

CIRCUITOS RC Y RL

OBJETIVO

Estudiar empíricamente la existencia de constantes de tiempo características tanto para el circuito RC y el RL, asociadas a capacidades e inductancias en circuitos eléctricos respectivos.

Parte A: Circuito RC

EQUIPAMIENTO

- Osciloscopio Digital Tektronic
- Circuito RLC, PASCO CI-6512
- Fuente de Poder 30V,5 A
- Conectores banana
- 2 cables BNC
- 1 resistencia de 10 kΩ externa al circuito

TEORÍA

PARTE I: CIRCUITO RC

Al conectar un condensador a una fuente de voltaje continuo, la razón a la cual se carga decrece con el tiempo. Al comienzo, el condensador se carga fácilmente, debido a que hay poca carga acumulada en sus placas. Sin embargo, a medida que esta se acumula, se debe realizar un mayor trabajo para mover cargas adicionales, por la fuerza repulsiva generada por las cargas del mismo signo. De esta manera, la ecuación de carga tiene forma exponencial (tasa de carga va declinando con el tiempo). La carga acumulada en las placas de un condensador en función del tiempo está dada por:

$$q(t) = q_0(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad (1)$$

Aplicando la ley de Ohm también se puede analizar el potencial de carga y descarga

$$V = V_0(1 - e^{-t/\tau_c}) \quad (2)$$

Donde q_0 es la carga máxima que puede acumularse en las placas y $\tau = RC$ es la constante de tiempo capacitiva. Nótese que cuando $t = 0$, $q = 0$, por lo que no existe carga inicial en las placas. Además, $q = q_0$ sólo cuando $t = \infty$, lo que indica que un condensador demora un tiempo infinito en llegar a su carga máxima.

Si en la ecuación de carga de un condensador reemplazamos $q(t)$ por $q_0/2$, podemos obtener el tiempo que demora el condensador en llegar a la mitad de su carga máxima. Este tiempo se conoce como tiempo de vida media:

$$t_{1/2} = \tau \ln(2) \quad (3)$$

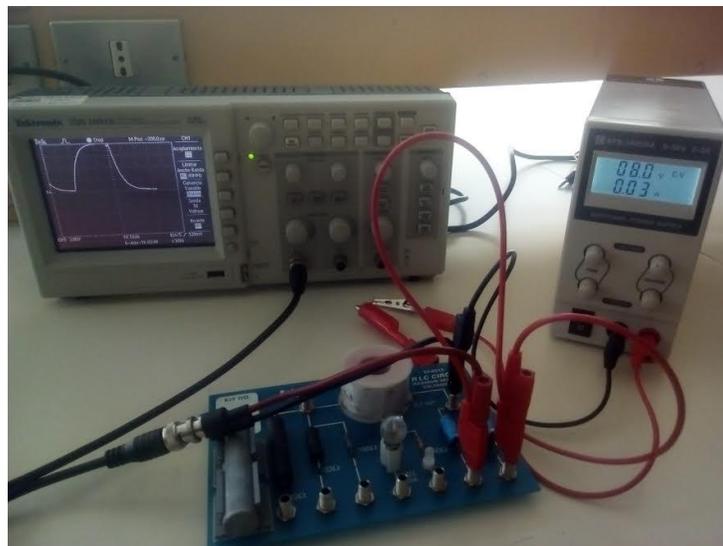
Además, en un circuito RC, la carga acumulada en el condensador puede relacionarse con la diferencia de potencial en éste de la forma:

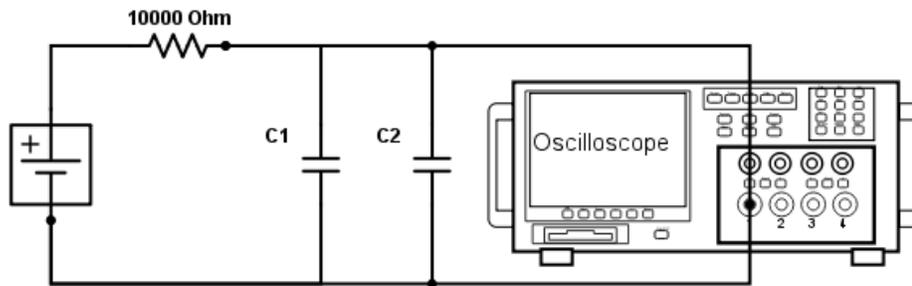
$$q = CV$$

Así, la carga en el condensador puede medirse indirectamente, a través del voltaje en el condensador en función del tiempo.

Montaje Experimental

Usando la placa PASCO con componentes eléctricos, arme el circuito que muestra la figura 1, usando la Fuente Externa HP y activada con 8V DC como fuente de voltaje.





Procedimiento

- 1.- Conecte la fuente de poder al circuito con la resistencia conectada en serie y los condensadores en paralelo. Conecte el osciloscopio con un cable coaxial en paralelo a los extremos del circuito de condensadores. Seleccione la amplitud en 8 V (voltaje DC de la fuente de poder) una vez que el asistente le revise el circuito.
- 2.- Ponga en ejecución el osciloscopio y encienda la fuente.
- 3.- Una vez que observe que el condensador se cargó completamente (esto se visualiza cuando la traza que muestra el osciloscopio es paralela al eje tiempo), cambie la conexión del borne (-) de la fuente y conéctela en el punto del (+) del mismo banano.
- 4.- Seleccione el Osciloscopio de la perilla **Sec/Div en 5 s** y el **Ch1 20 volts**
- 5.- Observe repetitivamente la carga y descarga hasta que se observe una curva completa de carga y descarga. Realice las mediciones necesarias para analizar posteriormente los datos. Confeccione una tabla de resumen con la información.
- 6.- Para encontrar el tiempo de vida media, examine su tabla de datos y realice un cálculo previo teórico para encontrar este punto crítico.
- 7.- Realice el **Gráfico** para ver la curva Potencial de Carga vs Tiempo. Use las flechas de movimiento en la pantalla, para encontrar el punto en que el voltaje empieza a subir. Detenga con el botón RUN / STOP del osciloscopio y ajuste la señal con las perillas VERTICAL y HORIZONTAL. Anote ese tiempo de inicio de la carga. Luego, muévase hasta el punto en que el voltaje alcanza la mitad del máximo (8 V) registrando este dato. Anote este tiempo (interpole si es necesario).

$$t_{v=0} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$t_{V/2} = \underline{\hspace{2cm}}$$

8.- Mida a continuación la resistencia con un óhmetro (10 KOhm). Si dispone de un medidor de capacidad, úselo para medir la capacidad equivalente del condensador usado (conexión paralelo de la tarjeta Pasco)

$$R = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$C = \underline{\hspace{2cm}}$$

9.- Repita el punto 7 y estudie ahora la descarga. Haga un cálculo previo para encontrar el tiempo de vida media y la constante de tiempo capacitivo τ_c

Nota: Para la descarga analice las expresiones y explique por qué este cambio respecto al fenómeno de carga.

$$q = q_0 \left(e^{-t/\tau_c} \right) \quad (4)$$

$$V = V_0 \left(e^{-t/\tau_c} \right) \quad (5)$$

Análisis de Datos

1.- Encuentre la diferencia entre ambos tiempos, para determinar el tiempo de vida media para cada caso Carga y Descarga.

$$t_{1/2} = t_{V/2} - t_{v=0} \quad (6)$$

2.- Calcule el valor teórico, usando la Ecuación (3)

3.- Calcule la diferencia porcentual entre los valores teórico y experimental de $t_{1/2}$.

Preguntas

1.- $t_{1/2}$ indica el tiempo que el condensador demora en cargarse a la mitad de la carga total. De acuerdo con esto, ¿Cuánto demora un condensador en alcanzar 75% de la carga total?

2.- Luego de cuatro vidas medias, ¿Qué porcentaje de la carga total ha alcanzado el condensador?

3.- ¿Cuál es la máxima carga, en términos de la carga total, que alcanza el condensador en este experimento?

PARTE II: CIRCUITO LR

Equipamiento

- Osciloscopio Digital Tektronix
- Generador de Señales
- Circuito RLC, PASCO
- Conectores y cables con bananos
- 2 cables Coaxiales para Generador y Osciloscopio
- 1 Resistencia de 10Ω del circuito RLC
- Bobina con núcleo de aprox. 30 mH (mídalo previamente con Inductómetro)

Al conectar una inductancia a una resistencia, la corriente que circula por el circuito aumenta exponencialmente, según la función:

$$I(t) = I_{max}(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

Donde $\tau = \frac{L}{R}$ es la constante de tiempo inductiva. Se puede realizar el mismo análisis anterior, donde si $t = 0 \rightarrow I = 0$; e $I = I_{max}$ sólo cuando $t = \infty$.

La constante de tiempo inductiva indica, además, el tiempo que demora el circuito en alcanzar una corriente estacionaria dada por:

$$I_{est} = \frac{V_0}{R}$$

Que coincide con el tiempo que demora la corriente en subir a 63% de su máximo.

El tiempo que demora la corriente en subir a la mitad de su máximo (50%) se denomina tiempo de vida media, y puede ser obtenido al reemplazar $I(t) = \frac{I_{max}}{2}$ en la función que describe el aumento de intensidad de corriente:

$$t_{1/2} = \tau \ln(2)$$

Además, en esta experiencia se aplicará la Ley de tensiones de Kirchhoff (o segunda ley de Kirchhoff). Esta regla establece que en una malla cerrada de un circuito, la suma algebraica de las caídas de potencial de cada componente es igual a cero. Por ejemplo, en el caso del circuito LR utilizado en la Parte II de este experimento se tiene que las caídas de potencial son:

$$V_R = V_0(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}), \quad \text{Para la resistencia}$$

$$V_L = V_0 e^{-\frac{t}{\tau}}, \quad \text{Para la inductancia}$$

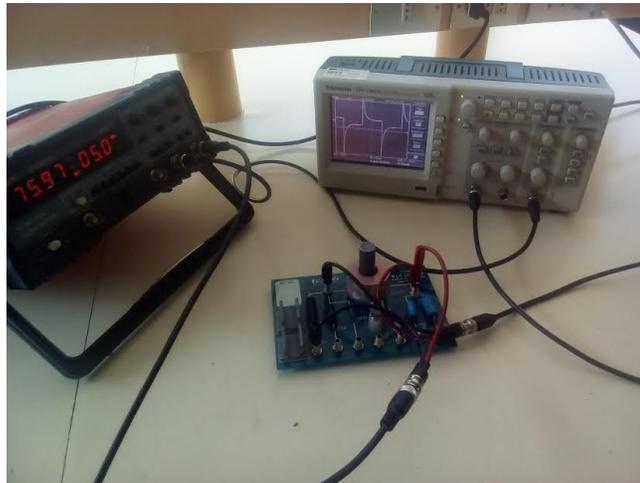
$$V_0, \quad \text{Para la fuente}$$

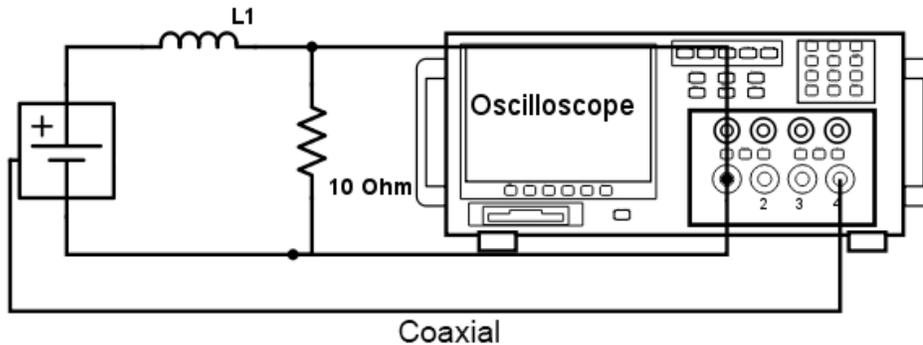
Y por la ley de tensiones de Kirchhoff:

$$\sum \Delta V_i = \Delta V_{Resistencia} + \Delta V_{Inductancia} + \Delta V_{Fuente} = 0$$

MONTAJE EXPERIMENTAL

- 1.- Conecte el generador de señales y prográmelo en el rango 4 hasta 6 volt;
Onda Cuadrada con una frecuencia de entre 50 hasta 90 Hz.
- 2.- Conecte el circuito, como muestra la Figura 2, usando la señal de salida cuadrada del generador alterno UNI-T





- 3.- Conecte el cable coaxial del Generador en OUTPUT y conéctelo en los extremos del circuito SERIE R-L I de la tarjeta Pasco creando un circuito RL con la resistencia de 10 Ohm y la bobina de 30 mH . Luego del canal CH-1 conecte otro cable coaxial del OSCILOSCOPIO a los extremos de la bobina (cuidado con las polaridades).

Procedimiento

- 1.- Active el circuito y observe la traza en la bobina.
- 2.- Conecte un coaxial TRIGGER TTL OUT del generador al osciloscopio en el punto EXT TRIG y mueva la perilla TRIGGER LEVEL para estabilizar la imagen de la curva de la bobina.
- 3.- Cambie ahora la conexión en la bobina y conéctela en los extremos de la resistencia de 10 Ohm (cuidado de las polaridades). Aplique TRIGGER para estabilizar la señal.
- 4.- Registre la información más relevante de ambas curvas V_R / t y V_L / t para encontrar la constante de tiempo inductivo $\tau_L = L/R$
- 5.- Examine la traza en la resistencia y registre la información más relevante. Aplique la ley de Ohm para pasar de V_R a I_R así obtener la máxima corriente en el circuito
- 6.- Encuentre la constante de tiempo inductiva usando los datos de corriente y tiempo. Encuentre el valor máximo de corriente y el tiempo en que el voltaje era cero.

$$I_{\max} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$t_{v=0} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Encuentre el tiempo en que la corriente sube a la mitad del máximo. Anótelo, interpolando si ello resulta necesario.

$$t_{1/2} = \underline{\hspace{2cm}}$$

A partir de la diferencia entre ambos tiempos anteriores, encuentre el tiempo de vida media y, a partir de él, la constante de tiempo inductiva.

$$t_{1/2} = \underline{\hspace{2cm}} \quad \tau = \underline{\hspace{2cm}}$$

7.- Imprima los gráficos V_L (voltaje de la bobina) vs tiempo, V_R (voltaje de la resistencia) vs tiempo y V_F (voltaje de la fuente) vs tiempo

NOTA :El valor de la inductancia de la bobina con el núcleo es de 30 mH aproximadamente.

Preguntas

1.- ¿Cómo se compara el valor medido de la constante de tiempo inductiva con el valor teórico dado por $\tau = L/R$? Recuerde que R representa la resistencia total del circuito.

2.- ¿Se cumple la regla de Kirchhoff? Compare al menos para tres tiempos distintos la suma algebraica del voltaje a través de la resistencia y la inductancia, con el voltaje de la fuente. Para esta comparación use los gráficos obtenidos anteriormente.

Nota: Recuerde medir con un multímetro los valores reales de R, C y L. Antes de medir el valor de L debe posicionar el núcleo de hierro en su centro