Circuitos RC

Objetivos

- Estudiar el comportamiento no estacionario de un circuito compuesto por un capacitor y una resistencia.
- Obtener el tiempo característico de carga y de descarga de un capacitor

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 se encuentra un medio dieléctrico. Si se conecta el capacitor a una fuente, las cargas se distribuyen en las superficies, llegando a un equilibrio como se muestra en la Figura 1. En cada placa se espera tener igual cantidad de carga pero de signo contrario.

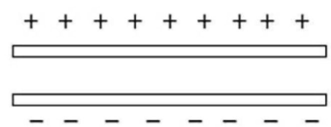

Figura 1. Esquema de un capacitor de placas paralelas

La diferencia de potencial *V* que existe entre las dos placas conductoras es proporcional a la carga *Q* que hay en cada placa. Esto se expresa de la forma:

$$Q = C.V \qquad (1)$$

donde *C* es la constante de proporcionalidad llamada capacitancia y depende de las características del capacitor (superficie de las placas, distancia y material presente entre ellas). La unidad de la capacitancia es el Faradio (F).

Para estudiar las propiedades de un capacitor, podemos armar el circuito que se muestra en la Figura 2, con un capacitor (*C*) un resistencia (*R*) en serie.

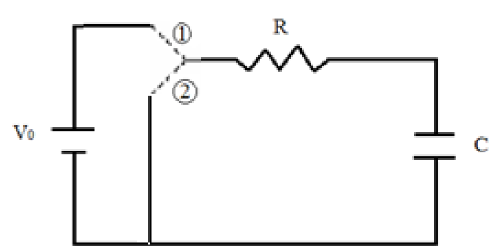

Figura 2. Circuito RC. Dos posibles configuraciones: (1) conectado a la batería y (2) desconectado de la batería.

Cuando el circuito está conectado a la batería (configuración 1 en Fig. 2), la diferencia de potencial del circuito es:

$$V_0 = V_C + V_R \qquad (2)$$

donde V_C es la diferencia de potencial sobre el capacitor y V_R es la diferencia de potencial sobre la resistencia.

Por la Ley de Ohm se tiene que:

$$V_R = I.R \qquad (3)$$

donde:

$$I = \frac{dQ}{dt} \qquad (4)$$

Reemplazando la *ec. 4* en la *ec. 3* se obtiene:

$$V_R = \frac{dQ}{dt} R \qquad (5)$$

Reemplazando V_C por la *ec. 1* y V_R por la *ec. 5*, la *ec. 2* resulta:

$$V_o = \frac{Q}{C} + \frac{dQ}{dt} R \qquad (6)$$

Tomando como condición inicial que el capacitor se encuentra totalmente descargado. Esto es, a t = 0, Q = 0. La solución de esta ecuación diferencial de *Q* es:

$$Q(t) = V_0 C \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right) \qquad (7)$$

Utilizando la *ec. 1* para V_C tenemos una expresión para la diferencia de potencial sobre el capacitor en función del tiempo:

$$V_c(t) = \frac{Q(t)}{C} = V_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right) \qquad (8)$$

Por otra parte, tenemos una expresión para la caída de potencial sobre la resistencia (V_R) reemplazando $V_c(t)$ de la *ec. 8* en la *ec. 2*:

$$V_R(t) = V_0 - V_c(t) = V_0 e^{-\frac{t}{RC}} \qquad (9)$$

Estas expresiones (*ec. 8* y *ec. 9*) indican cual es la evolución temporal de la diferencia de potencial sobre el capacitor y la resistencia cuando un circuito RC se encuentra conectado a una batería. Es decir, la configuración (1) de la Figura 2.

Por otro lado, es posible obtener la evolución temporal de la descarga del capacitor resolviendo la *ec. 6* en el caso propuesto como configuración (2) de la Figura 2 (cuando se desconecta la batería del circuito), y considerando como condición inicial que el capacitor se encuentra cargado con una carga $Q = V_0.C$

¿Cómo resultan $V_C(t)$ y $V_R(t)$ en este caso?

Este circuito tiene particular importancia en biología porque los mismos elementos de un circuito RC se usan para modelar una membrana celular.

Un parámetro importante a estudiar es el "tiempo característico" de la carga y descarga del capacitor,

$$\tau = R.C \qquad (10)$$

Este parámetro podría obtenerse de las *ec. 8* y/o *9*.

3. Actividades

Se quiere observar el comportamiento de un capacitor durante los procesos de carga y descarga del mismo y determinar el "tiempo característico" (τ) en cada caso. Para ello, se propone armar el dispositivo de la Figura 2 y medir la diferencia de potencial sobre la resistencia y sobre el capacitos en función del tiempo ($V_R(t)$ y $V_C(t)$, respectivamente), utilizando las configuraciones (1) y (2) con una fuente que sea un generador de funciones (**ver ayuda**). ¿Deberían ser equivalentes $V_R(t)$ y $V_C(t)$?

Para obtener el tiempo característico de carga y descarga del capacitor, se propone utilizar alguno de los posibles métodos conocidos de clases anteriores:

1- Realizando un ajuste no lineal sobre el gráfico resultante de la medición de $V_C(t)$ (o $V_R(t)$)

2- Realizando un ajuste lineal mediante el método de cuadrados mínimos sobre la función linealizada de $V_C(t)$ (o $V_R(t)$)

Determine τ midiendo directamente *R* y *C* y utilizando la *ec. 10*.

Ayuda:

Para obtener V_R y/o V_C puede utilizar un generador de ondas. Cuando se emplea una onda cuadrada la fuente nos entrega una tensión fija V_0 (equivale a la conexión (1) de la Fig. 2) durante un intervalo de tiempo, y luego, una tensión aprox. nula (equivale a la conexión (2) de Fig. 2). Esto podemos hacerlo repetidas veces. Elija una frecuencia para la onda de manera tal que vea todo el comportamiento de carga y descarga del circuito.

<u>IMPORTANTE!</u> Una conexión incorrecta puede causar cortocircuitos involuntarios y dañar el instrumental. Verifique la conexión del circuito con el docente antes de encender la fuente de tensión.