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.

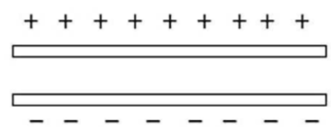

Figura 1. Esquema de un capacitor de placas paralelas

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.

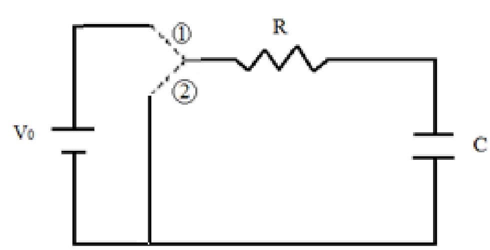

Figura 2. Circuito RC. Dos posibles configuraciones: (1) conectado a la batería y (2) desconectado a la batería.

Cuando la llave está conectada a la batería, 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 el voltaje 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 $Q = V_0.C$

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, $\tau = R.C$. 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.

Para estudiar la dinámica del circuito se propone armar el dispositivo de la Figura 2 y medir V_R o V_C en función del tiempo utilizando las configuraciones (1) y (2); es decir, conectando y desconectando el circuito a la batería (ver ayuda).

¿Deberían ser equivalentes $V_R(t)$ y $V_C(t)$?

Repetir el procedimiento utilizando un capacitor con otro valor de capacitancia, *C*.

Sobre los sistemas estudiados se desea obtener el "tiempo característico" (τ) de carga y descarga del capacitor mediante diferentes métodos:

1- Realizando un ajuste no lineal sobre el gráfico resultante de la medición de $V_C(t)$ (o $V_R(t)$)
2- Linealizando la función $V_C(t)$ (o $V_R(t)$), y realizando un ajuste lineal por cuadrados mínimos.
3- Midiendo en forma directa *R* y de *C*.

Ayuda:

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

IMPORTANTE! 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.