Ministério da Educação
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
Campus Curitiba

Engenharia Mecatrônica – Departamento de Eletrônica (DAELN)
Disciplina: Eletricidade Prof. José Jair Alves Mendes Júnior

Aluno:____Data:

Experiência 9 – Capacitor em Regime CC

Antes da aula de laboratório, cada aluno deve fazer os cálculos e preencher as tabelas com os valores teóricos e, quando for o caso, montar e soldar previamente cada circuito que será testado. Deve-se preparar os cabos para as medidas de corrente em cada circuito que será testado.

1. Objetivos de Aprendizagem
- Verificar o comportamento de um circuito RC com tensão CC.

2. Componentes utilizados

- Resistor de 1/4W de 1kΩ.
- Capacitor 0,1µF/25V;
- Osciloscópio;
- Gerador de funções.

3. Experiência 9

3.1 Capacitor em Regime CC – teoria

O capacitor é um componente que armazena energia elétrica. É formado por duas placas condutoras, separadas por um material isolante, o dielétrico, como apresenta a Figura 1. A capacitância (C) é a capacidade que o capacitor apresenta de armazenas mais ou menos cargas elétricas (Q) por unidade de tensão (V), $C = Q/V$. Quando se aplica uma tensão igual a 1V e o capacitor armazena 1 Coulomb (Q), tem-se uma capacitância igual a 1 Farad (F).

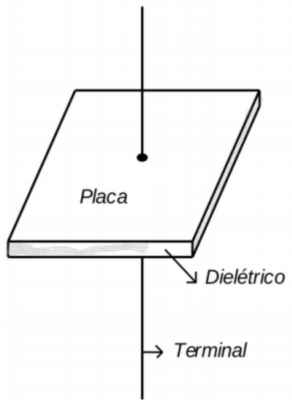

Figura 1 – Elementos de um capacitor.

Além do valor da capacitância, é preciso especificar o valor limite da tensão a ser aplicada entre seus terminais. Esse valor é denominado tensão de isolação e varia conforme o tipo de capacitor. Os capacitores de plástico consistem de duas folhas de alumínio separadas pelo dielétrico de material plástico. Os capacitores eletrolíticos de alumínio consistem de uma folha de alumínio anodizada como armadura positiva, em que, por um processo eletrolítico forma-se uma camada de óxido de alumínio, que serve como dielétrico, e um fluído condutor, o eletrólito impregnado em papel poroso é colocado contato com outra folha de alumínio de maneiro a formar a armadura negativa. Os capacitores cerâmicos apresentam como dielétrico um material cerâmico que é revestido por uma camada de tinta que contém elemento condutor formando as armaduras.

Os capacitores, analogamente aos resistores, possuem valores de capacitância padronizadas, que obedecem à sequência 1 – 1,2 – 1,5 – 1,8 – 2,2 – 2,7 – 3,3 – 4,7 – 5,6 – 6,8 e 8,2, com fator multiplicativo, conforme a faixa desde pF até μF. Normalmente o valor da capacitância, a tensão de isolação e a tolerância são impressos no próprio encapsulamento do capacitor ou especificados por um código de cores.

A relação entre tensão e corrente em um capacitor é dada pela equação (1):

$$i_c(t) = C\frac{dv_c(t)}{dt} \tag{1}$$

Seja o circuito da Figura 2, na qual o capacitor está inicialmente descarregado ($v_c(0)=0$). Em t = 0s, fecha-se a chave S, neste instante a corrente no circuito é máxima, pois não há tensão armazenada no capacitor, $I_{max} = E/R$. A partir deste ponto o capacitor inicia um processo de carga, com aumento gradativo da tensão entre seus terminais, que depende do valor da capacitância, conforme apresentado na equação (1). A medida que o capacitor se carrega, a corrente diminui, pois a tensão no resistor é $v_r(t) = E - v_c(t)$, obedecendo uma função exponencial até atingir o valor zero, quando este estiver totalmente carregado.

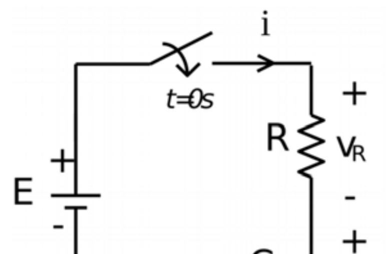

Figura 2 – Circuito RC de carga do capacitor

A partir da equação de malha do circuito da Figura 2, $E = R.i(t) + v_c(t)$ e da equação da corrente no capacitor, $i(t) = C.dv_c(t)/dt$, obtém-se a expressão no tempo para a tensão e corrente no capacitor, conforme mostra as equações (2) e (3), onde $\tau = R.C$, é a constante de tempo do circuito.

$$v_c(t) = E(1 - e^{-t/\tau}) \tag{2}$$

$$i(t) = \mathrm{I}_{\max}\, e^{-t/\tau} \tag{3}$$

O comportamento destas duas grandezas elétricas no tempo pode ser observado na Figura 3. Em t = 0s, substituindo nas equações (2) e (3) se obtém vc(0) = 0 e i(0) = I_{max} = E/R. Após aproximadamente cinco constantes de tempo (5τ), $v_c(5\tau)$ = E e i(5τ) = 0.

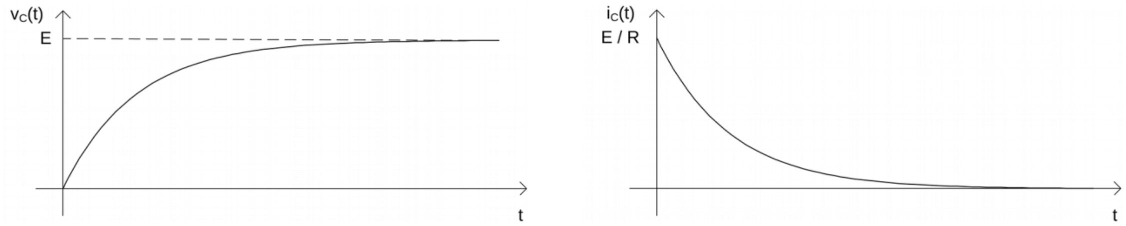

Figura 3 – Curvas de carregamento do capacitor.

Seja o circuito da Figura 4, no qual o capacitor está inicialmente carregado com E($v_c(0)$=E). Em t=0s fecha-se a chave S, neste instante a corrente no circuito é máxima, pois toda a tensão armazenada no capacitor é aplicada ao resistor (I_{max} = -E/R). A partir deste ponto, o capacitor inicia um processo de descarga por meio do resistor R. A medida que o capacitor se descarrega, a corrente diminui, pois a tensão no resistor é vr(t) = -vc(t), obedecendo uma função exponencial até atingir o valor zero, quando este estiver totalmente descarregado.

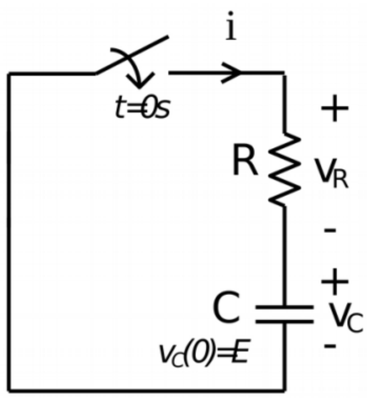

Figura 4 – Circuito RC de descarga do capacitor

A partir da equação de malha do circuito da Figura 4, 0 = R.i(t) + $v_c(t)$ e da equação da corrente no capacitor, i(t) = C.d$v_c(t)$/dt, obtém-se a expressão no tempo para a tensão e corrente no capacitor, conforme apresenta as equações (4) e (5).

$$v_c(t) = Ee^{-t/\tau} \tag{2}$$

$$i(t) = \mathrm{I}_{\max}\, e^{-t/\tau} \tag{3}$$

O comportamento destas duas grandezas elétricas no tempo pode ser observado na Figura 5. Em t = 0s, substituindo nas equações (4) e (5) se obtém vc(0) = E e i(0) = -Imax = -E/R. Após aproximadamente cinco constantes de tempo (5τ), vc (5τ) = 0 e i(5τ) = 0.

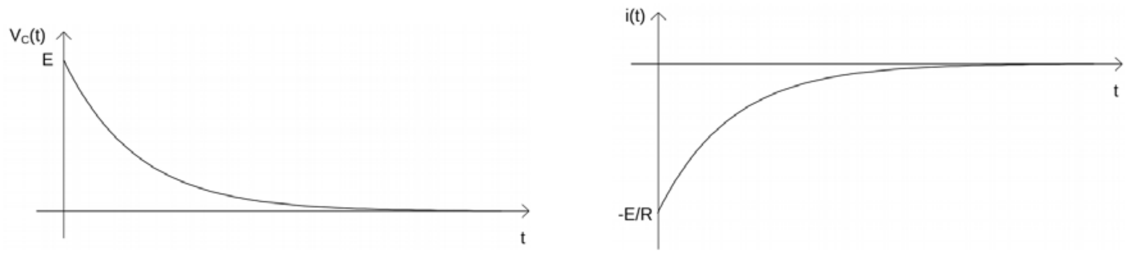

Figura 5 – Curvas de descargas do capacitor.

3.1 Capacitor em Regime CC – prática

Monte o circuito da Figura 6. A tensão de entrada, obtida do gerador de funções, é uma forma de onda quadrada de amplitude 0V e 12V (E), com uma frequência de 500Hz, suficiente para a cada meio-ciclo o capacitor se carrega e descarregar completamente. Coloque o terra das duas ponteiras do osciloscópio entre o capacitor e o resistor, um canal do osciloscópio sobre o resistor (monitorando a tensão no resistor tem-se uma imagem da corrente que circula no circuito) e o outro canal sobre o capacitor (observe que a tensão no capacitor será metida invertida em relação a $v_c(t)$, portanto inverter este canal para se observar a tensão com a polaridade correta), como apresenta a Figura 6.

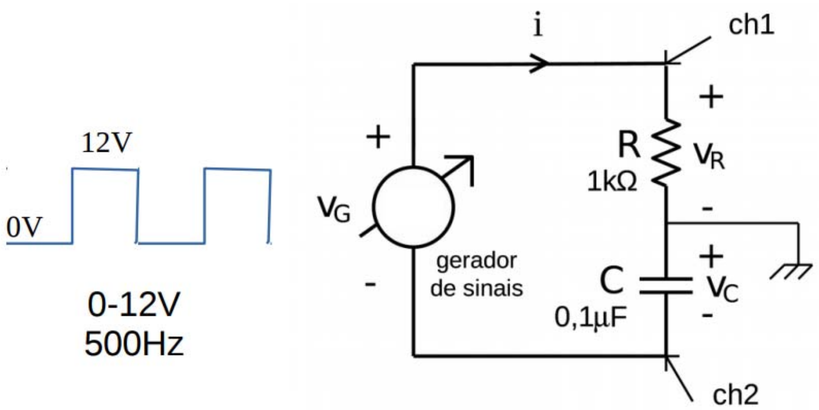

Figura 6 – Circuito RC para montagem prática.

Na Figura 7, pode-se observar a tensão quadrada do gerador de funções, a tensão no capacitor e a corrente no circuito.

τ = ________________ I_{max} = _______________

Calcular a tensão no capacitor durante o período de carga (equação 2) e a corrente que circula no circuito (equação 3) e anote na Tabela 1. Calcule a tensão no capacitor durante o período de descarga (equação 4) e a corrente que circula no circuito (equação 5) e anote na Tabela 2. Monte o circuito e meça a tensão e corrente nos mesmos pontos. Esboce, na Figura 8, as formas de onda de tensão e corrente no capacitor observadas no osciloscópio durante o período de carga e de descarga do mesmo. O formato da corrente no capacitor será observado por meio da medição da tensão no resistor.

Tabela 1: Carga do capacitor

t[μs]	100 (τ)	200 (τ)	300 (τ)	400 (τ)	500 (τ)
$V_c(t)$ teórico					
$V_c(t)$ prático					
$i(t)$ teórico					
$i(t)$ prático					

Tabela 2: Descarga do capacitor

t[μs]	100 (τ)	200 (τ)	300 (τ)	400 (τ)	500 (τ)
$V_c(t)$ teórico					
$V_c(t)$ prático					
$i(t)$ teórico					
$i(t)$ prático					

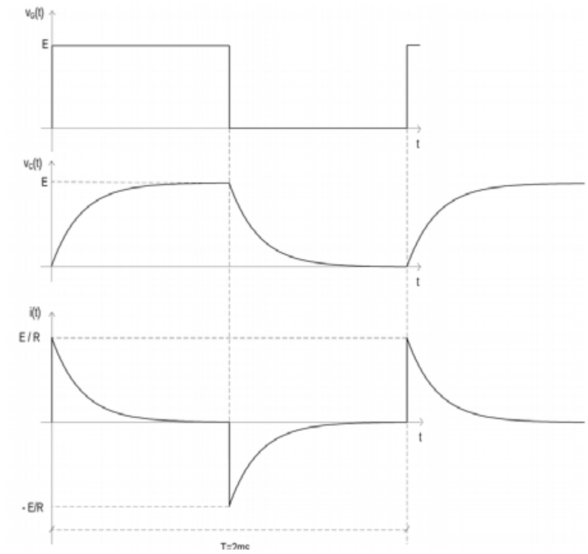

Figura 7 – Formas de onda considerando um sinal de entrada para uma onda quadrada.

Figura 8 – Desenhe as formas de ondas obtidas.