

OLIMPIADA NACIONAL DE FÍSICA
OAXACA
Noviembre - 2014
EXAMEN EXPERIMENTAL
CIRCUITO RC

Un condensador eléctrico o capacitor es un dispositivo utilizado en electricidad y electrónica, capaz de almacenar energía sustentando un campo eléctrico. Está formado por un par de superficies conductoras, generalmente en forma de dos láminas o placas paralelas separadas por un material dieléctrico.

Al aplicar un voltaje V_0 en el capacitor, la diferencia de potencial entre sus placas aumentará hasta igualar la de la fuente, es decir alcanzará el voltaje V_0 . Esto se debe a que una de las placas del capacitor adquiere carga positiva y la otra carga negativa. Por lo tanto, la corriente entrará en el condensador hasta que las placas ya no puedan almacenar más carga por haber alcanzado equilibrio electrostático con la fuente V_0 y, de esta forma, una placa del capacitor quedará con una carga positiva final y la otra con carga negativa final, iguales en magnitud entre ellas.

La cantidad de energía eléctrica que puede almacenar un capacitor para una diferencia de potencial dada es llamada *capacitancia*, denotada por C y sus unidades son los *faradios*. Un faradio (F) es la capacidad de un condensador entre cuyas placas hay una diferencia de potencial de 1 volt (V) cuando cada placa tiene una carga (positiva o negativa) de un coulomb (Coulomb = A s, donde A es ampere y s segundo), es decir,

$$F = \frac{As}{V}.$$

Recuerde que 1 ampere (A) es la unidad de corriente eléctrica I y que 1 Ohm (Ω) es la unidad de resistencia eléctrica R que los conductores presentan ante la corriente cuando se tiene un voltaje V , tal que se obedece la Ley de Ohm $V = RI$. Así, la unidad de resistencia Ohm (Ω) se puede escribir como

$$\Omega = \frac{V}{A}.$$

Por lo tanto, notamos que el producto de capacitancia por resistencia RC tiene unidades de tiempo ($\Omega F = s$). A la cantidad RC se le llama la *constante de tiempo* de un circuito RC, que es el dispositivo que estudiaremos en este problema.

El llamado circuito RC es un circuito compuesto de resistencias y condensadores alimentados por una fuente eléctrica. Un circuito RC, en su forma más simple, está compuesto de una resistencia y un condensador, como se muestra en la Figura 1:

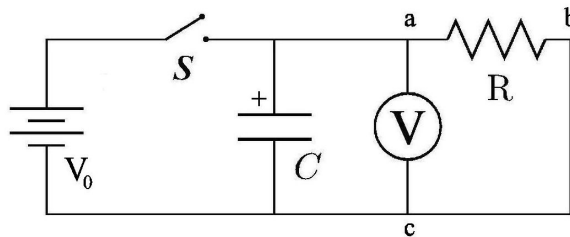


Figura 1: Diagrama básico de un circuito RC.

donde V_0 es la fuente de energía que provee un voltaje V_0 al circuito; en este caso, dicha fuente es una batería comercial. El capacitor se indica por la letra C y la resistencia por R . Se muestra también el interruptor con la letra S . En la Figura 2 se muestra una fotografía del dispositivo, así como de las conexiones, como se explica más abajo.

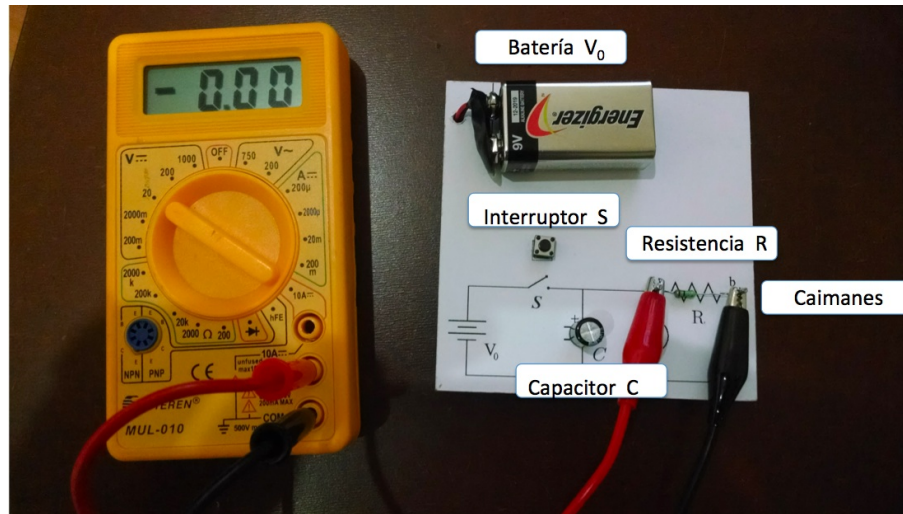


Figura 2: Fotografía del multímetro y del dispositivo RC, indicando las componentes así como la conexión de las puntas de los caimanes.

Es importante resaltar que el interruptor sólo funciona mientras se mantenga oprimido. Por lo tanto, al oprimir el interruptor S se cierra el circuito y el capacitor se carga casi instantáneamente, de tal manera que placas adquieren una diferencia de potencial V_0 . Al dejar de oprimir el interruptor se abre el circuito, es decir, la batería deja de alimentar el circuito y la corriente circula a través de la resistencia R y el capacitor disminuirá su voltaje de acuerdo a la siguiente relación:

$$V(t) = V_0 e^{-t/RC}. \quad (1)$$

Es aquí donde notamos que el producto RC es la constante de tiempo del circuito RC, es decir, el tiempo característico en el que el capacitor pierde el 37% de su carga.

El objetivo principal del experimento es obtener la curva de descarga del capacitor y, de ella (conociendo el valor de una resistencia R_1), obtener el valor de la capacitancia C . Posteriormente, con esta información y con el uso de otra resistencia R_2 , verificaremos que la ley dada por la ecuación (1) es correcta.

Material:

- Multímetro. Este es un instrumento para medir propiedades eléctricas, ver el apartado de su uso.
- Cables con caimanes y puntas, uno rojo y uno negro, ver el apartado para el uso del multímetro.
- Cronómetro
- Tabla de circuito. Incluye una batería con voltaje V_0 , el capacitor C , la resistencia R_1 y un interruptor S , montados y conectados. Vea la Figura 2.
- Resistencia R_2 .
- Papel milimétrico
- Reglas

IMPORTANTE: Antes de comenzar lee el apartado sobre el **Uso del Multímetro**.

Tareas:

Verifica que en la parte posterior del dispositivo las conexiones corresponden al diagrama de la Figura 1. En particular, nota que los puntos **b** y **c** están interconectados, de tal manera que ambos tienen la misma diferencia de potencial (voltaje) respecto al punto **a**. Es decir, ambos puntos (**b** y **c**) pueden considerarse como el mismo punto. Mantén la tabla del circuito sobre la base de esponja para evitar daños al dispositivo.

1. Coloca el multímetro en modo de voltaje DC (20 V). Conecta las puntas de los cables rojo y negro al multímetro. Conecta los caimanes a los puntos **a** y **b** como se muestra en la Figura 2. Manteniendo oprimido el botón del interruptor **S** toma la lectura del voltaje V_0 y repórtalo.

0.5 puntos

2. Sin desconectar el multímetro suelta el botón y observa la lectura de voltaje en el multímetro. Notarás que comienza a decrecer y vuelve a V_0 si oprimas el botón nuevamente. Iniciando con el voltaje V_0 , anota el tiempo que tarda el capacitor en descargarse desde el valor V_0 hasta que llegue a 7 V. Debido a que es difícil repetir exactamente tal medición, toma varias medidas, al menos 5, y promedia. Reporta tal valor con su incertidumbre.

1.5 puntos

3. Diseña un método para obtener una tabla de voltaje (V) vs tiempo (t), de modo que en $t = 0$, $V = V_0$ y al tiempo t se tiene $V(t)$. Describe tu procedimiento y toma en cuenta la dificultad en medir el tiempo. Reporta tus mediciones en una tabla, indicando cuidadosamente las unidades. Realiza entre 8 y 10 mediciones del voltaje $V(t)$, usa la tabla de la página 4.

5 puntos

4. A partir de la tabla del inciso anterior elabora una gráfica. Se cuidadoso al rotular los ejes indicando las unidades.

2.5 puntos

5. Realiza el cambio de variable adecuado para obtener una recta con tus datos. Haz la tabla apropiada y realiza la gráfica correspondiente.

2.5 puntos

6. La resistencia R_1 es la que está montada sobre la tabla del circuito. Retírala y mídela con el multímetro (no olvides colocar el selector de función en la escala adecuada). Reporta el valor de R_1 con su incertidumbre.

0.5 puntos

7. A partir del análisis de la recta, calcula la constante de tiempo dada por el producto RC y reporta el valor de la capacitancia C del capacitor. Da al menos tres cifras significativas.

2.5 puntos

8. Verifica ahora que tanto la ecuación (1) como el valor de la capacitancia son correctos. Para esto utilizarás la resistencia R_2 . Usando las resistencias R_1 y R_2 conéctalas en un caso en serie y otro en paralelo. Haz un diagrama en cada caso. Halla en cada caso el tiempo promedio que tarda en descargarse el capacitor desde V_0 hasta un voltaje de 7 V y repórtalo.

3 puntos

9. Del resultado anterior, calcula el valor de la resistencia total, tanto para el caso en paralelo como en serie, y repórtalas. Usando el multímetro mide directamente la resistencia total en cada caso y compáralas con los valores calculados.

2 puntos

Tabla del inciso 3.

Uso del Multímetro

Un multímetro es un instrumento electrónico para medir directamente, entre otras cosas, magnitudes eléctricas activas como corrientes y voltajes o pasivas como resistencias. Las medidas pueden realizarse para corriente continua o alterna y en varios márgenes de medida cada una.

En la tarea que nos ocupa, mediremos resistencias y voltajes, de modo que utilizaremos las dos conexiones inferiores para conectar las puntas o caimanes, como se muestra en la figura 3 (la conexión extra se utiliza para medir altas corrientes, hasta 10 A).



Figura 3: Fotografía de un multímetro indicando la conexión de las puntas de los caimanes.

En la figura 3 se muestra, además de la conexión correcta de las puntas, el selector de función en la posición de apagado (OFF).

Para medir voltajes se debe colocar el selector en alguna de las posiciones señaladas con el símbolo $V\text{---}$ o DCV, a la izquierda de la posición de apagado. Cuando no se sabe de qué orden es el voltaje que vamos a medir, se debe conectar la fuente de voltaje al multímetro (punta roja al positivo) y comenzar a medir empezando por la posición de mayor voltaje (1000 V, en este multímetro), e ir bajando hasta que la lectura tenga el mayor número de cifras significativas.

Cuando el multímetro esté fuera de escala, es decir, la fuente tenga un mayor voltaje que el máximo rango de la selección (por ejemplo, la fuente sea de 10 V y el selector esté en 2000 mV), mostrará una lectura como en la figura 4.



Figura 4: Multímetro fuera de escala.

En nuestro caso, la fuente de voltaje es una batería de 9 V, de modo que podemos colocar el selector directamente en la posición de 20 V, como muestra la figura 5.



Figura 5: Posición para medir voltaje hasta de 20 V DC.

Para medir resistencia, se colocará el selector en alguna de las posiciones señaladas con Ω , en el cuadrante inferior izquierdo. Conectaremos la resistencia entre las puntas del multímetro y posicionaremos el selector en la posición de **menor** resistencia (200 Ω , en este multímetro, véase figura 6), y aumentaremos hasta que tengamos una buena lectura (con el mayor número de cifras significativas y dentro de escala).



Figura 6: Posición de menor resistencia (200 Ω).

En este caso, cuando el multímetro esté fuera de escala y muestre la lectura de la figura 4, se deberá a que la resistencia que deseamos medir tiene un valor mayor al máximo rango de la selección por ejemplo, la resistencia sea de 50 k Ω y el selector esté en 200 Ω .

IMPORTANTE: Siempre desconecta del circuito la resistencia a medir.