

Física Experimental III - Experiência E6

Carga e descarga de capacitores

OBJETIVOS

Estudo do circuito RC-série com corrente contínua.

Evolução temporal da corrente elétrica num circuito envolvendo carga ou descarga de capacitores.

Obtenção da constante de tempo de um circuito RC-série.

MATERIAL

Circuito RC, fonte de tensão contínua, multímetro analógico, cronômetro, fios de ligação.

TEORIA

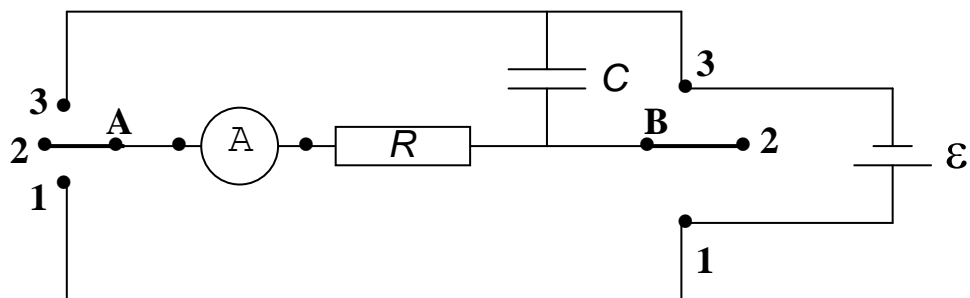
As seguintes equações descrevem respectivamente a evolução temporal da carga acumulada no capacitor e da corrente em um circuito RC em série, durante os processos de carga (a partir da carga inicialmente nula) e descarga (a partir da carga inicial q_0):

$$\begin{aligned} \text{Processo de } \mathbf{carga}: \quad q(t) &= C\varepsilon[1 - e^{(-t/\tau)}] & i(t) &= (\varepsilon/R)e^{(-t/\tau)} \\ \text{Processo de } \mathbf{descarga}: \quad q(t) &= q_0e^{(-t/\tau)} & i(t) &= -(\varepsilon/R)e^{(-t/\tau)}, \end{aligned}$$

onde R e C são respectivamente a resistência do resistor e a capacitância do capacitor que compõem o circuito RC; ε é a força eletromotriz (constante) que alimenta esse circuito durante o processo de carga; e $\tau = RC$ é a *constante de tempo* do circuito RC. O parâmetro τ mede o tempo necessário para que a carga no capacitor atinja aproximadamente 63 % do seu valor máximo no processo de carga ou 37 % do seu valor inicial no processo de descarga. Assim, a constante de tempo fornece um indicativo do tempo necessário para que o circuito atinja um estado estacionário tanto no processo de carga quanto no processo de descarga. O sinal negativo da corrente no processo de descarga significa que a carga acumulada no capacitor diminui com o passar do tempo, e indica que a corrente nesse processo tem o sentido inverso àquele do processo de carga. Observe que se o capacitor for descarregado a partir de sua carga máxima adquirida durante o processo de carga, então $q_0 = C\varepsilon$.

PROCEDIMENTOS

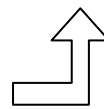
1. A experiência consiste em carregar e descarregar um capacitor através de um resistor, registrando a variação temporal da corrente no circuito durante os processos de carga e descarga. Para isso será fornecido a cada grupo um circuito RC com os componentes já montados, de acordo com o esquema a seguir. O primeiro procedimento fundamental nessa experiência consiste em *examinar detalhadamente* a montagem do circuito fornecido e *procurar entender* o seu funcionamento (observe atentamente o funcionamento das chaves **A** e **B**, examinando em que posições elas fecham contato elétrico).



2. Leia os valores nominais da resistência R e da capacitância C presentes no circuito. Anote esses valores na *folha de dados* em anexo. Estabeleça o valor máximo inicial de corrente a ser usado nesse circuito (50 ou 100 μA), levando em consideração o valor de R , a potência máxima dissipada por esse resistor, a tensão máxima disponível na fonte de tensão contínua e as escalas do amperímetro disponível.
3. Conecte um *amperímetro analógico* na posição indicada no esquema do circuito RC. Ajuste o fundo de escala do amperímetro de acordo com o valor máximo de corrente calculado no item anterior. Tome o cuidado de verificar o sentido da corrente através do amperímetro e de inverter a polaridade deste quando passar do processo de carga para o processo de descarga (observe nas expressões para a corrente em função do tempo fornecidas anteriormente que o sentido da corrente durante a carga é oposto àquele da descarga).
4. **Processo de carga:** Siga os passos abaixo, conectando sucessivamente as chaves **A** e **B** nas posições **1, 2 e 3** (veja o esquema anterior).

a) A1 e B3: capacitor descarregado (em curto-circuito), corrente passando somente através da resistência.

b) A1 e B2: circuito RC em série com a fonte de tensão, capacitor carregando.



c) A2 e B2: capacitor carregado, terminais em circuito aberto. **INVERTER TERMINAIS DO AMPERÍMETRO**

5. **Processo de descarga:**

a) A2 e B1: capacitor totalmente carregado (conectado diretamente à fonte de tensão).

b) A3 e B1: capacitor totalmente carregado, corrente passando somente através da resistência (sentido oposto ao do processo de carga!).



c) A3 e B2: circuito RC em série (sem fonte de tensão), capacitor descarregando.

Obs.: Procure entender detalhadamente os diferentes circuitos que são formados com essas escolhas das posições das chaves **A** e **B**.

6. Com as montagens indicadas em 4a e 5b você poderá ajustar o valor máximo inicial de corrente (50 ou 100 μA) respectivamente durante os processos de carga e descarga.
7. Anote na folha de dados em anexo os valores de corrente (medidos no amperímetro) em função do tempo, durante os processos de carga e descarga (itens 4b e 5c acima). Lembre-se de registrar também a

incerteza total de cada medida de corrente (a qual depende do fundo de escala utilizado), levando em consideração as incertezas instrumental, como foi feito em experiências anteriores envolvendo multímetros analógicos.

8. Para a medida do tempo, utilize ou um cronômetro analógico fornecido no laboratório ou algum cronômetro digital de pulso que você porventura tenha à disposição. As medidas de corrente em função do tempo devem ser efetuadas seguidas vezes e deve-se tomar a *média aritmética* e o *desvio da média* dos valores medidos de tempo para a obtenção respectivamente do valor médio e da incerteza no tempo correspondente a cada valor de corrente.

9. O método a ser usado para a aquisição dos diversos pontos experimentais pode ser escolhido por cada grupo em concordância com o professor. Uma sugestão de procedimento é a seguinte: Estabeleça uma série de valores decrescentes de corrente em intervalos iguais e meça os tempos para que a corrente atinja esses valores a partir do valor máximo inicial, repetindo sucessivamente os passos 4a e 4b para o processo de carga. A seguir faça o mesmo para o processo de descarga, repetindo sucessivamente os passos 5b e 5c.

TÓPICOS A SEREM DISCUTIDOS EM SALA

- Expor as equações diferenciais e as soluções para carga e corrente em função do tempo, durante os processos de carga e descarga.
- Como linearizar uma curva com comportamento exponencial.
- Como se define e para que serve a constante de tempo do circuito RC-série.
- Como obter experimentalmente a constante de tempo do circuito RC-série.
- Como avaliar os valores médios e as incertezas nas medidas do tempo. Apresentar as expressões para média e desvio da média.

ASPECTOS TEÓRICOS A SEREM ABORDADOS NO RELATÓRIO

- Discutir as equações diferenciais e as soluções para carga e corrente em função do tempo, durante os processos de carga e descarga em um circuito RC-série.
- Discutir as condições iniciais envolvidas nessas soluções.
- Expor como a constante de tempo pode ser extraída a partir de uma curva de corrente em função do tempo (a) sem linearização e (b) linearizada. Essas expressões serão utilizadas posteriormente para a determinação experimental da constante de tempo.

ASPECTOS PRÁTICOS A SEREM DESCRITOS NO RELATÓRIO

- Esquematize os circuitos correspondentes a *cada uma* das associações dos itens 4 e 5.
- Descreva qual a metodologia empregada para a aquisição dos dados experimentais de corrente em função do tempo.

PROCEDIMENTOS E CÁLCULOS A SEREM EFETUADOS NO RELATÓRIO

- Em uma folha de papel milimetrado, monte os gráficos de corrente \times tempo para os processos de

carga e descarga do capacitor. Não esqueça de colocar as barras de incerteza correspondentes a cada ponto experimental.

- Utilize a definição de constante de tempo apresentada anteriormente para obter uma estimativa da constante de tempo durante os processos de carga e descarga, a partir da corrente inicial.
- Monte dois gráficos logarítmicos de corrente \times tempo para os processos de: carga e descarga. O primeiro para o processo de carga. Neste trace a curva de corrente em função do tempo diretamente em papel mono-log. No segundo gráfico, o logaritmo natural (ou decimal) do módulo da corrente/(corrente inicial), para o processo de descarga, em papel milimetrado. Não se esqueça de colocar as barras de incerteza correspondentes a cada ponto experimental. No caso dos gráficos de logaritmo da corrente/(corrente inicial), acrescente duas colunas à tabela de dados de corrente em função do tempo, contendo o logaritmo natural da corrente e a sua incerteza.
- A partir dos coeficientes angulares das retas obtidas nos gráficos logarítmicos, obtenha experimentalmente as constantes de tempo (com suas respectivas incertezas) para os processos de carga e de descarga. Lembre-se que a determinação do coeficiente angular é um pouco diferente daquela em papel comum. Veja apêndice II.
- Calcule o valor esperado para a **constante de tempo** a partir dos valores nominais de R e C . Compare com os quatro valores obtidos nos itens anteriores. Monte uma tabela com os valores de τ : nominal e os outros quatro obtidos nos gráficos, incluindo as incertezas.

QUESTÕES A SEREM DISCUTIDAS NO RELATÓRIO

1. Os valores de constante de tempo durante os processos de carga e descarga deveriam ser iguais ou diferentes? O que você encontrou experimentalmente?
2. Baseado nos valores de constante de tempo que você encontrou, estime quanto tempo é necessário esperar na prática para que o capacitor utilizado atinja sua carga máxima no processo de carga. E para que ele atinja carga nula na descarga? Como você poderia aumentar ou diminuir esses tempos?
3. A corrente atinge realmente um valor nulo ao final dos processos de carga ou descarga? Considerando o amperímetro usado nas medidas e as condições em que elas foram executadas, a partir de qual valor mínimo a corrente pode ser considerada *efetivamente* nula?
4. Imagine que alguém lhe entregue um capacitor e lhe peça para determinar experimentalmente o valor de sua capacitância. Explique como o procedimento utilizado nessa experiência pode ser aplicado para essa finalidade.

NÃO DEIXE DE LER

Halliday, Resnick & Walker, Fundamentos de Física, LT&C, Vol. 3, Seção 29.8 (sobre circuitos RC em série).

Apostila de Física Experimental I, Apêndice 1.

