

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 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 hay 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, hay igual cantidad de carga pero de signo contrario.

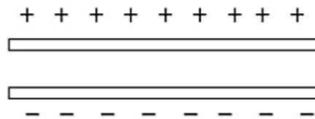


Figura 1. Esquema de un capacitor de placas paralelas

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:

$$Q = C \cdot V \quad (1)$$

donde C es la constante de proporcionalidad llamada capacitancia y depende de las características del capacitor (superficie de placas y distancia de separación, material entre placas). Las unidades 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.

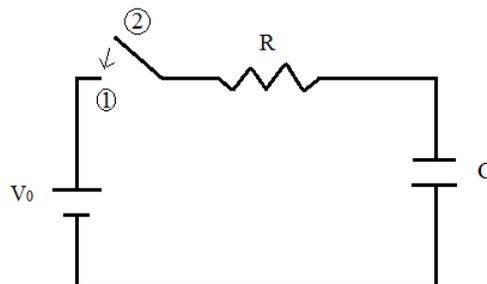


Figura 2. Circuito RC. Dos posibles configuraciones: (1) conectado a la batería y (2) desconectado a la batería.

Cuando la llave conecta a la batería, la diferencia de potencial del circuito es:

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

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

Utilizando la *ec. 1* para V_C ($V_C = Q.C$) y la Ley de Ohm para V_R :

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

Sabiendo que:

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

la *ec. 3* queda:

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

entonces,

$$V_0 = \frac{Q}{C} + \frac{dQ}{dt} R \quad (6)$$

resolviendo esta ecuación, donde la variable es Q y la condición inicial es que el capacitor se encuentra descargado (a $t = 0$, $Q(0) = 0$), resulta:

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

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

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

Por otra parte tenemos una expresión para el voltaje sobre la resistencia combinando la *ec. 2* para V_0 con la *ec. 8* para $V_c(t)$:

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

Estas expresiones indican cual es la evolución temporal de la diferencia de voltaje sobre la resistencia y sobre el capacitor cuando se conecta una batería al circuito RC.

Se puede ver la evolución de la descarga del capacitor si se resuelve la *ec. 6* cuando se desconecta la batería del circuito estando el capacitor cargado con una carga $Q(0) = V_0.C$

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 a tiempos cortos o cercanos al momento en que se conecta y se desconecta el circuito a la batería (Fig. 2), e intentar estudiar la variación de la carga en función del tiempo, $Q(t)$, en el capacitor durante los procesos de acumulación de carga y de descarga. El comportamiento del circuito a estos tiempos se lo llama transitorio.

Para estudiar la dinámica del circuito proponemos armar el circuito de la Figura 2 y medir V_R y V_C en función del tiempo mientras conecta y desconecta el circuito a la batería mediante la llave (Fuente con voltaje constante distinto de cero y voltaje cero). ¿Es igual $V(t)$ para la resistencia (V_R) que para el capacitor (V_C)?. Para simplificar las mediciones puede utilizar un generador de ondas con perfil rectangular, de base cero y voltaje máximo (con eso imita la llave). Elija una frecuencia para la onda rectangular de manera tal que vea todo el comportamiento de carga y descarga del circuito. Cuando se emplea una onda cuadrada la fuente nos entrega durante un intervalo de tiempo T una tensión fija V_0 (equivale a la conexión (1) de Fig. 2) y en el intervalo de tiempo T siguiente, entrega una tensión aprox. nula (equivale a la conexión (2) de Fig. 2). Esto podemos hacerlo repetidas veces. Para adquirir los datos utilizaremos el *Motion D.A.Q.*

Repetir la medición para diferentes combinaciones de Resistencias y Capacitores que se encuentran en el Laboratorio.

Sobre los sistemas estudiados se desea obtener el “tiempo característico” (τ) de carga y descarga del capacitor. Para ello, se propone aplicar logaritmo a la ec. 9, graficar la función linealizada teniendo en cuenta de colocar la variable con mayor error relativo en el eje y, para luego aplicar un ajuste lineal por el método de cuadrados mínimos.

Finalmente, mida R y C en cada sistema, calcule τ como R.C, y compare este resultado con los obtenidos de los gráficos.

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.