 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAHIA	Laboratório de Eletricidade e Magnetismo Data: ____ / ____ / ____ Atividade: Associações de Capacitores
--	---

INTRODUÇÃO

Na presente atividade, vamos investigar a associação de capacitores empregando nossos conhecimentos sobre o comportamento transitório do circuito RC. Para isso vamos analisar os circuitos de maneira teórica e experimental. Tendo adquirido os dados reais, vamos então comparar esses resultados com a descrição proposta.

OBJETIVOS

- Investigar a associação de capacitores,
- Praticar conhecimentos básicos envolvendo medidas elétricas básicas, e
- Explorar cálculos elementares relacionados com a análise de circuito elétricos.

MATERIAL UTILIZADO

- Conjunto experimental dedicado ao circuito RC,
- Multímetro digital, fonte de alimentação, cronometro e cabos para interconexões.

RESUMO DAS BASES TEÓRICAS

Consideremos o circuito mostrado na Figura 1a, onde em um instante de tempo inicial, $t = 0$, a carga do capacitor é q_0 , ou seja, $q(t = 0) = q_0$ e a correspondente tensão é $V_C(t = 0) = V_0$. Nesse instante, suponhamos que seja estabelecida uma conexão formando uma configuração em curto circuito, tal como indicado na Figura 1b. Portanto, em $t = 0$ iniciamos a descarga do capacitor.

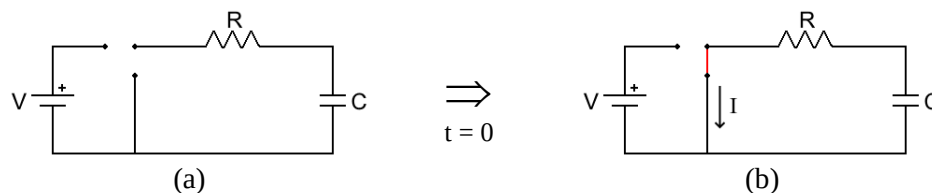


Figura 1: (a) Diagrama esquemático do circuito RC original, composto pelo resistor R e o capacitor C , onde a carga do capacitor é originalmente nula. (b) Diagrama esquemático do circuito RC logo após o estabelecimento de um curto, em $t = 0$, como assinalado em vermelho, com $q(0) = q_0$ e $V_C(0) = V_0$.

Tal como foi visto na atividade anterior, a tensão V_C irá progressivamente ser reduzida, decaindo exponencialmente, seguindo a expressão:

$$V_C = V_0 \cdot e^{-t/\sigma} \quad (1)$$

onde $\sigma = R.C$ é a constante de tempo do circuito em questão. Como podemos deduzir, quando o tempo atinge um valor idêntico ao produto $R.C$, ou seja, quando $t = \sigma$, obteremos:

$$V_C = V_0/e \quad (2)$$

onde $e = 2,718281828459045235360287$ é o chamado número de Euler. Portanto, na presente atividade iremos utilizar tal resultado para estimar o valor da capacitância C resultante de associações de capacitores em série e paralelo, testando a validade das expressões teóricas. O diagrama esquemático e a aparência geral do conjunto experimental são mostrados na Figura 2. As interconexões serão feitas por cabos do tipo banana-banana.

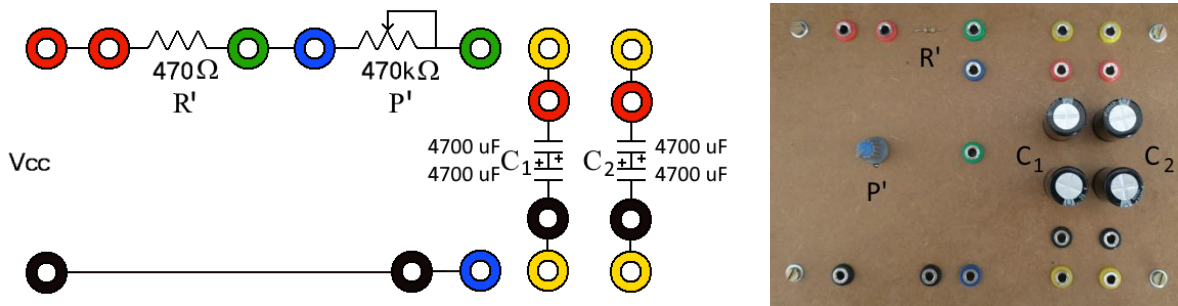


Figura 2: Diagrama esquemático e aparência geral do conjunto experimental.

Comparando o diagrama esquemático acima com os diagramas mostrados nas Figuras 1, podemos rapidamente concluir que P' denota a resistência ajustável apresentada pelo potenciômetro, e que o capacitor C é de fato composto por dois capacitores eletrolíticos de mesmo valor, associados em série. A configuração dessas associações em série é tal que o capacitor equivalente se torna “relativamente imune” a eventuais inversões de polaridade. Cada capacitor possui individualmente $4700 \pm 20\% \mu\text{F}$. Portanto, cada banco apresentará uma capacitância de aproximadamente $2350 \pm 20\% \mu\text{F}$. Lembrando resumidamente dos resultados obtidos nas aulas teóricas, calculamos a capacitância equivalente, C_{eq} , de associações de N capacitores ($C_1, C_2, C_3, \dots, C_N$), via as expressões:

Capacitores em Paralelo

$$C_{eq} = \sum_{i=1}^N C_i$$

Capacitores em Série

$$\frac{1}{C_{eq}} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{C_i} \quad (3)$$

PROCEDIMENTO BÁSICOS

1. Com o conjunto completamente desconectado de qualquer fonte de tensão/corrente, ajuste o potenciômetro para obter $P' \cong 160 \text{ k}\Omega$. Ajuste a fonte de alimentação para $V \cong 10 \text{ V}$, colocando o “ajuste fino” do limitador de corrente no máximo e o respectivo “ajuste grosso” no mínimo. Meça o valor real de P' e de V para utilizar posteriormente nos cálculos e comparações.
2. Monte o circuito RC, tal como indicado na Figura 3, selecionando inicialmente o banco de capacitores C_1 . Devemos também incluir um voltímetro para medir V_C . Para tal voltímetro use a escala de 20 Vcc. Usando um cabo banana-banana, contorne P' temporariamente, por ao menos 10 segundos, ou até a leitura de V_C atingir um valor aproximadamente igual a V .

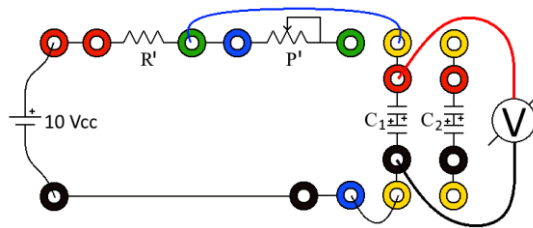


Figura 3: Diagrama esquemático do conjunto experimental contornando P' .

3. Conecte o terminal posterior de R' ao polo negativo da fonte, tal como indicado na figura abaixo. Após isso, desligue a fonte de alimentação.

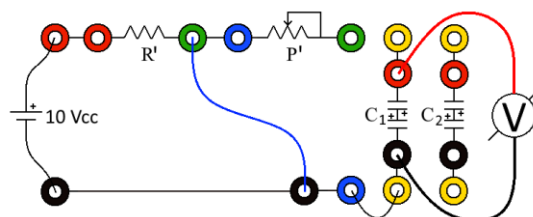


Figura 4: Diagrama esquemático do conjunto experimental ligando R' ao negativo da fonte.

4. Anote cuidadosamente o valor de V_C lido pelo voltímetro. Tal valor corresponderá ao valor que adotaremos para V_0 . Imediatamente após isso, conecte o terminal posterior de P' ao banco de capacitores, como indicado abaixo, e simultaneamente dispare a contagem do cronometro.

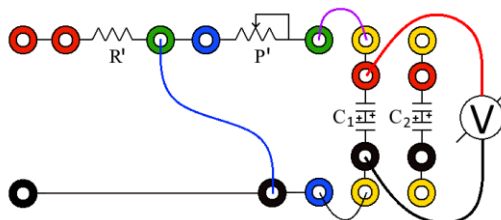


Figura 5: Diagrama esquemático do conjunto experimental ligando P' ao banco C_1 .

5. Interrompa a contagem de tempo quando o valor de V_C atingir o limite V_0/e ($e = 2,718281828459045235360287$), e anote esse valor cronometrado, Δt , em segundos.
6. Calcule o valor real de C_1 via a expressão:

$$V_C = \frac{V_0}{e} \Rightarrow \Delta t = \sigma = P' \cdot C_1 \Rightarrow C_1 = \frac{\Delta t}{P'} \quad (4)$$

Para esse cálculo, observe as unidades adotadas (ohm, farads e segundos). Compare o valor obtido com o valor nominal esperado ($C_{N1} = 2350 \text{ uF}$) e determine o correspondente desvio percentual com relação a C_{N1} , ou seja, $\Delta\% = 100 \cdot (C_1 - C_{N1})/C_{N1}$.

7. Repita o procedimento acima, do item 2 ao 6, para o banco de capacitores C_2 . Determine o valor real de C_2 e calcule o respectivo desvio com relação ao valor nominal esperado.
8. Repita o procedimento acima, do item 2 ao 6, para o banco de capacitores C_1 associado em paralelo com o banco C_2 . Determine o valor real da capacitância equivalente C_{paralelo} e compare com o valor obtido pela expressão 3 correspondente, ou seja, $C_{\text{paralelo-teo}} = C_1 + C_2$, usando os valores reais de C_1 e C_2 . Calcule o respectivo desvio com relação a tal valor teórico, e discuta a validade dessa expressão.
9. Repita o procedimento acima, do item 2 ao 6, para o banco de capacitores C_1 associado em série com o banco C_2 . Determine o valor real da capacitância equivalente $C_{\text{série}}$ e compare com o valor obtido pela expressão 3 correspondente ao caso, ou seja, $C_{\text{série-teo}} = C_1 \cdot C_2 / (C_1 + C_2)$. Calcule o respectivo desvio e discuta a validade dessa expressão.
10. Com base nos resultados obtidos, podemos dizer que a descrição teórica proposta inicialmente é observada na prática?

TAREFAS E QUESTIONAMENTOS

1. Responda os questionamentos inclusos nas diversas etapas do procedimento básico.
2. Ao elaborar suas respostas, circuncie e discuta cada resultado.

SUGESTÕES PARA REFERENCIAS

- Fundamentos de Física: Eletromagnetismo, Halliday, Resnick e Walker, Vol.3, Ed. LTC.
- Física III: Eletromagnetismo, Sears e Zemansky / Young e Freedman, Ed. Pearson.
- Apostilas, manuais, roteiro e material complementar disponíveis em <https://physika.info>