn, Addison-Wesley, 1999, Espanha;
b) D. Halliday e RHY. Resnick, "Fundamentos de Física, Volume 1", Livros Técnicos e Científicos Editora, 1991, RJ, Brasil.

ANEXO

Carga e Descarga de um Capacitor

C = ________________

R = ________________

Carga do Capacitor		
≠	**Tempo (s)**	**V**
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
…		

Descarga do Capacitor		
≠	**Tempo (s)**	**V**
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
…		