

Circuitos RCL

1. Objetivo

El objetivo de esta práctica de laboratorio es hallar la frecuencia de resonancia el factor de mérito y el ancho de banda para un circuito RLC serie y paralelo. Además se desea estudiar cómo se comporta el desfase en función de la frecuencia del generador para el circuito en serie. Por último, estudiar la transferencia en función de la frecuencia para un filtro *pasa banda* o para un *elimina banda*.

2. Introducción

a. Circuito RLC serie

Se tiene un circuito compuesto por un capacitor C, una inductancia L y una resistencia conectados en serie a un generador de funciones como se muestra en la Figura 1.

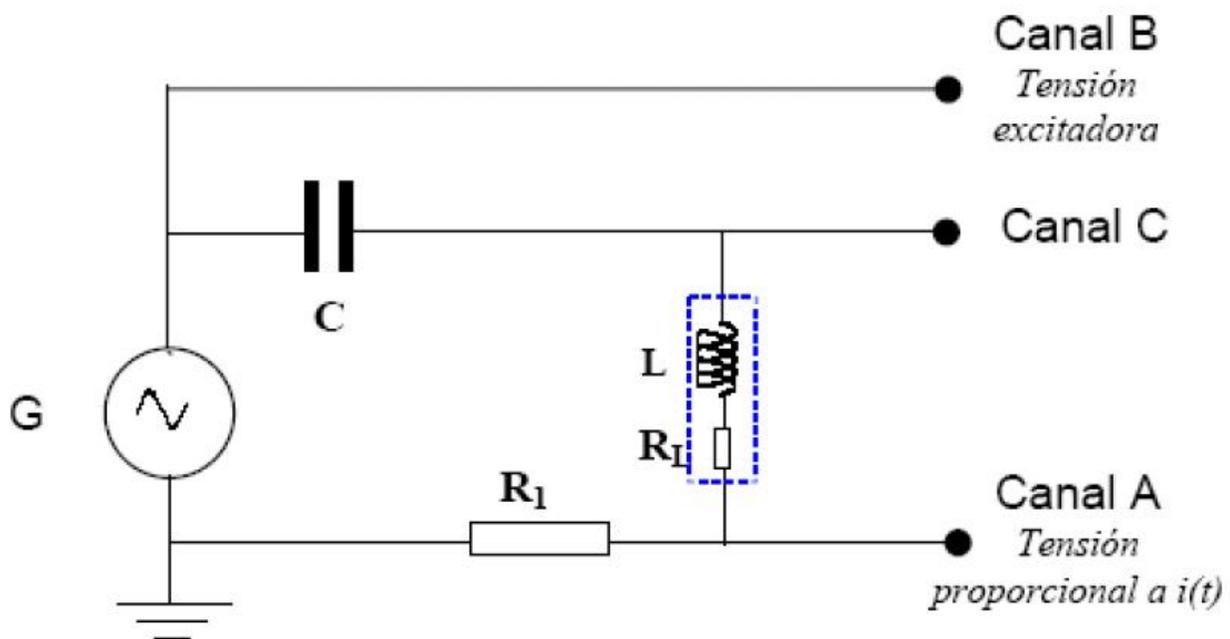


Figura 1. Esquema de un circuito RLC en serie. Además, se detalla cómo realizar las conexiones eléctricas para poder medir las magnitudes que se desean para caracterizar el circuito.

Aplicando las leyes de Kirchoff al circuito de la figura:

$$V = V_R + V_C + V_L = iR + q/C + L di/dt \quad (1)$$

$$\frac{dV}{dt} = R \frac{di}{dt} + L \frac{d^2i}{dt^2} + \frac{i}{C} \quad (2)$$

Si el voltaje suministrado por el generador G es sinusoidal $V(t) = V_{\max} \sin(\omega t)$, la corriente del circuito estará dada por $I(t) = I_{\max} \sin(\omega t + \varphi)$. Recordar que $\omega = 2\pi f$, donde f es la frecuencia suministrada por el generador de funciones. La impedancia total del circuito se puede calcular como

$$Z = Z_R + Z_L + Z_C = R + j\omega L + j/\omega C \quad (3)$$

Entonces se tiene

$$V = IZ = I[R + j(\omega L - 1/\omega C)] \quad (4)$$

La tangente del ángulo de desfase será el cociente entre la parte imaginaria de la impedancia y la parte real

$$\operatorname{tg}(\varphi) = \frac{\operatorname{Im}(Z)}{\operatorname{Re}(Z)} = \frac{(\omega L - 1/\omega C)}{R} \quad (5)$$

Y el módulo de la impedancia será

$$|Z|^2 = R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2 \quad (6)$$

El ángulo de desfase entre I y V puede ser mayor que cero, en cuyo caso el circuito es capacitivo, menor que cero en cuyo caso es inductivo o cero en cuyo caso el circuito es solamente resistivo, la tensión y la corriente están en fase y la parte imaginaria de la impedancia es cero

$$\operatorname{Im}(Z) = 0 \rightarrow \omega L - 1/\omega C = 0 \quad (7)$$

Condición que se cumple para la llamada frecuencia de resonancia

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \rightarrow f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (8)$$

Para este caso la corriente del circuito se hace máxima. Se define el ancho de banda $\Delta\omega$ como el intervalo de frecuencias para las cuales la potencia disipada cae a la mitad que la máxima

$$\Delta\omega = R/L \quad (9)$$

Se define el factor de calidad o factor de mérito Q como

$$Q = \omega_0 L/R = \omega_0/\Delta\omega \quad (10)$$

b. Circuito RLC paralelo

En el caso de un circuito RLC paralelo (ver figura 2), la impedancia del circuito viene dada por la impedancia del paralelo entre L y C (definida como Z') en serie con la impedancia de la resistencia R. A

su vez hay que recordar que la inductancia (bobina) tiene una resistencia propia R_L . De esta manera se obtiene la impedancia total del circuito

$$Z = R + Z' \quad (11)$$

$$\frac{1}{Z'} = \frac{1}{Z_C} + \frac{1}{Z_L + R_L} \quad (12)$$

$$Z' = \frac{(R_L + j\omega L)(-j/\omega C)}{R_L + j(\omega L - 1/\omega C)} \quad (13)$$

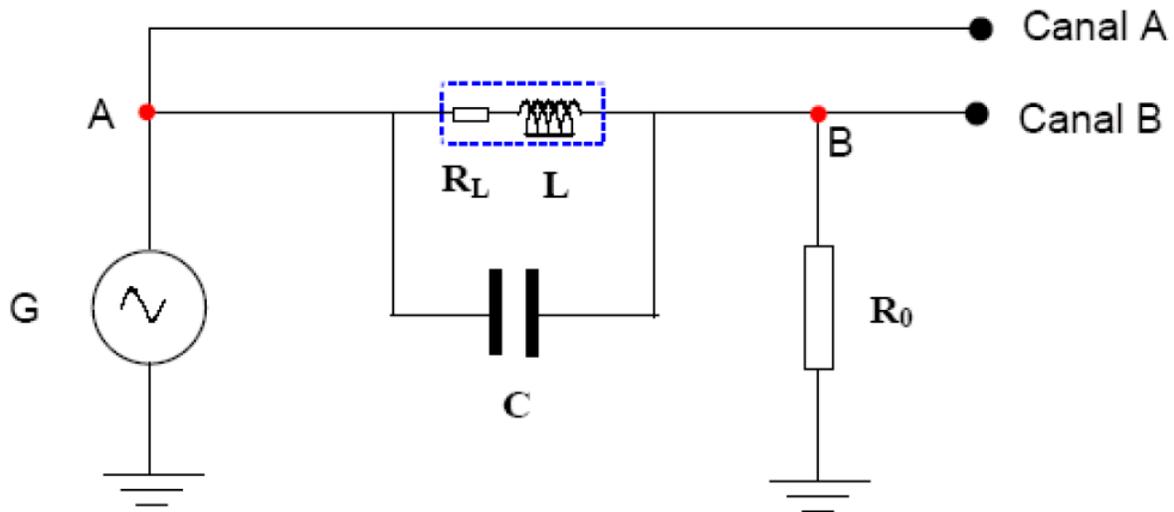


Figura 2. Esquema de un circuito RLC en serie. Además, se detalla cómo realizar las conexiones eléctricas para poder medir las magnitudes que se desean para caracterizar el circuito.

Para $\varphi = 0$, resonancia, habrá un mínimo en la potencia transferida

$$\omega_0' = \frac{1}{\sqrt{LC}} \sqrt{1 - R_L^2 \frac{C}{L}} \quad (13)$$

Si la resistencia interna de la bobina es cero, entonces

$$\omega_0' = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (13)$$

3. Actividades – Dispositivo y mediciones

a. Circuito RLC serie

- Para estudiar el comportamiento de un circuito RLC en serie se debe cargar el archivo *RLC_Serie.txt* en el simulador de circuitos de Falstad (<https://www.falstad.com/circuit/>).
- Realizar mediciones de la corriente en función de la frecuencia del generador de funciones f . Previamente estimar la frecuencia de resonancia utilizando la ecuación (8) para saber en qué rango buscar la resonancia.
- Graficar la potencia disipada del circuito $P = |I|^2 R/2$ en función de ω .
- Marcar en el gráfico la frecuencia de resonancia ω_0 y el ancho de banda $\Delta\omega$.
- Usando los valores obtenidos y la ecuación (9) hallar el factor de mérito Q. Comparar con los valores del modelo teórico.
- Medir y graficar el desfase ϕ (ángulo de desfase entre el voltaje y la corriente del circuito) en función de la frecuencia ω .
- Repetir la medición y el análisis para otro valor de resistencia R.

b. Circuito RLC paralelo

- Para estudiar el comportamiento de un circuito RLC en serie se debe cargar el archivo *RLC_Paralelo.txt* en el simulador de circuitos de Falstad (<https://www.falstad.com/circuit/>).
- Realizar mediciones de la corriente en función de la frecuencia del generador de funciones f . Previamente estimar la frecuencia de resonancia utilizando la ecuación (8) para saber en qué rango buscar la resonancia.
- Graficar la potencia disipada del circuito $P = |I|^2 R/2$ en función de ω .
- Marcar en el gráfico la frecuencia de antiresonancia ω_0 y el ancho de banda $\Delta\omega$.
- Usando los valores obtenidos y la ecuación (9) hallar el factor de mérito Q. Comparar con los valores del modelo teórico y del caso en serie.

c. Filtro pasabanda y eliminabanda

- Para realizar esta parte de la práctica se debe elegir uno de los dos circuitos anteriores (RLC serie o RLC paralelo). *Observación: poner el valor de $R_L = 0$ para los filtros.*
- Se desea estudiar la transferencia del circuito en función del cociente ω/ω_0 . Recordar que se define la transferencia como $|T| = |V_S/V|$ donde V_S se mide como la caída de tensión en la resistencia.
- Comprobar (según el caso elegido) que el circuito RLC serie se comporta como un filtro pasabanda, mientras que el circuito RLC paralelo como un eliminabanda.

4. Referencias

- M. Alonso and E.J. Finn. Física: Campos y ondas, volume 2 of Física. Editorial Pearson Educación, 1998.
- F.S. Crawford. Ondas, volume 3 of Berkeley Physics Course. Editorial Reverté, 1994.
- E.M. Purcell. Electricidad y magnetismo, volume 2 of Berkeley Physics Course. Editorial Reverté, 1988.
- J.R. Reitz, F.J. Milford, and R.W. Christy. Fundamentos de la teoría electromagnética. Pearson Educación. Editorial Pearson Educación, 1996.
- F.R. Trelles. Temas de electricidad y magnetismo. Ediciones previas. Editorial EUDEBA, 1984.
- Guía de laboratorio Circuito RCL, Física 2 para Químicos.