Circuito RC

Laboratorio de Física 2 (Q)

2° cuatrimestre de 2018

Objetivo

En esta práctica se propone estudiar el régimen transitorio de un circuito RC (midiendo los tiempos característicos de carga y descarga) y la respuesta del circuito al excitarlo con una señal periódica.

Introducción

Un capacitor está constituido por dos placas conductoras separadas por una distancia pequeña (respecto de las longitudes características de las placas). Generalmente, entre ellas hay un medio dieléctrico. Si se conecta el capacitor a una fuente, las cargas se distribuyen llegando a una situación de equilibrio donde los dos conductores tienen igual cantidad de carga pero de signo contrario. La diferencia de potencial V entre las dos placas conductoras es proporcional a la carga q (medida en Coulomb) que hay en cada placa

$$q = C.V \tag{1}$$

donde C la constante se llama *capacidad eléctrica* (unidades: $faradio = Coulomb/Volt$). Esta constante depende de las características del capacitor (la superficie de las placas, la distancia de separación y el material entre las mismas).

Dado el circuito de la figura 1, con el capacitor inicialmente descargado, cuando se cierra el interruptor comienza a circular corriente por el mismo hasta cargar el capacitor.

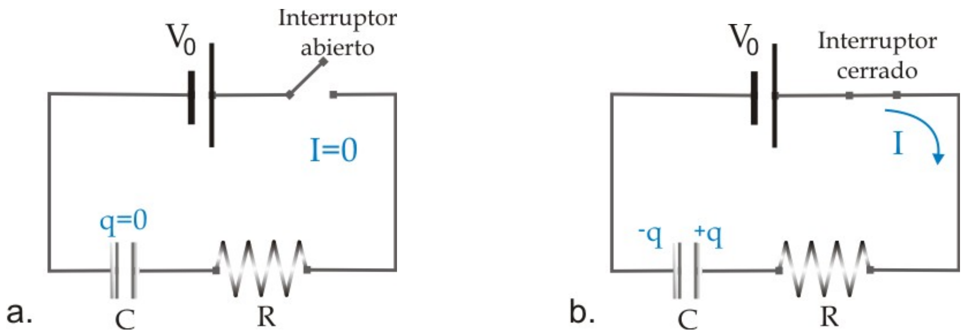

Figura 1: a. Capacitor descargado al inicio. b. Carga del capacitor. Cuando el interruptor se cierra ($t = 0$), la corriente pasa de cero a V_0/R. A medida que transcurre el tiempo, q tiende a la carga final Q, y la corriente I disminuye tendiendo a cero.

Veamos cómo es $I(t)$ y $q(t)$. Sabemos que

$$V_0 = V_R + V_C \tag{2}$$

Usando la ec. 1 y que $V_R = R.I$, la ec. 2 se puede reescribir como

$$V_0 = R.I + \frac{q}{C} = R.\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} \tag{3}$$

Para hallar la solución a esta ecuación se plantea por un lado la solución particular:

$$q_p = C.V_0 \tag{4}$$

Y la solución homogénea:

$$q_h(t) = A.e^{-t/\tau} \tag{5}$$

De esta manera resulta

$$q(t) = q_h(t) + q_p = A.e^{-t/\tau} + C.V_0 \tag{6}$$

donde $\tau = R.C$ se denomina el tiempo característico del circuito RC. la constante A se determina de acuerdo a la condición de contorno del problema particular.

Por ejemplo, si el capacitor se encuentra descargado ($q(t=0)=0$), $A = -V_0.C$ y se obtiene

$$q(t) = C.V_0.(1 - e^{-t/\tau}) \tag{7}$$

Por ende, la corriente en función del tiempo es

$$I(t) = \frac{V_0}{R}.e^{-t/\tau} \tag{8}$$

Para este caso, la diferencia de potencial sobre el capacitor en función del tiempo es

$$V_C(t) = V_0.(1 - e^{-t/\tau}) \tag{9}$$

Reemplazando la ec. 9 en la ec. 2 se puede obtener una expresión también para V_R (durante la carga del capacitor)

$$V_R(t) = V_0.e^{-t/\tau} \tag{10}$$

Plantee como serían las ecuaciones para la descarga del condensador reemplazando la fuente por un cortocircuito.

Actividades

Carga y descarga del capacitor

En esta primera parte se estudia el proceso de carga y descarga de un capacitor, variando la posición del interruptor del circuito que se muestra en la figura 2. Como la carga es proporcional a la caída de tensión entre las placas (ec. 1), se pueden determinar los tiempos característicos de carga y descarga midiendo diferencia de tensión sobre el capacitor.

Una forma de cargar y descargar el capacitor es utilizando un generador de ondas con perfil de base cero y voltaje máximo. Cuando se emplea una onda cuadrada la fuente entrega una tensión fija V_0 durante un intervalo de tiempo (figura 2, interruptor en la

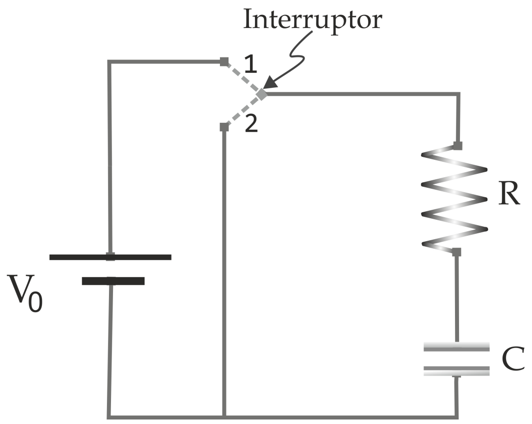

Figura 2: Circuito RC propuesto para estudiar la carga y descarga del capacitor.

posición 1), y en el intervalo de tiempo siguiente, entrega una tensión aproximadamente nula (figura 2, interruptor en la posición 2). Esto puede repetirse sucesivas veces. Elija una frecuencia para la onda de manera que vea todo el comportamiento de carga y descarga del circuito. Para la medición puede emplear un osciloscopio o la placa Sensor DAQ.

1. ¿Cuál es el tiempo característico que se obtiene de las mediciones? Compare su resultado con el producto $R.C$.
2. ¿Cuál es el valor de tensión que alcanza el régimen estacionario?
3. Repetir las mediciones utilizando otro valor de tensión de fuente. ¿Debería cambiar el tiempo de carga/descarga?

A continuación estudiaremos la respuesta del sistema cuando se excita con distintas frecuencias.

Filtro RC pasa bajos (integrador)

Considere el circuito de la figura 3.a. La tensión de salida, V_s, coincide con la tensión sobre el capacitor, V_C.

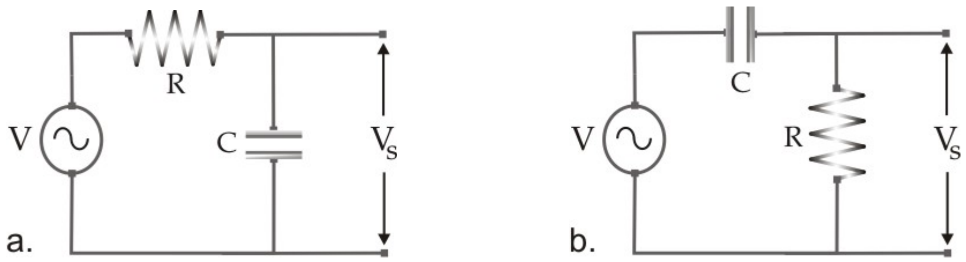

Figura 3: Circuitos RC que actúan como filtro pasa bajos (a) y como filtro pasa altos (b).

Aplicando una señal sinusoidal de amplitud de 5 V, estudiar la respuesta del sistema en función de la frecuencia. Graficar el cociente entre las amplitudes de la señal de salida (V_s)

y la de entrada (V) en función de la frecuencia $f = \omega/2\pi$. Se puede observar que existe un desfasaje entre la señal de entrada y la de salida $\phi = \omega.\Delta t$. Estudiar el mismo en función de la frecuencia f.

Luego cambie la forma de onda de entrada a una señal cuadrada. Nuevamente, estudie la forma de la señal de salida en función de la frecuencia. ¿Existe alguna relación entre la señal de salida y la de entrada? Intente describir mediante los modelos propuestos los resultados y comparar con las mediciones.

Filtro RC pasa altos (derivador)

Intercambie la ubicación de la resistencia y el capacitor en el circuito, como se muestra en la figura 3.b, manteniendo los valores antes fijados. Repita las mediciones del caso anterior (esta vez midiendo la caída de potencial sobre la resistencia) y discuta las diferencias.

Referencias

[1] E. M. Purcell. *Berkeley physics course, vol. 2, Electricidad y Magnetismo.* Reverté, Barcelona (1969).

[2] F. Sears, M. Zemansky, H. Young y R. Freedman. *Física universitaria, vol. II.* Addison-Wesley Longman, México (1990).

[3] D. Halliday, R. Resnick y J. Walker, *Física para estudiantes de ciencias e ingeniería*, 4ta. Ed. Trad. de Fundamentals of Physics - John Wiley & Sons, Inc. New York (1993).