

Circuitos RC

Objetivos

1. Visualizar mediante un osciloscopio, las curvas de carga y descarga de un capacitor en un circuito RC en serie.
2. Verificar la influencia de los valores de resistencia R y C , así como de la frecuencia f de la fuente, sobre las curvas de carga y descarga.

Referencias teóricas

Un circuito RC en serie consiste en una disposición de elementos como el mostrado a continuación:

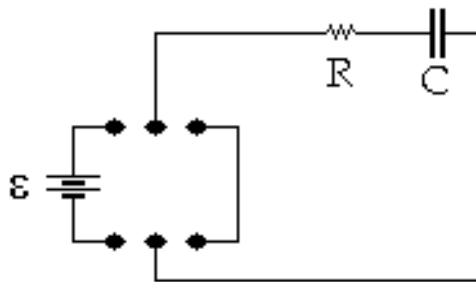


Ilustración 1: Circuito RC

La ilustración 1 muestra un circuito en el que puede cargarse o descargarse un condensador de capacidad C a través de una resistencia R . La resistencia y el capacitor están conectados en serie a los bornes centrales de un interruptor dipolar. Los bornes de la izquierda del interruptor se hallan conectados a un generador de voltaje constante \mathcal{E} . Los de la derecha se conectan entre sí mediante un hilo de resistencia despreciable y el condensador se encuentra inicialmente descargado.

Cuando el interruptor se lleva a la posición de la izquierda, el condensador queda cargado con una diferencia de potencial $V_c = \mathcal{E}$, pero no adquiere instantáneamente su carga final. Si una vez éste ha adquirido su carga, se lleva al interruptor a la posición de la derecha, el condensador acaba descargándose, pero el proceso tampoco es instantáneo.

Sea " q " la carga en el condensador e " i " la intensidad de la corriente de carga en cierto instante t medido a partir del momento en que se coloca el interruptor en la posición de la

izquierda, en el instante de efectuarse las conexiones ($t = t_0$), $q = 0$ y la intensidad inicial es $I_0 = (\varepsilon/R)$, que sería igual a la intensidad permanente si no hubiera condensador.

Durante el proceso de *carga*, cuando q aumenta en el condensador, i disminuye hasta anularse finalmente. Para $i = 0$: $\varepsilon/R = q/RC$, $q = C\varepsilon = Q_f$ donde Q_f es la carga final.

La ecuación diferencial durante la carga puede escribirse: $\frac{dq}{dt} = \frac{\varepsilon}{R} - \frac{q}{RC}$; puede demostrarse que, al resolver esta ecuación, las expresiones de la carga y la corriente en función del tiempo son:

$$q(t) = Q_f \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right) \quad \text{Ec. 1}$$

$$i(t) = I_0 e^{-\frac{t}{RC}} \quad \text{Ec. 2}$$

La intensidad y la carga son, por tanto, funciones exponenciales del tiempo. La ilustración 2 muestra las gráficas de las ecuaciones 1 y 2.

En el instante $t = RC$, i ha disminuido hasta $1/e$ de su valor inicial y la carga ha aumentado hasta $1/e$ de su valor final.

El producto RC se denomina *constante de tiempo capacitiva ó tiempo de atenuación* del circuito. Es el tiempo en el que se anularía la corriente si continuara disminuyendo al ritmo inicial.

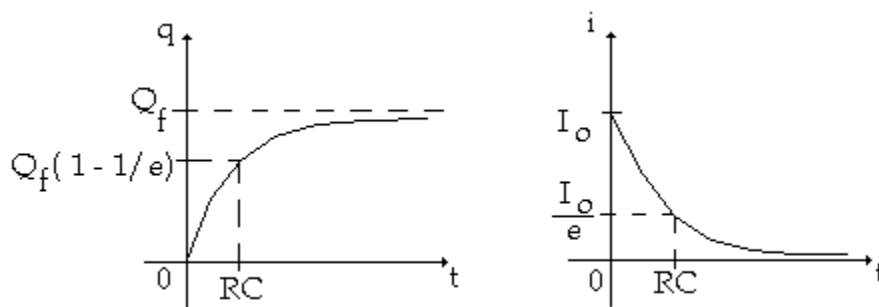


Ilustración 2: Gráficos de q e i en función del tiempo

Supongamos ahora que el condensador ha adquirido una carga Q_0 y que el interruptor se coloca en la posición de la derecha de la ilustración 1. El condensador se descarga entonces a través de la resistencia y su carga acaba por anularse. (Q_0 es la carga inicial en el proceso de *descarga*, la cual no es necesariamente igual a la Q_f definida anteriormente).

Para el proceso de descarga, cuando $t = 0$: $q = Q_0$, $I_0 = (Q_0/RC) = (V_0/R)$ donde V_0 es la diferencia de potencial inicial a través del condensador. Cuando éste se descarga, tanto q como i disminuyen. La ecuación diferencial durante la descarga es $\frac{dq}{dt} = -\frac{q}{RC}$, cuya solución nos da:

$$q(t) = Q_0 e^{-\frac{t}{RC}} \quad \text{Ec. 3}$$

$$i(t) = I_0 e^{-\frac{t}{RC}} \quad \text{Ec. 4}$$

En esta práctica de laboratorio usaremos como fuente de voltaje un generador de onda cuadrada, cuya gráfica $V(t)$ aparece en la ilustración 3.

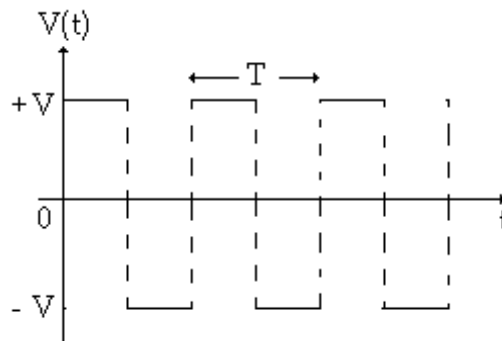


Ilustración 3: Señal de voltaje alterna, cuadrada

El voltaje de la fuente toma valores $+V$ y $-V$ alternados, repitiéndose el ciclo cada T segundos, es decir una frecuencia $f = 1/T$ Hz. La aplicación de esta fuente a un circuito RC es equivalente a tener un circuito como el de la ilustración 4, en donde el interruptor dipolar estaría alternando su posición entre las 2 baterías mostrada con una frecuencia de f ciclos/s.

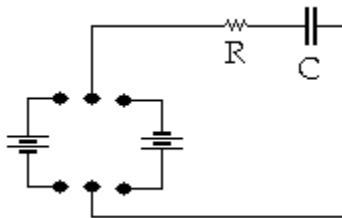


Ilustración 4: Circuito equivalente al de conectar un generador con señal cuadrada

El efecto de una fuente de este tipo es el de cargar y descargar al condensador en uno y otro sentido con una frecuencia f . Cada una de las placas del condensador es cargada positiva y negativamente f veces por segundo.

Usaremos un osciloscopio para examinar las curvas de potencial a través del condensador $V_C(t)$ y a través de la resistencia $V_R(t)$, al igual que a través de la fuente $V(t)$. La forma de la

gráfica de la corriente a través del circuito $i(t)$ es similar a la curva $V_R(t)$, pues $V_R(t)$ es proporcional a $i(t)$.

Material y equipo

- 1 Generador de señales
- 1 Medidor LCR
- 1 Osciloscopio
- 1 Tableta de conexiones
- 2 Resistores
- 1 Capacitores
- 4 Conectores

Procedimiento

1. Mida los valores de resistencia de los elementos en su equipo

Elemento	Valor indicado	Valor medido
Resistor 1	1 k Ω	
Resistor 2	3.3 k Ω	
Capacitor 1	0.47 μ F	

2. En la práctica usaremos una tabla de conexiones como la siguiente:

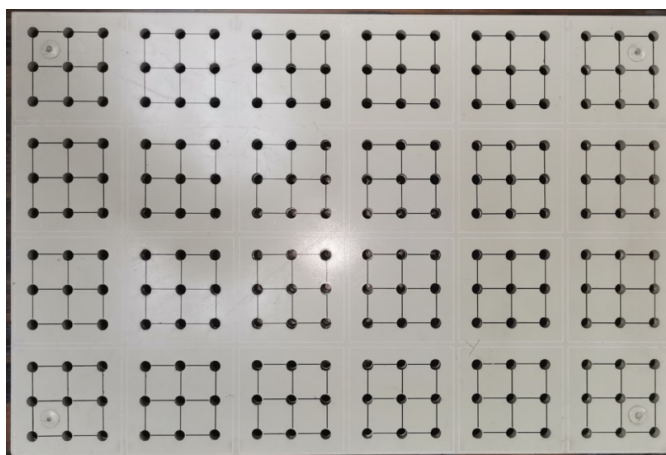


Ilustración 5: Tabla de conexiones

En esta tabla se pueden enchufar diferentes elementos circuitales y cada grupo de nueve enchufes está conectado internamente, para efectos eléctricos, es el mismo punto.

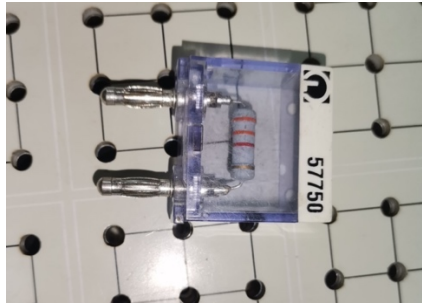


Ilustración 6: ejemplo de resistor por utilizar en la práctica

3. Construya el circuito como en la figura, utilizando el resistor de $1k\Omega$ y el capacitor.

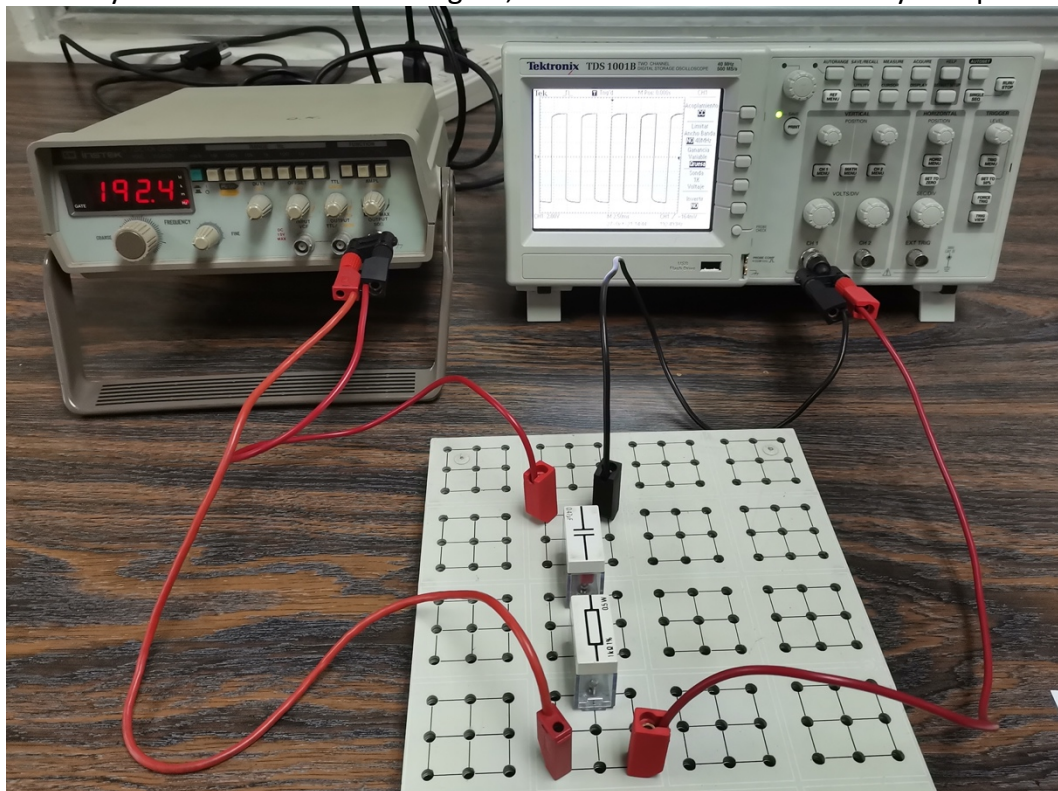


Ilustración 7: dispositivo midiendo la salida de la fuente

4. En el circuito anterior se está visualizando el voltaje de la fuente, es decir, del generador. Guarde la pantalla y el archivo CSV en la USB que conecte al osciloscopio.
5. Como nuestro objetivo es visualizar las curvas de carga y descarga del capacitor, utilizaremos el voltaje a través del mismo y el voltaje a través del resistor, el cual es directamente proporcional a la corriente en el circuito. Coloque la amplitud de salida

del generador en posición media y una frecuencia de 200 Hz para una señal cuadrada.

6. Para medir el voltaje en el capacitor disponga así los elementos:

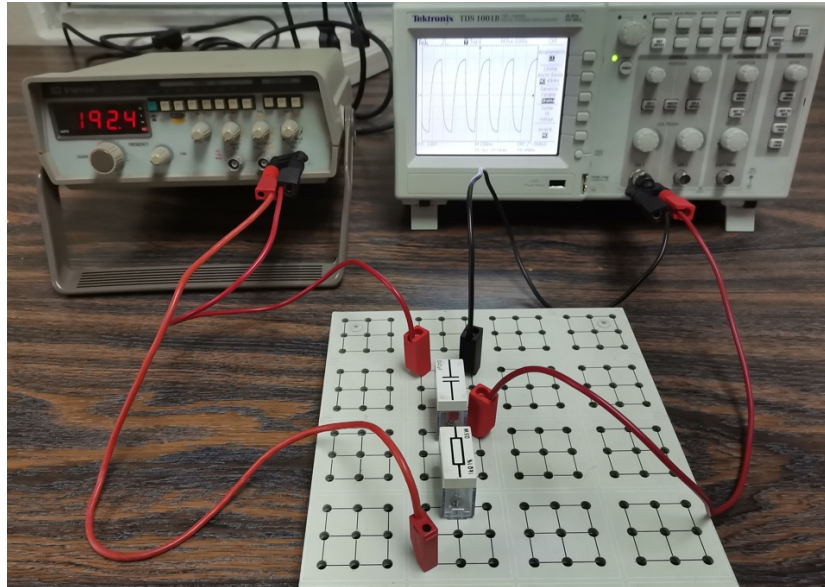


Ilustración 8: disposición para medir el voltaje en el capacitor

Guarde los archivos en la USB.

7. Para medir el voltaje en el resistor disponga así los elementos.

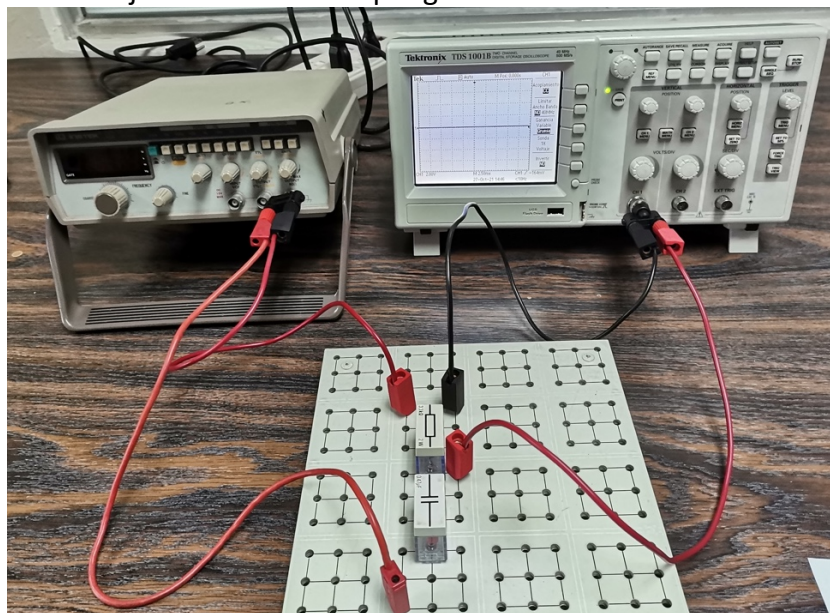


Ilustración 9: disposición para medir el voltaje en el resistor

8. Repita 6 y 7 pero en esta ocasión, use el resistor de $3.3\text{ k}\Omega$. Guarde los archivos en la USB.
9. Manteniendo la ultima configuración, visualice qué sucede a la grafica cuando la frecuencia cambia al bajar lentamente la frecuencia y cuando se sube lentamente. Anote lo que observa.

Preguntas para responder en el cuaderno:

1. Haga un diagrama esquemático, utilizando símbolos de circuito de R, C, fuente cuadrada y osciloscopio, como el siguiente

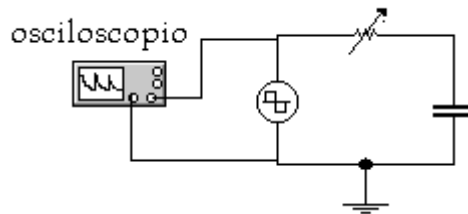


Ilustración 10: ejemplo de diagrama con una resistencia variable, en nuestro caso son fijas

Para los numerales 3, 6 y 7 del procedimiento.

2. ¿Por qué es necesario intercambiar la posición del capacitor con el del resistor para hacer las medidas de su respectivos voltajes?
3. ¿Por qué para estudiar el comportamiento de la carga en el capacitor podemos utilizar el voltaje en el mismo?
4. ¿Por qué para estudiar el comportamiento de la corriente de descarga del capacitor podemos utilizar el voltaje en el resistor?
5. ¿Qué sucede con los gráficos al cambiar el resistor de $1\text{ k}\Omega$ por el de $3.3\text{ k}\Omega$? Explique
6. De acuerdo con su descripción de lo que sucedió cuando varió la frecuencia del generador y su efecto en las gráficas, resuma una explicación.