PRÁCTICA 3
USO DEL OSCILOSCOPIO

ALUMNOS:

Especialidad	Nombre

1. OBJETIVOS

   - Familiarizarse con el manejo de un osciloscopio.
   - Caracterizar, como aplicación, la respuesta de un circuito RLC de corriente alterna.

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

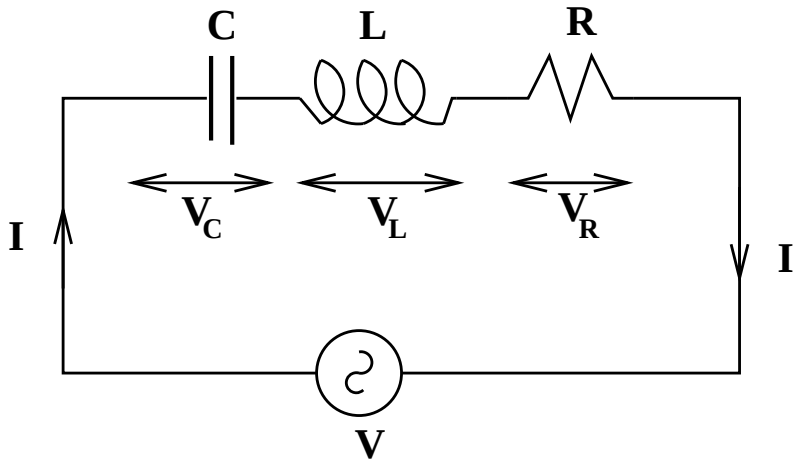

Figura 1: Esquema de un circuito RLC.

Dado el circuito de la figura (RLC en serie), se verifica que:

$$V(t) = V_R(t) + V_L(t) + V_C(t). \tag{1}$$

Si $V(t)$ viene dada por una onda armónica cosenoidal:

$$V(t) = V_0 \cos(\omega t) = V_0 \cos(2\pi\nu t) = V_0 \cos(2\pi t/T) \tag{2}$$

siendo ω (rad/s) la frecuencia angular del movimiento circular asociado, ν (s^{-1} ó Hz) la frecuencia de la señal y T (s) el período de la señal, se verifica que la intensidad que circula por el circuito, $I(t)$, viene dada por:

$$I(t) = I_0 \cos(\omega t + \phi) \tag{3}$$

donde ϕ es el desfase de la intensidad, $I(t)$, respecto al voltaje $V(t)$. Si ϕ es positivo indica que $I(t)$ está adelantada con respecto a $V(t)$, y si es negativo lo contrario.

Por su parte, la diferencia de potencial en la resistencia, V_R, aparece en fase con la intensidad; V_L está adelantada en 90° con respecto a la misma; y V_C atrasada en 90°. Atendiendo al comportamiento de una resistencia, una bobina y un condensador se tiene,

$$V_R = V_{R,0}\cos(\omega t + \phi), \tag{4}$$

$$V_L = V_{L,0}\cos(\omega t + \phi + 90°) = V_{L,0}\cos(\omega t + \phi_L), \tag{5}$$

donde ϕ_L es el desfase entre V_L y V, y puede escribirse como

$$\phi_L = \phi + 90°, \tag{6}$$

$$V_C = V_{C,0}\cos(\omega t + \phi - 90°) = V_{C,0}\cos(\omega t + \phi_C), \tag{7}$$

donde ϕ_C es el desfase entre V_C y V, y puede escribirse como

$$\phi_C = \phi - 90°. \tag{8}$$

Las amplitudes de las señales, por su parte, verifican que:

$$V_{R,0} = RI_0, \qquad V_{L,0} = X_L I_0, \qquad V_{C,0} = X_C I_0, \tag{9}$$

donde X_L se denomina reactancia inductiva o inductancia y X_C reactancia capacitiva o reactancia. El valor de X_L y de X_C es respectivamente:

$$X_L = \omega L, \qquad X_C = \frac{1}{\omega C}, \tag{10}$$

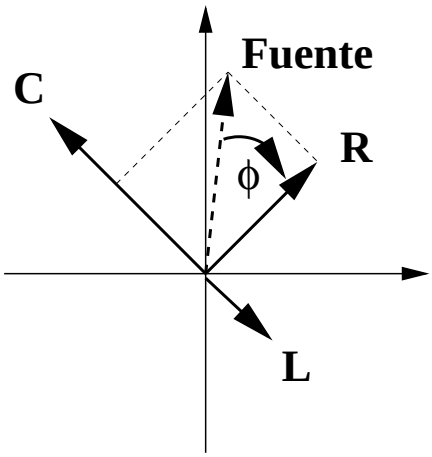

Figura 2: Representación "vectorial" de los voltajes.

Si representamos las señales como vectores (denominados fasores) que describen un movimiento circular de frecuencia angular ω, se encuentran las siguientes ecuaciones:

$$V_0^2 = V_{R,0}^2 + (V_{L,0} - V_{C,0})^2 \tag{11}$$

Tras introducir en la anterior ecuación el valor de las amplitudes y despejar I_0 se tiene:

$$I_0 = \frac{V_0}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} = \frac{V_{R,0}}{R} = \frac{V_{L,0}}{X_L} = \frac{V_{C,0}}{X_C} = \frac{V_0}{Z}, \tag{12}$$

donde $Z = \sqrt{(R^2 + (X_L - X_C)^2}$ es la impedancia del circuito y $(X_L - X_C)$ se conoce como reactancia total.

El desfase, ϕ viene dado por:

$$\phi = -\arctan(\frac{V_{L,0} - V_{C,0}}{V_{R,0}}) = -\arctan(\frac{X_L - X_C}{R}) \tag{13}$$

3. DISPOSITIVO EXPERIMENTAL

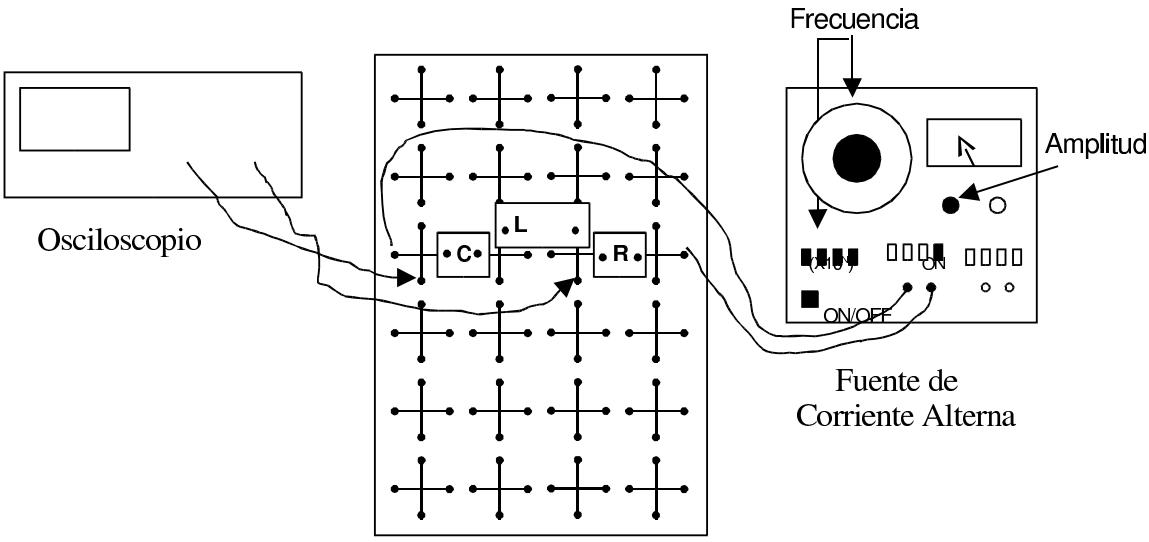

Figura 3: Montaje del circuito con la fuente de tensión y el osciloscopio.

Sobre el panel de montaje se montará un circuito RLC con las siguientes características:

- $R = 1k\Omega$
- $C = 0{,}47\ \mu$F
- $L = 4{,}3$ mH (500 Wdg, 4Ω)

o bien

- $R = 0{,}47k\Omega$
- $C = 1\ \mu$F
- $L = 16{,}5$ mH (1000 Wdg, $18{,}5\Omega$)

Se empleará una fuente de corriente alterna donde puede controlarse tanto la amplitud (voltaje) de la señal como como su frecuencia. En la fuente pueden leerse de forma aproximada los valores de la amplitud y la frecuencia.

Las medidas de diferencia de potencial y frecuencia de los distintos elementos del circuito lo realizaremos con el osciloscopio.

Osciloscopio

El osciloscopio permite visualizar señales de voltaje (diferencias de potencial) entre dos puntos de un circuito, estando uno de ellos conectado a tierra. La sonda consta de dos partes, una pinza y "un gancho". La pinza se colocará en la parte delcircuito donde esté conectada la tierra de la fuente y el gancho en el punto del circuito donde se quiera conocer el potencial. La pinza no debe variarse de lugar en el circuito, para no alterar la distribución de potencial establecida. En nuestro caso, el polo "negativo"de la fuente está a tierra, como se observa, y es el polo "positivo"el que va variando su potencial consiguiéndose así una corriente alterna. Por ello conectaremos la pinza al polo negativo que es la tierra del circuito. **Las sondas tienen un selector que permite atenuar la señal que pasa por ellas, para que se visualicen en pantalla señales que no caben en ella; en nuestro caso no será necesario atenuarlas y el selector estará puesto en x1.**

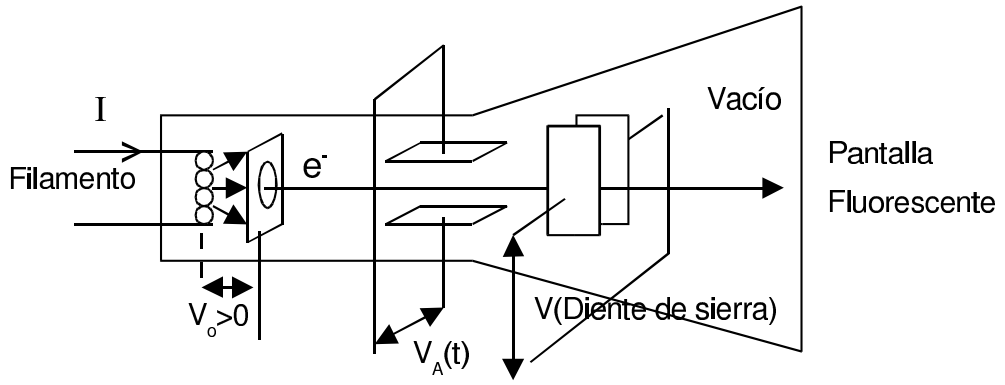

Figura 4: Representación esquemática del interior del osciloscopio.

El osciloscopio se compone esencialmente de un tubo de rayos catódicos (ver figura) análogo al de los televisores. Su funcionamiento es el siguiente: los electrones que pasan por un filamento pueden salir de él por efecto termoiónico; a continuación son atraídos por una placa a mayor potencial que el filamento que los acelera. El haz de electrones que cruza la placa alcanza finalmente una pantalla fluorescente. Si se somete al haz a la diferencia de potencial entre sonda y pinza, el haz se desplazará arriba y abajo si ésta es alterna. Si además se le somete a una diferencia de potencial horizontal creciente, el haz se desplazará a lo largo de la pantalla, observándose por la composición de los movimientos la señal alterna en la pantalla. Cuando se recorre toda la pantalla, el voltaje horizontal cae a cero y vuelve a comenzar a crecer (señal horizontal de diente de sierra), con lo que vuelve a pintarse la señal desde el inicio de la pantalla. Para que se observe una señal fija en la pantalla, el inicio (disparo) de un nuevo pintado se sincroniza usualmente con el instante en el cual la señal tiene cierta fase (paso por el equilibrio).

Descripción de los controles del osciloscopio:

Encender la fuente y el osciloscopio. Situar en la fuente una frecuencia de alrededor de 500 Hz (Bobina 500 Wdg) o 250 Hz (Bobina 1000 Wdg) y una amplitud de alrededor de 2 V. Observar en el osciloscopio a través del Canal A la señal de la fuente, $V(t)$, regulando las escalas de tiempo, de amplitud de la señal A, y variando la posición de la señal vertical y horizontalmente.

NOTA: El lado de cada cuadrado de la pantalla vale lo que marque la escala correspondiente, y cada subdivisión un quinto de ese valor.

Medida de V_{PP} y V_0

- V_{PP} es la distancia de pico a pico, de máximo a mínimo de voltaje. Es más fácil de medir que Vo (amplitud de la señal). Para realizar la medida, mover la señal de izquierda a derecha de manera que corten el eje vertical un máximo y un mínimo y se mida con más precisión V_{PP}

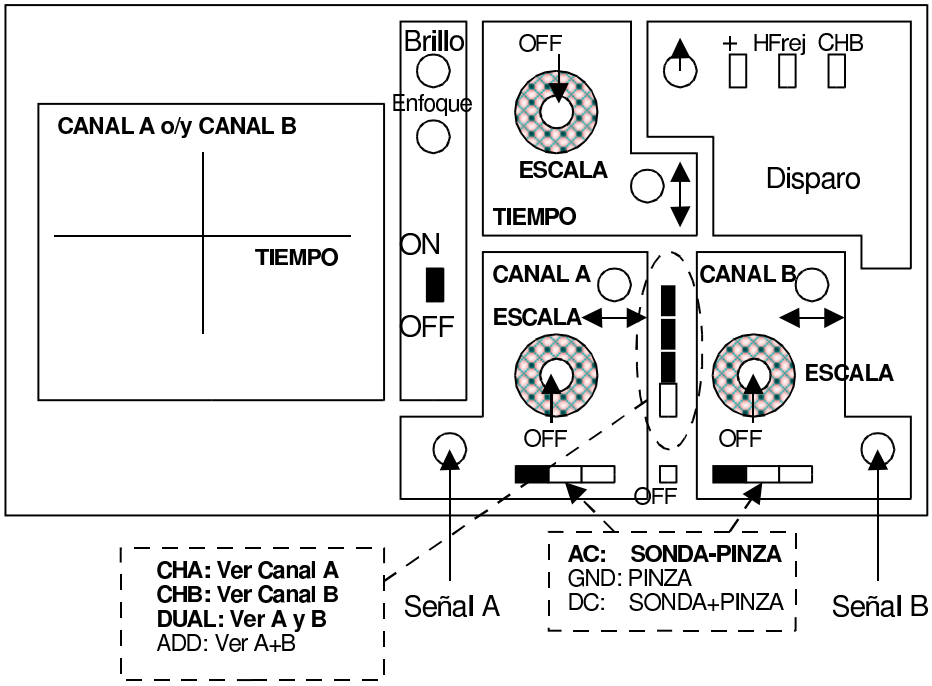

Figura 5: Panel de mandos del osciloscopio

usando las subdivisiones. Jugar con las escalas: a mayor escala sin salirse de pantalla la señal, mayor precisión. Reajustar el voltaje de la fuente para que $V_{PP} = 4$ V. Dicho valor será el que se usará en el resto de la práctica.

- V_0 es la amplitud de la señal y corresponde a $V_{PP}/2$.

Medida del periodo T

T es el período de la señal (distancia temporal entre dos puntos con mismo estado de perturbación (fase)). Usar el eje horizontal para medirlo, usando las subdivisiones. Jugar con las escalas. Reajustar su valor a $T = 2$ ms (Bobina 500 Wdg) o a $T = 4$ ms (Bobina 1000 Wdg) variando la frecuencia de la fuente.

Medida de desfases

Situar el modo de visualización en **DUAL** para ver la señal del Canal A, $V(t)$, y del Canal B, $V_R(t)$, a la vez. En la disposición actual se tiene V_R por el Canal B, para caracterizar V_L y V_C habrá que permutar el orden de los componentes del circuito.

Tomaremos una señal como referencia para disparar el pintado de las señales (CHB). La otra señal va a tener en nuestro caso la misma frecuencia, pero cierto desfase; aparecerá por ello desplazada de la primera en cada pintado en el tiempo correspondiente a ese desfase, ya que una vez iniciado el pintado de la primera, el de la segunda comienza cuando se alcanza la fase de referencia. El osciloscopio termina el pintado de cada señal donde lo empezó. Si la señal tuviese distinta frecuencia, la diferencia de frecuencias supondría un desfase variable, y la señal aparecería en movimiento. Este movimiento puede observarse para las dos señales disparando el pintado de las señales con la frecuencia de la red (LINE, 50Hz).

Para medir el desfase entre dos señales se procede de la siguiente forma:

- Se cuenta el número de subdivisiones entre dos máximos de una de las señales, N.
- Se cuenta el número de subdivisiones entre dos máximos, uno de cada señal, M.

- N se corresponderá a 360° y M al desfase, por lo tanto:

El desfase será

$$\Phi = 360° M/N. \tag{14}$$

Para medir N y M habrá que jugar con el movimiento horizontal y vertical de las señales así como con las escalas vertical y horizontal. La escala de tiempos debe ser la misma al medir N y M, o si no deben traducirse a la misma escala sus valores.

Para saber cuál es el signo del desfase que estamos midiendo, tomando como referencia la señal del voltaje de la fuente, la señal que aparezca a la izquierda tendrá un desfase positivo, mientrás que la que aparezca a la derecha lo tendrá negativo.

4. DESARROLLO EXPERIMENTAL Y CUESTIONES A CONTESTAR[1]

Completar las tablas usando como parámetros de la señal de la fuente los valores antes seleccionados. Se pide que se evalúe el valor de ν ($\nu = 1/T$) y ω ($\omega = 2\pi\nu$).

NOTAS:

- **Ser cuidadosos con las unidades, con el número de cifras significativas y con la coherencia de los resultados.**
- **QUE CADA MIEMBRO DEL GRUPO CARACTERICE UNA SEÑAL. RECUERDE HACER UN "ZOOM"PARA OBSERVAR V_L.**
- **MEDIR DESFASES, VOLTAJES y ERRORES PARA LA RESISTENCIA, DESPUÉS CAMBIAR EL CIRCUITO Y MEDIR PARA LA BOBINA, FINALMENTE HACERLO PARA EL CONDENSADOR.**
- **MOVER UNA DE LAS SEÑALES PARA SABER CUÁL SALE ANTES Y PODER DECIDIR SI EL DESFASE ES POSITIVO O NEGATIVO.**

Mida los voltajes que se indican así como los periodos y frecuencias **(2.5 puntos).**

SEÑAL	V_{PP}( )	V_0( )	T( )	ν( )
V				
V_R				
V_C				
V_L				

Anote los errores de escala (mínima que puede realizarse con el aparato) de las siguientes magnitudes **(0.5 punto).**

SEÑAL	$\sigma_{V_{PP}}$( )	σ_T( )
V		
V_R		
V_C		
V_L		

Mida los desfases entre las distintas señales **(2.5 puntos).**

[1] Las puntuaciones asignadas a cada apartado se encuentran indicadas a lo largo del texto.

DESFASE	N	M	$\phi(\quad)$
ϕ: entre V y V_R			
ϕ_C: entre V y V_C			
ϕ_L: entre V y V_L			

Finalmente, verificar, reflejando los cálculos realizados y utilizando los datos obtenidos experimentalmente:

NOTA: Algunas igualdades no se verifican exactamente porque no se ha tenido en cuenta la resistencia de la bobina.

a) Que V_L está adelantada 90° respecto a la intensidad empleando la ecuación (6). Razonar el cálculo realizado **(0.5 puntos).**

b) Que V_C está atrasada 90° respecto a la intensidad empleando la ecuación (8). Razonar el cálculo realizado **(0.5 puntos).**

c) La ecuación (11); o sea, comprobar que los dos miembros de la ecuación son iguales **(1 punto).**

d) La ecuación (13) (que los tres miembros son iguales) **(1 punto).**

e) Teniendo en cuenta el valor de L calcule X_L y su error indicando los cálculos realizados (cuidando que la magnitud y el error sean consistentes) **(1.5 puntos).**