

Laboratórios de Física

Física Aplicada – Lic. Eng. Informática

Carga e Descarga de um condensador

Objetivos

Identificação dos regimes de funcionamento de um condensador.
Regime permanente e transitório.
Estudo da Carga e da descarga de um condensador em C.C.

Introdução Teórica

Um condensador considera-se em regime permanente, se a queda de tensão nos terminais do condensador for igual à d.d.p. do elemento em paralelo que está a alimentar o condensador.

No entanto, se o condensador estiver inicialmente descarregado, ao fechar-se um interruptor que o permite alimentar, então a tensão aos terminais do condensador não passa instantaneamente de 0 ao valor de V_C . Em vez disso, ele irá carregar-se durante um determinado intervalo de tempo, segundo a relação seguinte:

$$V_C = V_{\max} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \quad (\text{Eq.1})$$

A situação de carga de um condensador corresponde ao regime transitório do sistema, no final de um período de carga o sistema atinge o regime permanente, $V_C = V_{\max}$ (teoricamente atingido apenas para $t = \infty$). Sendo que, no circuito da Figura 1, a queda de tensão nos terminais do condensador é igual à d.d.p. da fonte que está a alimentar o circuito, visto que, sendo nula a corrente no circuito, a queda de tensão aos terminais da resistência R é também nula.

$$V_C = E \quad (\text{Eq.2})$$

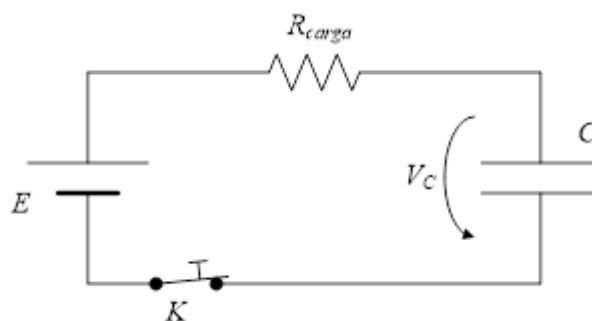


Figura 1 – Circuito de carga do condensador C.

Quando se fecha o interruptor K, o condensador irá carregar-se durante um determinado intervalo de tempo, segundo a curva indicada na Figura 2, e que analiticamente é traduzida por:

$$V_C = E (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad (\text{Eq. 3})$$

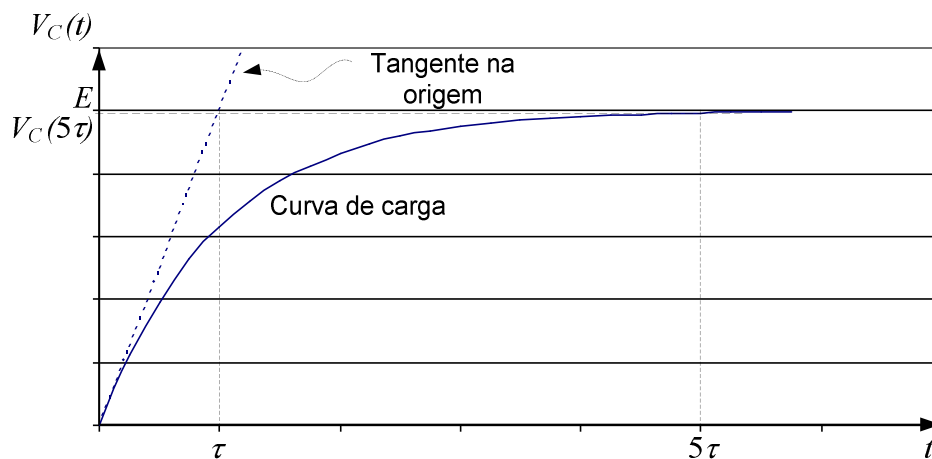


Figura 2 – Curva típica de carga de um condensador C.

À constante τ , que apresenta a dimensão de tempo, dá-se o nome de **constante de tempo** do circuito de carga. É dada pela expressão:

$$\tau = R_{\text{carga}} C \quad (\text{Eq.4})$$

Na descarga de um condensador o fenómeno é análogo. Veja-se o circuito de descarga de um condensador, Figura 3, Considere-se o instante inicial (quando se fecha o interruptor K) se o condensador estava carregado ($V_C = V_{\text{max}}$), a queda de tensão não decai instantaneamente a 0, o sistema passa do instante inicial, ao instante em que $V_C = 0$ (regime permanente), por um regime transitório.

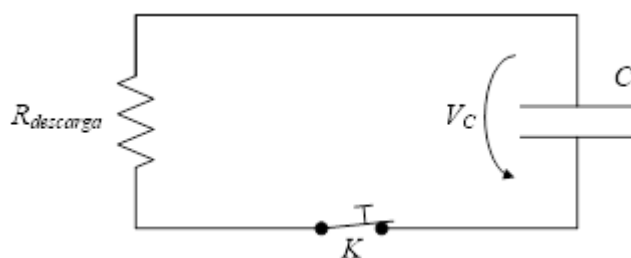


Figura 3 – Circuito de descarga do condensador C.

A expressão analítica que traduz a descarga do condensador é dada por:

$$V_C = V_{\text{max}} \left(e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \quad (\text{Eq.5})$$

Em que a constante τ , do circuito de descarga, é dada pela expressão:

$$\tau = R_{descarga} C \quad (\text{Eq.6})$$

A curva seguinte representa o período transitório durante a descarga do condensador, Figura 4.

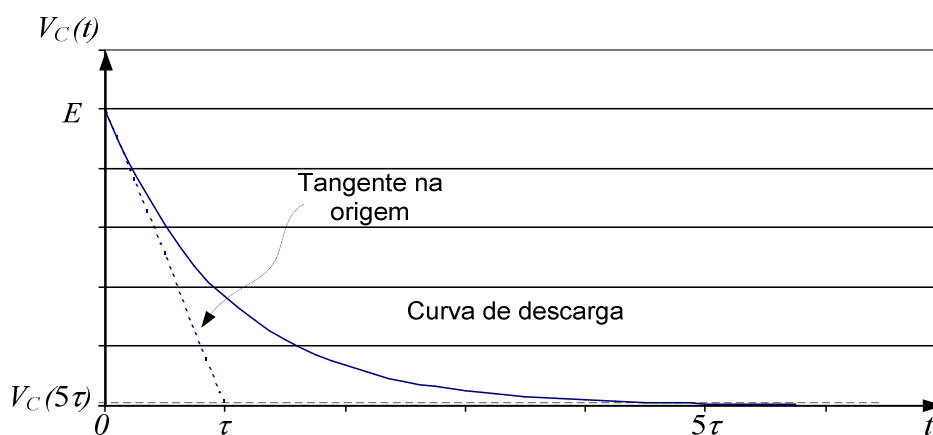


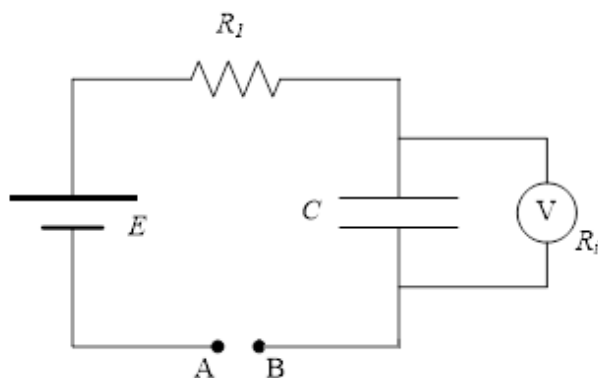
Figura 4 – Curva representativa do período transitório durante a descarga do condensador.

Material necessário

- 1 multímetro;
- 1 fonte de alimentação;
- 1 placa de montagem;
- Conjunto de resistências;
- 1 condensador;
- Fios de ligação,
- Um cronómetro.

Procedimento

Implemente o circuito esquematizado na figura seguinte (Figura 5).



$R_I = 10 \text{ M}\Omega$;
 $C = 2,2 \text{ }\mu\text{F}$ (ou $4,7 \text{ }\mu\text{F}$);
 E – Fonte C.C. de 6 V;
 V – Voltímetro digital;
 $[R_i = 10 \text{ M}\Omega]$ (*)
 (*) R_i – Resistência interna do voltímetro digital

Figura 5 – Circuito a implementar para carga do condensador, C.

ATENÇÃO: Não alimentar o circuito enquanto não verificar se todas as ligações estão corretamente efetuadas.

- 1 – Ligue a fonte de alimentação e meça a tensão da fonte (E), utilizando para isso o multímetro digital, apto a medir tensões contínuas.
- 2 – Meça a resistências R_1 com o multímetro digital, apto a medir resistências. Não esquecer que para medir resistências deverá desligá-las previamente do circuito.
- 3 – Meça o condensador C com o multímetro digital, apto a medir capacidades.

ATENÇÃO: Quando se desconhece a ordem de grandeza do valor a medir, deve-se utilizar sempre a maior escala do aparelho, ou seja, a escala menos sensível.

Carga do condensador

- 4 – Depois de implementado o circuito da Figura 5, prepare-se para ler a tensão aos terminais do condensador e o tempo que este demora a carregar.
- 5 – Faça a ligação elétrica entre os pontos **A** e **B**. Nesse instante leia o valor da tensão aos terminais do condensador, indicado pelo voltímetro (V_C).
- 6 – De **5 s em 5 s** anote o valor da tensão indicado pelo voltímetro, até que o valor estabilize ($V_C = V_{\max}$). A partir desse instante o condensador estará carregado. Registe os valores numa tabela (Tabela 1):

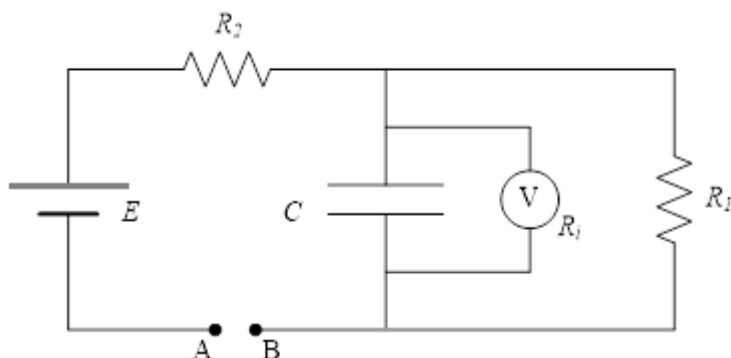
Tabela 1. Tabela de resultados de medição na carga.

Tempo (s)	Tensão V_C (V) medida com o voltímetro (1)
0	
5	
10	
...	
...	
...	V_{\max}

(1) Os resultados devem ser obtidos com 3 algarismos significativos

Descarga do condensador

- 7 – Para realizar o estudo da descarga de um condensador, monte o circuito da seguinte, Figura 6. **ATENÇÃO:** R_1 está agora em paralelo com o condensador.



$R_1 = 10 \text{ M}\Omega$;
 $R_2 = 10 \text{ K}\Omega$ (ou $5,6 \text{ K}\Omega$);
 $C = 2,2 \text{ }\mu\text{F}$ (ou $4,7 \text{ }\mu\text{F}$);
 E – Fonte C.C. de 6 V ;
 V – Voltímetro digital;
 $[R_i = 10 \text{ M}\Omega]$ (*)
 (*) R_i – Resistência interna do
 voltímetro digital

Figura 6 – Circuito a implementar para a descarga do condensador, C .

- 8 – Ligue o ponto A e B. Espere até que o voltímetro estabilize, tensão máxima (V_{max}).
- 9 – Desfaça a ligação elétrica entre os pontos A e B. Neste instante, leia o valor indicado pelo voltímetro digital ($V_C(t=0)$).
- 10 – De **5 s em 5 s** anote o valor de tensão indicado pelo voltímetro, até que o condensador descarregue completamente ($V_C = 0$), criando dessa forma uma tabela de resultados, pode ser equivalente à Tabela 2.

Tabela 2. Tabela de resultados de medição na descarga.

Tempo (s)	Tensão V_C (V) medida com o voltímetro (1)
0	
5	
10	
...	
...	
...	0,00

(1) Os resultados devem ser obtidos com 3 algarismos significativos

- 11 – Altere o circuito de descarga do condensador para $R_1 = 5 \text{ M}\Omega$. (tem por base duas resistências de $10 \text{ M}\Omega$). Para esta nova situação, tome nota das medições da tensão V_C , na forma de uma nova tabela, equivalente à anterior.

Análise e tratamento de dados e QUESTÕES sobre a experiência

Na carga do condensador

- 12 – Qual o valor previsível (ou teórico) de queda de tensão nos terminais do condensador após a carga?

13 – Represente graficamente os dados experimentais de V_c em função do tempo, obtidos no ponto 6, com $R_1=10\text{ M}\Omega$. Faça o ajuste aos dados representados, e apresente a equação da curva que melhor se ajuste aos valores experimentais, assim como o seu coeficiente de correlação.

14 – Da equação obtida determine a constante de tempo, e através de leitura no gráfico, qual a constante de tempo na carga do condensador, tal como pode observar na figura 2?

15 – Qual é a duração previsível da carga do condensador?

Na descarga do condensador

16 – Represente graficamente os dados experimentais obtidos no ponto 10, de V_c em função do tempo, dos dados para $R_1 = 10\text{ M}\Omega$. Faça o ajuste aos dados representados, e apresente a equação da curva que melhor se ajuste aos valores experimentais, assim como o seu coeficiente de correlação.

17 – Da equação obtida determine a constante de tempo para este circuito.

18 – Estime a constante de tempo na descarga do condensador, obtida pela representação gráfica anterior (no ponto 16), como se pode observar na figura 4.

19 – Junte ao gráfico criado no ponto 16, os dados obtidos no ponto 11, quando $R_1 = 5\text{ M}\Omega$. Faça o ajuste aos dados representados desta nova curva e apresente a equação da curva que melhor se ajuste a estes valores experimentais, assim como o seu coeficiente de correlação.

20 – Da equação obtida nesta nova representação gráfica, determine a constante de tempo de descarga para este circuito.

21 – Estime a constante de tempo de descarga do condensador, nesta nova representação gráfica, como se pode observar na figura 4.

Nota 1 - Esta análise gráfica deve ser feita preferencialmente em suporte informático, recorrendo para isso ao *Microsoft Excel*.

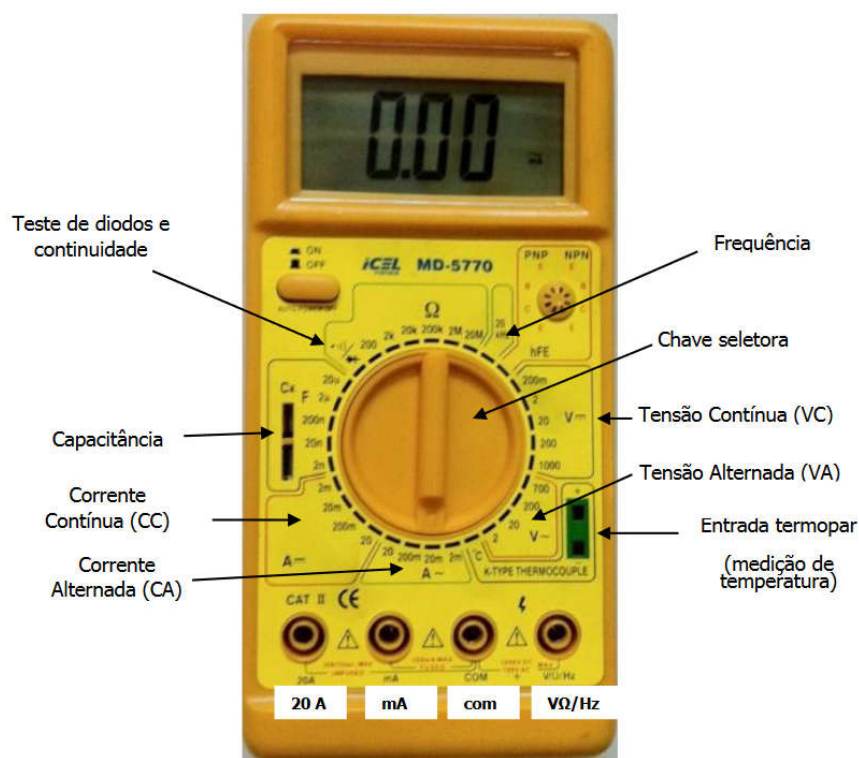
Questão 1 – Qual o valor previsível de queda de tensão nos terminais do condensador no início da descarga? De notar que a resistência de descarga não é apenas R_1 , mas o paralelo de R_1 com R_i , considerando-se assim o efeito de carga do voltímetro.

Questão 2 – Compare os valores das constantes de tempo obtidas na descarga do condensador nas duas situações experimentais quando $R_1 = 10\text{ M}\Omega$ e $R_1 = 5\text{ M}\Omega$, obtidas pelas equações das representações e através da leitura nos gráficos construídos. E compare com a situação ideal calculada (os valores teóricos). Comente as diferenças obtidas entre as constantes de tempo das diferentes situações.

Bibliografia

Edward M. Purcell, *Electricity and Magnetism*, Berkeley Physics Course, Vol.2, McGraw-Hill Book Company, 1965.

Anexo I

Funções principais de um multímetroFonte de tensão em CC