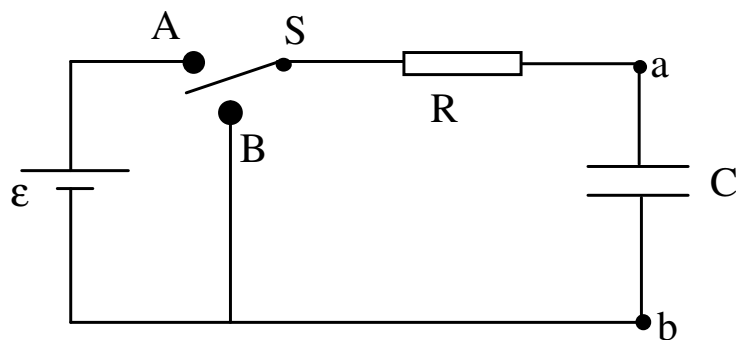


## CIRCUITO RC

### INTRODUÇÃO

Considere o circuito mostrado na Fig. 1 com a chave S na posição intermediária entre A e B e o capacitor C inicialmente descarregado. Se a chave S for fechada em A, a fonte  $\mathcal{E}$  alimentará o circuito com uma corrente  $I$ , até que a tensão entre as placas do capacitor seja igual ao valor da força eletromotriz da fonte ( $V_{ab \text{ máximo}} = \mathcal{E}$ ).



**Figura 1** - Circuito que contém uma fonte de tensão, um resistor e um capacitor.

Enquanto houver corrente no circuito, cargas se acumularão nas placas do capacitor. De acordo com a definição da capacitância  $C$  de um capacitor, em cada instante essa carga será dada por

$$q = CV_{ab} ,$$

em que  $V_{ab}$  é a tensão entre as placas naquele instante.

✓ Identifique, no circuito, o sinal da carga em cada uma das placas do capacitor

Estando a chave ligada em A, enquanto o capacitor estiver carregando, uma análise das quedas e elevações de potencial nos elementos do circuito leva à equação

$$\mathcal{E} = iR + \frac{q}{C} .$$

Como  $i = dq/dt$ , essa equação pode ser escrita na forma

$$\varepsilon = \frac{dq}{dt} R + \frac{q}{C} \quad \text{ou} \quad \frac{dq}{dt} + \frac{q}{RC} = \frac{\varepsilon}{R}. \quad (1)$$

Essa equação é uma equação diferencial, já que ela envolve a derivada da variável  $q$ .

✓ Mostre que, se a carga  $q$  varia no tempo de acordo com uma função do tipo

$$q(t) = C\varepsilon(1 - e^{-t/RC}) \quad , \quad (2)$$

então a equação 1 é satisfeita. Isto significa que a equação 2 é uma solução da equação diferencial 1.

Estando o capacitor carregado e a chave S fechada em B, a fonte deixa de alimentar o circuito e os elétrons da placa negativa do capacitor fluem para a placa positiva, criando, no circuito, uma corrente de sentido contrário àquela do processo de carga. Nessa situação o capacitor está em processo de descarga. Como a fonte de força eletromotriz foi retirada do circuito, uma análise das quedas e elevações de potencial nos elementos leva à equação

$$iR + \frac{q}{C} = 0 \quad \text{ou} \quad \frac{dq}{dt} + \frac{q}{RC} = 0$$

cuja solução é:

$$q(t) = C\varepsilon e^{-t/RC} \quad \text{ou} \quad q(t) = q_0 e^{-t/RC} \quad (3)$$

em que  $C\varepsilon = q_0$  é a carga inicial armazenada no capacitor.

✓ Mostre que, no processo de descarga, a variação da tensão nos terminais do capacitor pode ser escrita como

$$V(t) = V_0 e^{-t/RC} \quad , \quad (4)$$

em que  $V_0$  é a tensão no capacitor no instante que ele começa a descarregar ( $t = 0$ ).

O tempo de descarga — ou de carga — correspondente a  $t = RC$  é chamado de constante de tempo capacitiva do circuito e é, geralmente, representado por  $\tau_c$ .

- ✓ Mostre que para esse tempo, num processo de descarga, a tensão do capacitor cai para 0,37 de seu valor inicial.
- ✓ Mostre que  $RC$  tem unidade de tempo.

## PARTE EXPERIMENTAL

### Objetivos

- Obter curvas de descarga de um capacitor em um circuito RC
- Determinar as constantes de tempo capacitivas dos circuitos analisados.

### Material utilizado

- Computador com interface para aquisição de dados, sensor de tensão, fios, capacitor ( $C \sim 2,2 \text{ mF}$ ), dois resistores ( $\sim 300\Omega$  e  $\sim 10 \text{ k}\Omega$ ) e fonte de tensão ( $\sim 7\text{VCC}$ ).

Uma escolha adequada de resistores com alta resistência e de capacitor de alta capacitância possibilita a realização deste experimento com medidas manuais de tempo, utilizando-se um cronômetro comum. Entretanto a opção por um processo de aquisição automática de dados, pelo uso de um computador interfaceado com um sensor (medidor) de tensão, torna o processo de medida mais rápido e versátil, possibilitando a obtenção de um grande número de medidas, o que torna os resultados mais confiáveis, e ainda possibilita a análise de circuitos com tempos curtos de decaimento, dispensando-se, assim, a necessidade de se restringirem a valores altos de resistência e capacitância.

O procedimento ora sugerido, baseado no equipamento acima listado, refere-se a um sistema automatizado de aquisição de dados. Caso esse sistema não esteja disponível, devem-se adequar os valores dos resistores e do capacitor de forma a viabilizar uma medida manual.

As instruções específicas para o uso do sistema automático de aquisição de dados devem acompanhar a instrumentação.

### Procedimento

- Monte o circuito representado na Fig.1 com qualquer um dos resistores. Coloque a fonte na posição de tensão mínima – dial girado completamente no sentido anti-horário – e deixe a chave S na posição A (processo de carga do capacitor).

**Atenção:** Caso seja utilizado um capacitor eletrolítico ligue-o com a polaridade correta para não danificá-lo.

- Entre no programa de gerenciamento do sistema automático de aquisição de dados. Observando as instruções específicas para o sistema, fornecidas à parte, procure se familiarizar com a instrumentação e seu programa de gerenciamento.
- Um ponto básico para a utilização de um sistema automatizado de aquisição de dados é a adequação da frequência com que os dados serão coletados — isto é, a determinação de quantas medidas por unidade de tempo devem ser feitas. Essa frequência é avaliada com base na razão entre o número total de pontos que se pretende medir e o tempo total da medida. Para adequá-la a este experimento, leve em conta os valores de  $R$  e  $C$  utilizados e, a partir da equação 4, estime um tempo suficiente para que a tensão caia para cerca de um décimo de seu valor inicial. Considerando que cerca de 200 pontos definem bem seu gráfico, avalie uma frequência de medida adequada para seu sistema e ajuste-o para trabalhar nela.
- Conecte o sensor (medidor) de tensão nos terminais a e b do capacitor e ajuste a saída da fonte para uma tensão de cerca de 7 V.
- Estando o capacitor carregado, inicie o processo de descarga desconectando a fonte do circuito e ligando o capacitor diretamente ao resistor — chave S na posição B . Ao mesmo tempo, inicie a aquisição dos dados, de forma a registrar, no computador, a queda da tensão no capacitor em função do tempo. Esse registro deve ser feito em uma tabela e pode ser visualizado graficamente.
- Utilizando um programa de construção e análise de gráficos, trace um gráfico com a curva de descarga  $V \times t$  para o circuito. Faça uma análise dos dados experimentais mediante o ajuste de uma curva exponencial, da forma da equação 4, sobre esses dados. Uma análise alternativa seria por meio de uma linearização do gráfico seguida de uma regressão linear.
- A partir dos dados do ajuste constata-se se a equação 4 descreve bem o processo de descarga do capacitor e calcule, com a respectiva incerteza, a constante de tempo capacitiva do circuito. Compare o resultado com aquele obtido ao se utilizar diretamente os valores de  $R$  e  $C$ .
- Repita o procedimento com o segundo resistor. Observe que a mudança no valor da resistência pode alterar significativamente a frequência apropriada de medida.. Reajuste seu valor se necessário.

√ Um *flash* de uma máquina fotográfica tem basicamente como componentes um capacitor e um resistor (a lâmpada). Considerando que a luz do *flash* deve ser intensa e de curta duração, indique as características que devem ter esses dois componentes.