

Laboratorio de Física 1 (ByG)

Guía 8: Circuito RC

1. Objetivo

Estudiar el comportamiento no estacionario de un circuito compuesto por un capacitor y una resistencia.

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

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

donde C es la constante de proporcionalidad llamada capacidad o capacitancia. Esta constante depende de las características del capacitor (superficie de placas y distancia de separación, material entre placas). La unidad de la capacitancia es el *faradio* $F = \text{Coulomb/Volt}$.

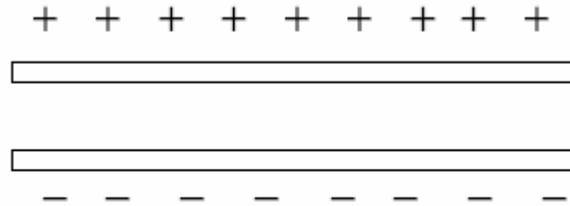


Figura 1: Esquema de un capacitor de placas paralelas.

Para estudiar las propiedades de un capacitor, podemos armar el circuito que se muestra en la figura 2. En el caso que la llave conecta a la batería, la diferencia de potencial del circuito es igual a

$$V_0 = V_C + V_R$$

donde V_C es la diferencia de potencial sobre el capacitor y V_R es la diferencia de potencial sobre la resistencia. Utilizando la ecuación (1) para V_C y la Ley de Ohm para expresar V_R ($V_R = I * R = dQ/dt * R$), podemos escribir

$$V_0 = \frac{Q}{C} + \frac{dQ}{dt} R \quad (2)$$

resolviendo esta ecuación, donde la variable es Q y la condición inicial es que el capacitor se encuentra descargado, resulta

$$Q(t) = V_0 * C(1 - e^{-t/RC}) \quad (3)$$

Utilizando la ecuación (1) para V_C y que $V_R = V_0 - V_C$

$$V_C(t) = V_0 * (1 - e^{-t/RC}) \quad (4)$$

$$V_R(t) = V_0 * e^{-t/RC} \quad (5)$$

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

- Resolver la evolución temporal del circuito cuando se desconecta la batería estando el capacitor cargado con una carga $Q_0 = V_0 * C$

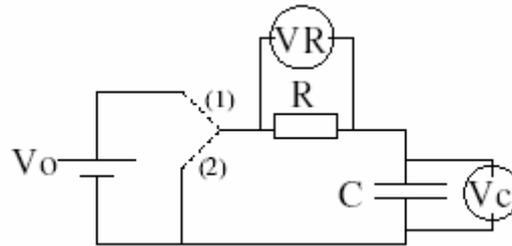


Figura 2: Circuito RC. Dos posibles configuraciones: (1) conectado a la batería, (2) al desconectar la batería. V_R y V_C indican las mediciones de diferencia de potencial sobre cada uno de los elementos.

Este circuito tiene particular importancia en biología ya que con estos elementos se “modela” la membrana celular, según muestra la Figura 3. En este modelo, ¿qué representa cada elemento del circuito?

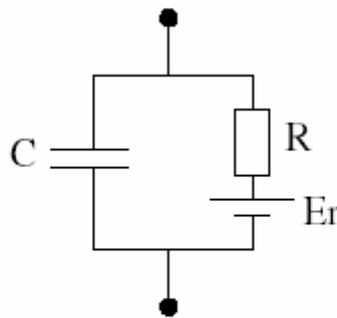


Figura 3: Modelo de membrana celular.

3. Actividades

En la práctica de Ley de Ohm se midió la corriente y la diferencia de potencial en un circuito en estado estacionario, es decir que no había que preocuparse por lo que pasa cuando se cierra una llave sino que se asume que por el circuito instantáneamente circula una corriente igual a la medida o simplemente que se mide lejos del momento en que se enciende la llave, a tiempos en los cuales el sistema se encuentra en un estado estacionario.

Ahora se quiere ver que pasa a tiempos cortos o cercanos al momento en que se enciende o se apaga una llave, intentando estudiar como varía 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.

¿Por qué recibe este nombre? ¿Qué son tiempos cortos y tiempos largos? ¿Cuáles son las condiciones del circuito en estado estacionario? ¿Qué pasa con la corriente?

Para estudiar la dinámica del circuito necesitamos medir Q o I en función del tiempo. ¿Cómo medirían la corriente en función del tiempo ($I(t)$)? ¿Cómo medirían $Q(t)$?

Nosotros utilizaremos para ello utilizaremos el MPLI, conectaremos a uno de los canales un cable para medir tensión sobre la resistencia o sobre el capacitor. ¿qué tipo de señal eléctrica mide el MPLI? ¿Cómo relacionarías estos resultados con $Q(t)$ y $I(t)$?

¿Por qué no podemos usar un multímetro digital como en la práctica de la clase pasada?
¿Qué otro instrumento de medición se podría usar para medir diferencia de potencial en función del tiempo? Discutir con el docente.

3.1) Construir un circuito RC como el de la figura 2. Medir con el MPLI diferencia de potencial en función del tiempo ($V(t)$). ¿Es igual $V(t)$ para la resistencia (V_R) que para el capacitor (V_C)?

Nota: Tener cuidado al conectar el cable para medir la diferencia de potencial sobre alguno de los elementos del circuito, uno de los terminales del MPLI está conectado a “tierra”. Si el generador de onda también está conectado a tierra se puede estar cortocircuitando parte del circuito. CONSULTAR CON EL DOCENTE. Discutir con el docente la función de la referencia de tierra en el laboratorio. ¿Qué significa “conectar a tierra”? ¿a dónde va la “tercera pata del enchufe”?

3.2) Repetir la medición para diferentes combinaciones de los parámetros del circuito. Dado que la duración de la práctica está limitada a 3hs, no es factible medir todas las combinaciones posibles de valores. Se recomienda elegir un juego de parámetros y variar de a uno manteniendo el resto de los valores fijos.
¿Qué parámetros pueden ser relevantes para la dinámica? ¿Qué parámetros pueden ser controlados experimentalmente?

3.3) ¿Qué función utilizarías para modelar la respuesta del circuito? ¿Se pueden linealizar los resultados? ¿Cuál es el tiempo característico del transitorio?
¿Cómo dependen los resultados con los parámetros del circuito (discutidos en 3.2)?

Actividad complementaria:

¿Cómo se modifica la respuesta del circuito si cambiamos las condiciones (es decir, si movemos la llave) antes que el circuito entre en estado estacionario?

Este estudio resulta más fácil y sistemático si reemplazamos la fuente de tensión continua y la llave por un *generador de ondas*. Esto nos permitirá alimentar el circuito con una “onda cuadrada”. 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 la figura 2) y en el intervalo de tiempo T siguiente entrega una tensión igual a 0 (equivale a la conexión 2 de la figura 2), esto lo hace en forma repetitiva. El tiempo T puede variarse.

Otra posibilidad que se puede explorar al utilizar una onda cuadrada es la de alternar entre V_0 y $-V_0$ (en vez de V_0 y 0). ¿Se imaginan cómo cambiaría la dinámica del circuito con respecto al modelo descrito más arriba?

Entonces, ¿qué otros parámetros podrían ser relevantes para la dinámica de un circuito RC?