



Bitácora de Laboratorio #10

Escuela de Ingeniería en Computadores

Laboratorio de Circuitos Eléctricos (CE-2201)

Integrantes:

Tamara Cajiao Molina - 2024143333

Santiago Robles Obando - 2022207100

Profesor: Jeferson González Gómez

II Semestre

2025

Laboratorio 10. Circuitos RC y RL en corriente continua

1. Introducción

Al finalizar este experimento, el estudiante estará en capacidad de describir el comportamiento de condensadores y bobinas con corriente alterna y determinar las relaciones entre la corriente y la tensión, en función de la capacitancia, de la inductancia y de la frecuencia.

2. Objetivos

1. Obtener experimentalmente y analizar las formas de onda de la tensión y corriente en circuito serie RC y RL excitados con corriente alterna.
2. Deducir a partir de datos experimentales las relaciones existentes entre las tensiones y la corriente en un circuito RC y RL serie.

3. Cuestionario Previo

1. Analice el circuito de la figura 10.1 tomando $R = 10 \text{ k}\Omega$ y $C = 10 \text{ nF}$. Obtenga la fórmula matemática para la impedancia equivalente que ve el generador, en función de la frecuencia. Por división de tensión obtenga la relación matemática para la tensión en el condensador y la resistencia en función de V_f y la frecuencia. Realice todo el análisis del circuito (tensiones, impedancias, corrientes, formas de ondas).

Impedancia equivalente que ve el generador

$$Z_{eq} = R + Z_C = R + \frac{1}{j2\pi fC}$$

Tensión en el capacitor en función de la fuente y la frecuencia

$$\frac{V_c}{V_f} = \frac{Z_C}{R+Z_C} = \frac{1}{1+j\omega RC}$$

$$V_c(f) = \frac{1}{1+j2\pi fRC} V_f$$

Tensión en la resistencia en función de la fuente y la frecuencia

$$\frac{V_R}{V_f} = \frac{R}{R+Z_c} = \frac{j\omega RC}{1+j\omega RC}$$

$$V_R(f) = \frac{j2\pi f RC}{1+j2\pi f RC} V_f$$

Corriente del circuito

$$I = \frac{V_f}{Z_{eq}} = \frac{V_f}{R-jX_c}$$

$$|I| = \frac{|V_f|}{|Z_{eq}|} = \frac{|V_f|}{10.76k\Omega}$$

$$\text{con } \angle I = \angle V_f - \angle V_{Zeq} \approx +21,7^\circ$$

Tensiones del circuito

$$V_R = IR$$

$$V_C = I \frac{1}{j\omega C}$$

2. ¿A qué previsiones eléctricas se refiere el punto 2 del procedimiento?

Conectar el osciloscopio sin provocar cortocircuitos ni sobrepasar sus límites. Usar siempre el mismo punto de referencia a tierra para ambas puntas, no unir con los cocodrilos de masa dos nodos que no estén al mismo potencial, y asegurarse de que los valores pico de la fuente no superen la tensión máxima de entrada del osciloscopio

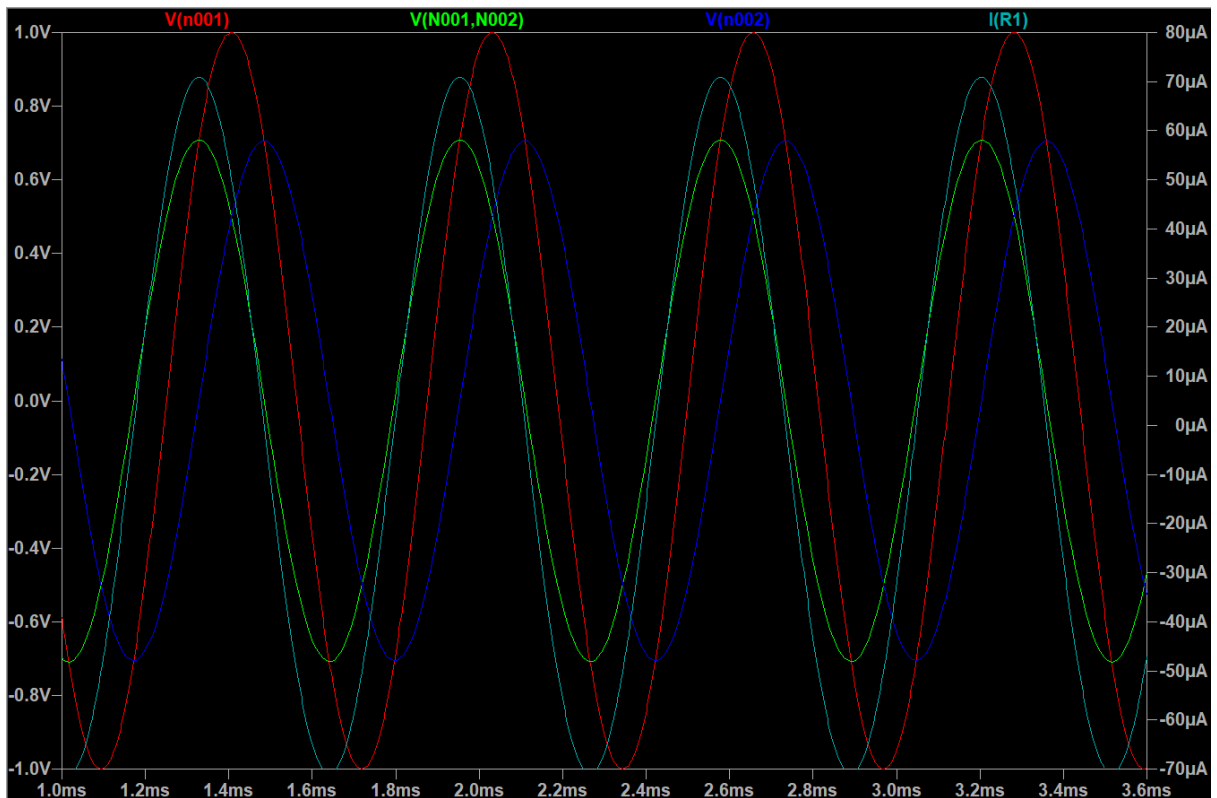
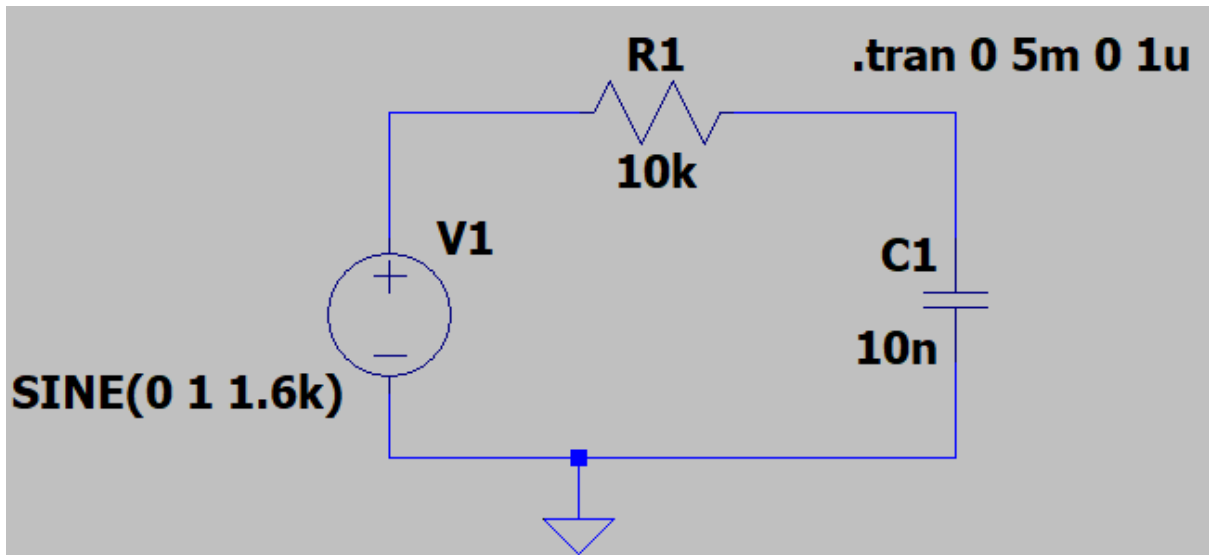
3. Para las condiciones del punto anterior, deduzca el valor de la frecuencia en la que se cumple $|X_C| = R$.

$$|X_C| = R = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$f = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$f = \frac{1}{2\pi(10 \cdot 10^3)(10 \cdot 10^{-9})} \approx \frac{1}{2\pi \cdot 10^{-4}} \approx 1.6 \text{ kHz}$$

4. Simule el circuito con los valores anteriores y obtenga las gráficas para V_f , V_C , V_R e I del circuito. Obtenga las gráficas utilizando el mismo sistema de referencia de manera que se pueda observar el desfase entre las mismas.



5. Calcule la reactancia inductiva X_L para el circuito de la figura 10.4 con $L = 100 \text{ mH}$, suponiendo $f = 2,5 \text{ kHz}$.

$$X_L = 2\pi fL$$

$$X_L = 2\pi(2500)(0.1) \approx 1.57 \text{ k}\Omega$$

6. Si la resistencia en este circuito es de $2,7 \text{ k}\Omega$ calcule la tensión pico en cada uno de los elementos, para una tensión de 4 Vp en la fuente, con una frecuencia $f = 2,5 \text{ kHz}$.

Impedancia total

$$|Z| = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{2700^2 + 1570^2} \approx 3123\Omega$$

Tensión en la resistencia [Vp]

$$V_R = V_f \frac{R}{|Z|} = 4\left(\frac{2700}{3123}\right) \approx 3.46 \text{ V}$$

Tensión en la bobina [Vp]

$$V_L = V_f \frac{X_L}{|Z|} = 4\left(\frac{1570}{3123}\right) \approx 2.01 \text{ V}$$

7. Explique qué sucede si se incrementa la frecuencia a $f = 5 \text{ kHz}$ y se mantienen las demás condiciones. Calcule nuevamente la reactancia inductiva y la tensión pico en cada uno de los elementos con esta nueva frecuencia.

Al duplicar la frecuencia, aumenta también la reactancia inductiva, esto hace que la caída en el inductor aumente y la de la resistencia disminuya.

Impedancia total (a una frecuencia de 5 kHz)

$$X_L = 2\pi(5000)(0.1) \approx 3140\Omega$$

$$|Z| = \sqrt{2700^2 + 3140^2} \approx 4140\Omega$$

Tensión en la resistencia [Vp] (a una frecuencia de 5 kHz)

$$V_R = V_f \frac{R}{|Z|} = 4 \left(\frac{2700}{4140} \right) \approx 2.61 V$$

Tensión en la bobina [Vp] (a una frecuencia de 5 kHz)

$$V_R = V_f \frac{X_L}{|Z|} = 4 \left(\frac{3140}{4140} \right) \approx 3.03 V$$

4. Equipo y Materiales

Cantidad	Descripción
1	Generador de funciones
1	Multímetro digital
1	Osciloscopio
1	Protoboard
1	Resistencia de 1k, 2.7k, 27k
	Condensadores de 4.7 nF, 10 nF, 15 nF, 22 nF
	Bobina de 100mH o 1H
	Conectores de tipo BNC
	Papel milimétrico

5. Procedimiento

1. Obtenga el valor de la reactancia capacitiva del circuito de medición en la figura 10.1 con $R = 1 \text{ k}\Omega$, $C = 10 \text{ nF}$, y $F = 4 \text{ kHz}$, y compare con la magnitud de la resistencia de medición.

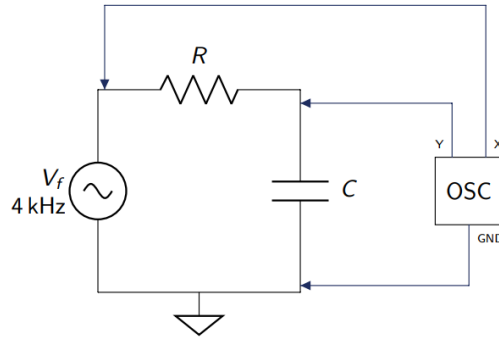


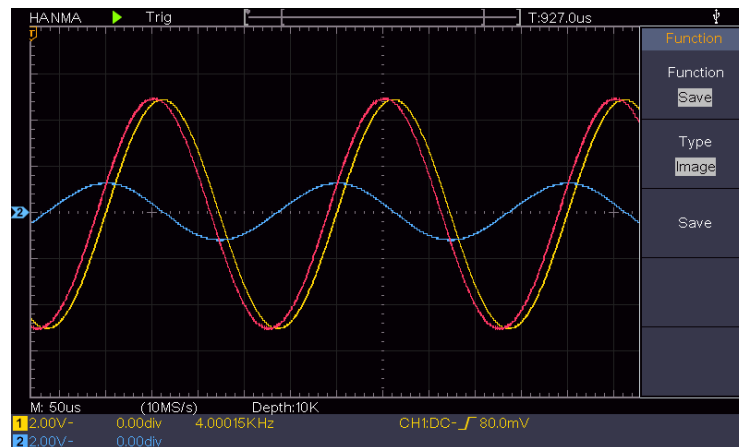
Figura 10.1: Circuito de medición de reactancia capacitiva.

2. Para el circuito de la figura 10.1, ajuste los valores pico de la fuente de tensión a los indicados en la tabla 10.1, con una frecuencia de 4 kHz. Mida y anote los valores pico solicitados. Cambie la conexión de medición con osciloscopio ilustrada, para poder medir simultáneamente V_R y V_C , teniendo las previsiones eléctricas del caso.

Tabla 10.1: Medición de parámetros para el circuito de la figura 10.1

V_f [V_p]	V_C [V_p]	V_R [V_p]	I_C [mA_p]
1	0.98	0.27	0.27
2	1.95	0.51	0.51
3	2.93	0.78	0.78
4	3.90	1.05	1.05
5	4.55	1.33	1.33

3. Observe la forma de onda de la corriente y de la tensión en el condensador. Dibuje cada una de ellas, en fase correcta una debajo de otra para $V_f = 5 V_p$.



4. Para el circuito de medición en la figura 10.2, mida y anote los valores pico de la corriente en un condensador para diferentes valores de capacitancia, utilizando un valor pico de tensión en la fuente constante de 4 V_p y una frecuencia de 4 kHz . Complete la tabla 10.2. Cambie la conexión de medición con el osciloscopio de acuerdo a la conveniencia y teniendo las previsiones eléctricas del caso.

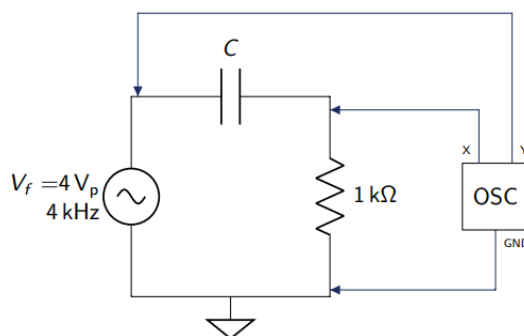


Figura 10.2: Circuito de medición con reactancias capacitivas variables.

Tabla 10.2: Medición de parámetros para el circuito de la figura 10.2

$C\text{ [nF]}$	$V_C\text{ [V}_p\text{]}$	$V_R\text{ [V}_p\text{]}$	$I_C\text{ [mA}_p\text{]}$
4,7	4.06	0.51	0.51
10	3.98	0.98	0.98
15	3.75	1.56	1.56
22	5.52	1.99	1.99

5. Con el circuito en la figura 10.3, realice las mediciones de los valores pico de tensión y corriente indicados en la tabla 10.3, para una tensión pico de 5 V y una capacitancia de 22 nF . Cambie la conexión de medición con el osciloscopio de acuerdo a la conveniencia y teniendo las previsiones eléctricas del caso.

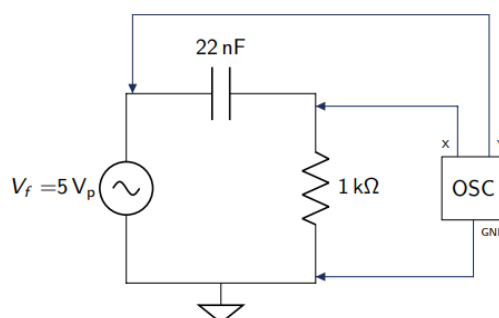


Figura 10.3: Circuito de medición de reactancia capacitiva con distintas frecuencias de entrada.

Tabla 10.3: Medición de parámetros para el circuito de la figura 10.3

f [kHz]	V_R [mV _p]	I_c [mA _p]
1,0	0.74	0.74
1,5	1.09	1.09
2,0	1.41	1.41
2,5	1.72	1.72
3,0	2.03	2.03
3,5	2.26	2.26
4,0	2.50	2.50
4,5	2.73	2.73
5,0	2.89	2.89

6. Arme el circuito de medición de la figura 10.4. Utilice una inductancia de 100 mH ó 1 H y una resistencia de 2,7 kΩ ó 27 kΩ.

7. Ajuste los valores pico de la fuente de tensión a los indicados en la tabla 10.4, con una frecuencia de 4 kHz. Mida y anote los valores pico solicitados utilizando el osciloscopio. Cambie la conexión de medición con el osciloscopio de acuerdo a la conveniencia y teniendo las previsiones eléctricas del caso.

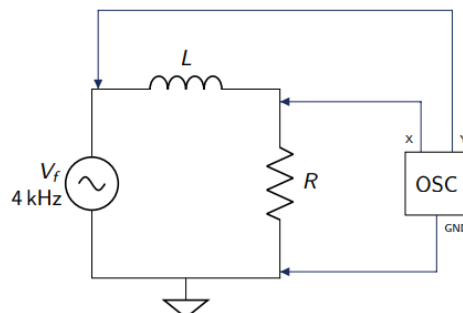


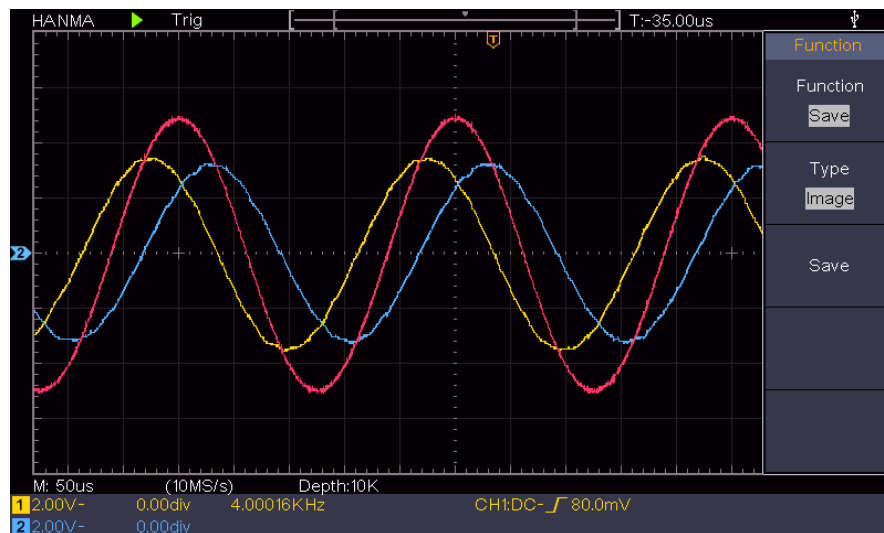
Figura 10.4: Circuito de medición de reactancia inductiva con distintas tensiones de entrada.

Tabla 10.4: Medición de parámetros para el circuito de la figura 10.4

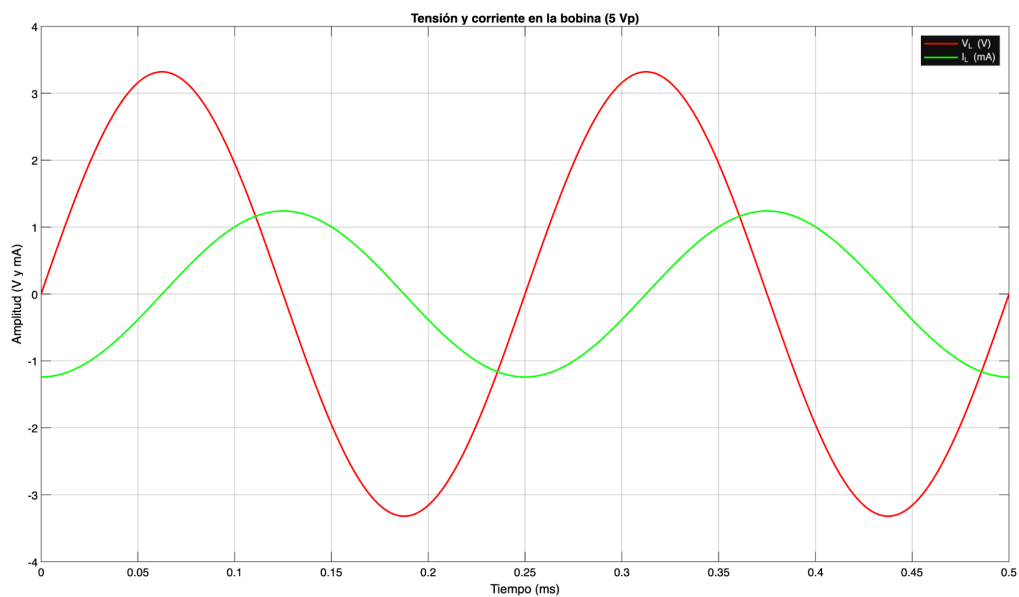
$V_f [V_p]$	$V_L [V_p]$	$V_R [V_p]$	$I_L [mA_p]$
1	0.664	0.703	0.26
2	1.33	1.33	0.49
3	1.95	1.99	0.74
4	2.66	2.66	0.98
5	3.32	3.36	1.24

8. Observe la forma de onda de la corriente y de la tensión en la bobina. Dibuje cada una de ellas, en fase correcta una debajo de otra para $V_f = 5 V_p$.

Tensiones del circuito



Corriente y Tensión en el Inductor



9. Con el circuito de la figura 10.5, realice las mediciones de los valores pico de tensión en la resistencia y de corriente en la bobina, para las frecuencias indicadas en la tabla 10.5, para una tensión pico de 5 V y una inductancia de 100 mH ó 1 H. Cambie la conexión de medición con el osciloscopio de acuerdo a la conveniencia y teniendo las previsiones eléctricas del caso.

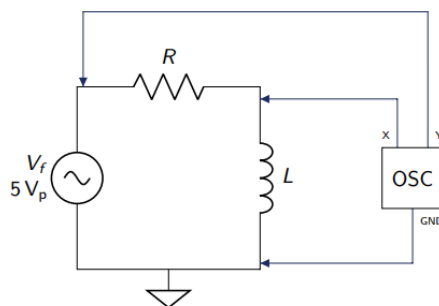


Figura 10.5: Circuito de medición de reactancia inductiva con distintas tensiones de entrada.

Tabla 10.5: Medición de parámetros para el circuito de la figura 10.5

f [kHz]	V_R [V]	I_L [mA _p]
1,0	4.41	1.63
1,5	4.23	1.57
2,0	4.14	1.53
2,5	3.95	1.46

3,0	3.75	1.39
3,5	3.63	1.34
4,0	3.47	1.28
4,5	3.20	1.18
5,0	3.08	1.14

6. Evaluación

6.1. Reactancia Capacitiva

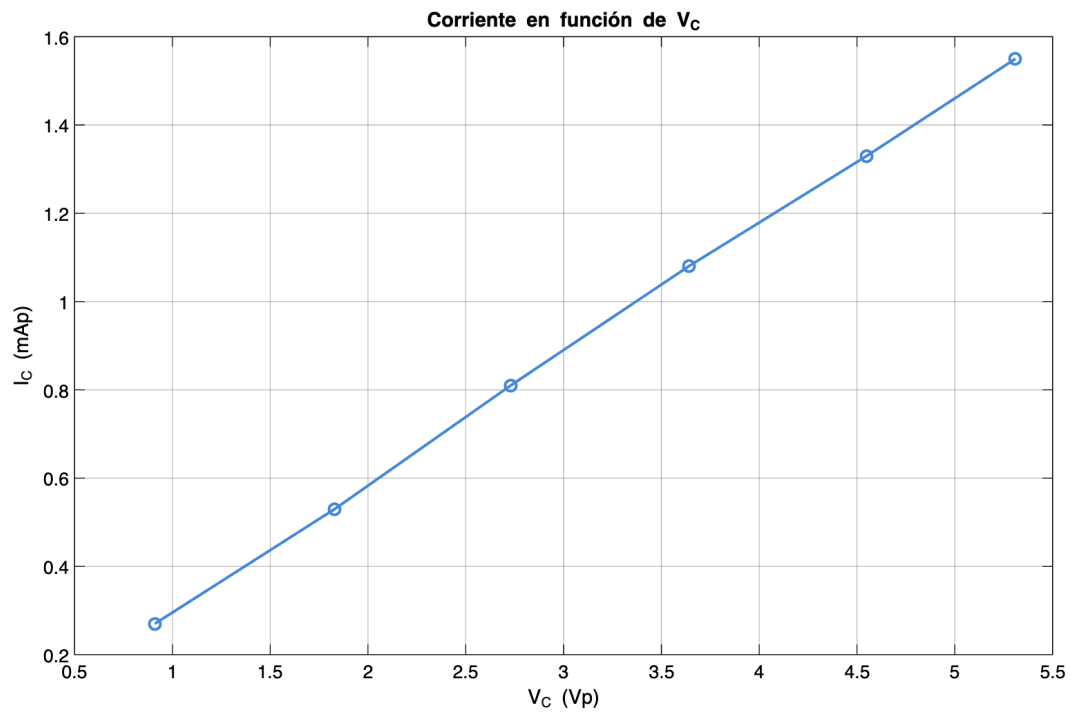
1. Compare las magnitudes de las tensiones en el punto 2 del procedimiento. ¿Qué porcentaje de V_f constituyen las tensiones V_C y V_R ? ¿Qué relación tiene ello con el valor de X_C y R ?

En toda la tabla se ve que la tensión en el capacitor es casi igual a la de la fuente (entre un 90 % y un 98 %), mientras que la tensión en la resistencia se mantiene alrededor de una cuarta parte de la fuente (25–27 %). Esto ocurre porque, con la frecuencia usada, el capacitor tiene una oposición al paso de corriente mucho mayor que la resistencia. Al estar en serie, el condensador recibe casi toda la tensión.

2. Compare y analice las formas de onda para la tensión y la corriente en el condensador obtenidas en el punto 3 del procedimiento.

La onda de V_C es casi igual a la de la fuente en forma y amplitud. La corriente I_C (equivalente a $V_R/1$) tiene una amplitud mucho menor y está adelantada respecto a V_C por el desfase característico del capacitor. Mientras V_C sigue casi en fase con la fuente, I_C ocurre antes en el tiempo, mostrando claramente el adelanto en noventa grados de la corriente respecto a la tensión en un circuito RC en serie.

3. Con los datos en la tabla 10.1, haga el gráfico de corriente en función de la tensión en el condensador, para frecuencia y capacitancia constante.



4. Deduzca la relación matemática entre la corriente y la tensión en el condensador según el punto 3 de la evaluación.

Se observa que son directamente proporcionales, por medio del gráfico, por lo tanto:

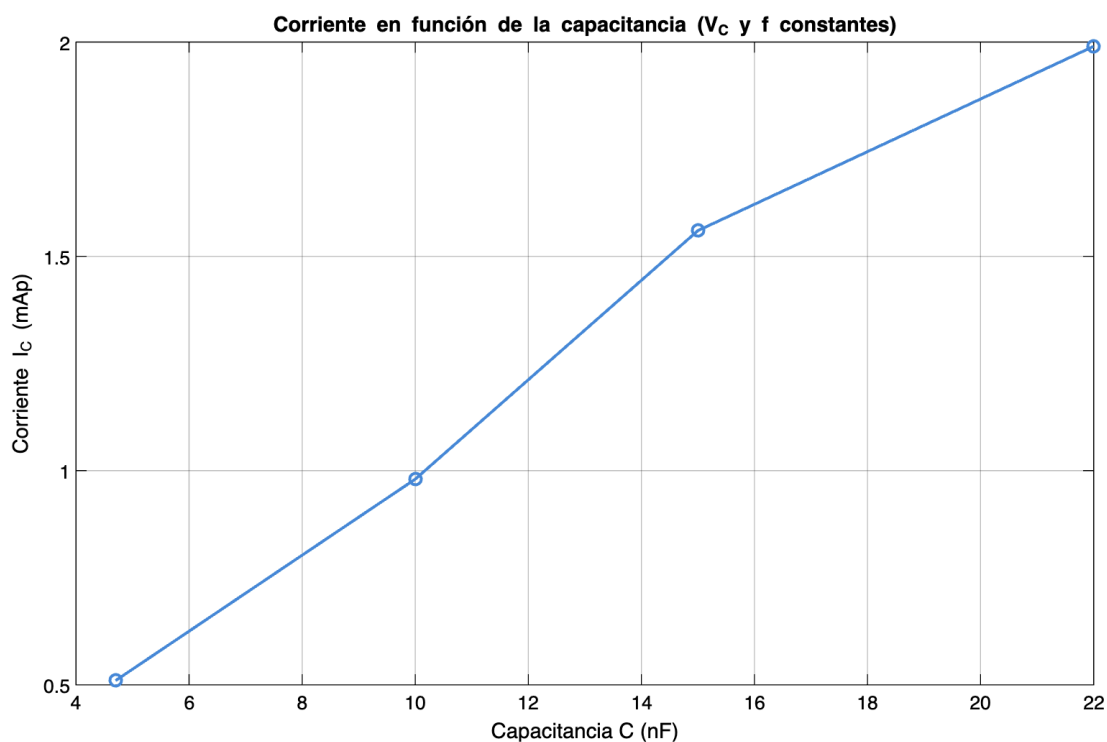
$$i_c(t) = C \frac{dV_c(t)}{dt}$$

$$i_c(t) = \omega C V_c \cos(\omega t)$$

Analizando del gráfico en valores de voltaje pico:

$$I_c = \omega C V_c$$

5. Según los datos del punto 4 del procedimiento, realice el gráfico de la corriente en función de la capacitancia para tensión en el condensador y frecuencia constantes.



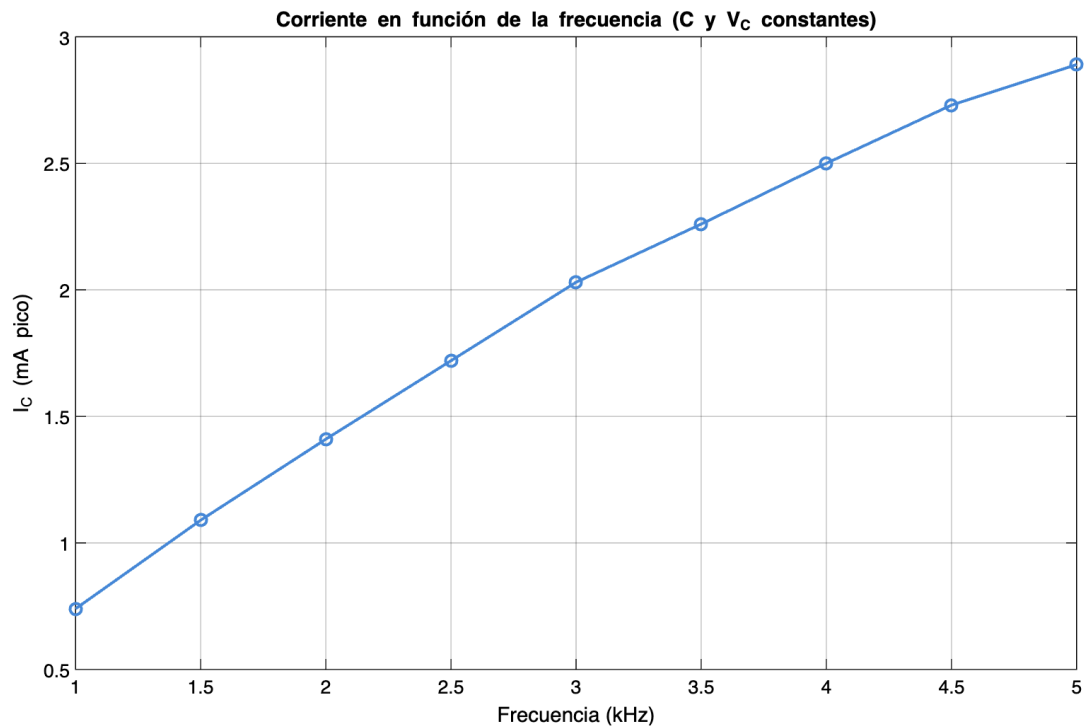
6. ¿Cuál es la relación matemática entre la corriente y la capacitancia, según el punto 5 de la evaluación?

Manteniendo frecuencia y tensión constantes, se observa del gráfico un comportamiento aproximadamente proporcional, de esta forma podemos modelar la corriente como:

$$I_C = \omega V_C \cdot C$$

donde el factor que multiplica a C representa a la pendiente de la recta del gráfico del inciso anterior.

7. De acuerdo con los datos del punto 5 del procedimiento, dibuje un gráfico de la corriente en función de la frecuencia para capacitancia y tensión del condensador constantes.



8. Obtenga la relación matemática entre la corriente y la frecuencia en el condensador según el punto 7 de la evaluación.

$$I_C = \omega C V_C$$

$$I_C = 2\pi C V_C \cdot f$$

con el factor que multiplica a la frecuencia constante, la corriente crece en forma lineal conforme aumenta la frecuencia.

9. ¿Cuáles son sus conclusiones sobre las relaciones empíricas encontradas en los puntos anteriores de la evaluación?

Las relaciones empíricas obtenidas coinciden completamente con el modelo teórico del capacitor. En todos los casos analizados se obtuvo un comportamiento lineal: la corriente aumenta proporcionalmente con la tensión en el condensador, con la capacitancia y con la frecuencia. Esto refleja directamente que la magnitud de la corriente viene dada por $I_C = \omega C V_C$. Además, las formas de onda verifican el desfase esperado: la corriente siempre adelanta a la tensión del capacitor en 90 grados.

10. ¿Cuál es la relación existente entre la tensión y la corriente en un condensador? ¿Cómo se denomina este parámetro? ¿Cuál es su unidad? ¿Cómo se denomina el inverso de este parámetro? ¿Cuál es su unidad?

La tensión y la corriente en un condensador están relacionadas por $i_c = C \frac{dv}{dt}$, y para señales senoidales sus amplitudes cumplen $I_c = \omega C V_c$. El parámetro que vincula ambas magnitudes es la reactancia capacitiva, y mide la oposición al paso de corriente y cuya unidad es el ohmio [Ω]. El inverso de este parámetro se denomina susceptancia capacitiva, que expresa la facilidad de conducción del condensador y cuya unidad es el siemens [S].

11. Establezca y analice la Ley de Ohm aplicada para un condensador en corriente alterna senoidal.

En un condensador que recibe una señal senoidal, la relación entre tensión y corriente se describe mediante su impedancia capacitiva. La corriente adelanta 90° a la tensión y su magnitud depende de la frecuencia. La Ley de Ohm se expresa como $V = I \times Z_c$ usando la impedancia en lugar de la resistencia.

Partiendo de que: $I_c = \omega C V_c$

$$Z_c = \frac{V}{I} = \frac{1}{j\omega C}$$

$$V = I Z_c$$

6.2. Reactancia Inductiva

1. Compare las magnitudes de las tensiones en el punto 7 del procedimiento. ¿Qué porcentaje de V_f constituyen las tensiones V_L y V_R ? ¿Qué relación tiene ello con el valor de X_L y R ?

V_L representa aproximadamente entre un 65–67 % de V_f ,

V_R representa aproximadamente entre un 67–70 % de V_f .

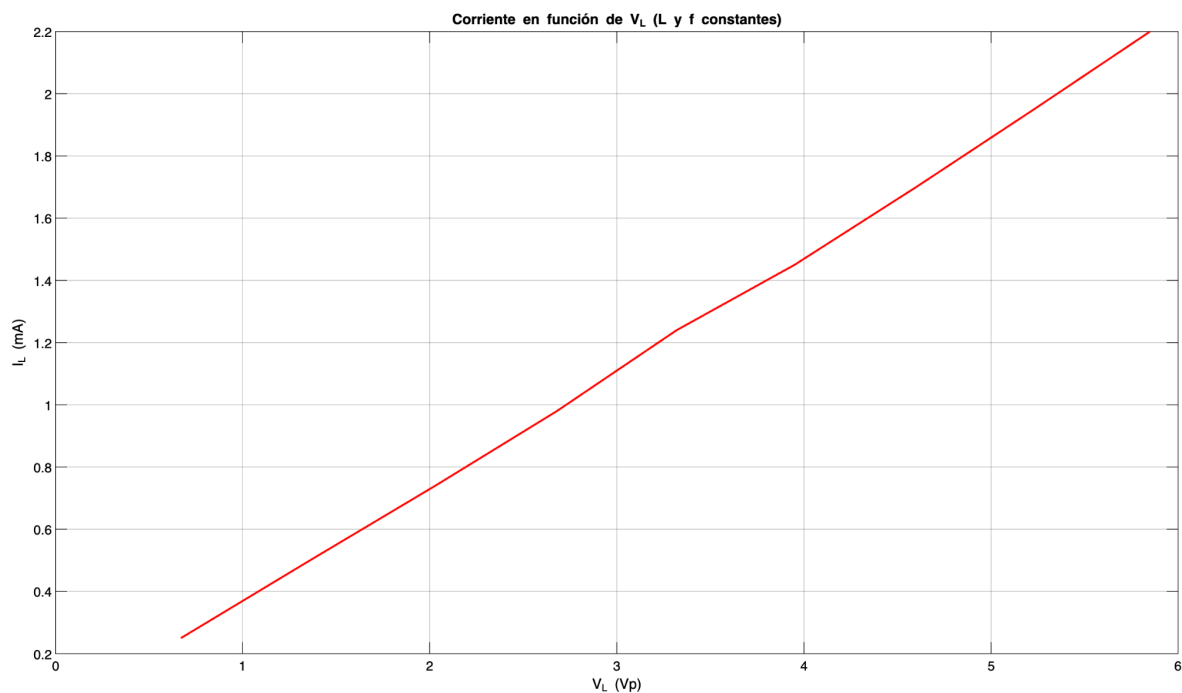
Es decir, ambos elementos tienen un porcentaje similar con respecto a V_f , con una caída levemente mayor en la resistencia. Esto es coherente con que, a 4 kHz y $L = 100$ mH, la

reactancia inductiva X_L y R tienen valores muy parecidos, debido a esto las tensiones V_L y V_R también resultan muy similares, siendo V_R algo mayor porque R es mayor que X_L .

2. Compare y analice las formas de onda para la tensión y la corriente en la bobina obtenidas en el punto 8 del procedimiento.

Es posible observar el desfase de noventa grados que hay ya que la tensión en el inductor se adelanta a la corriente. En cuanto a los valores de la amplitud de las ondas varía debido al valor de la resistencia que disminuye la corriente.

3. Con los datos de la tabla 10.4, haga el gráfico de corriente en función de la tensión en la bobina, para frecuencia e inductancia constante.



4. Deduzca la relación matemática entre la corriente y la tensión en la bobina según el punto anterior.

$$v_L(t) = L \frac{di(t)}{dt}$$

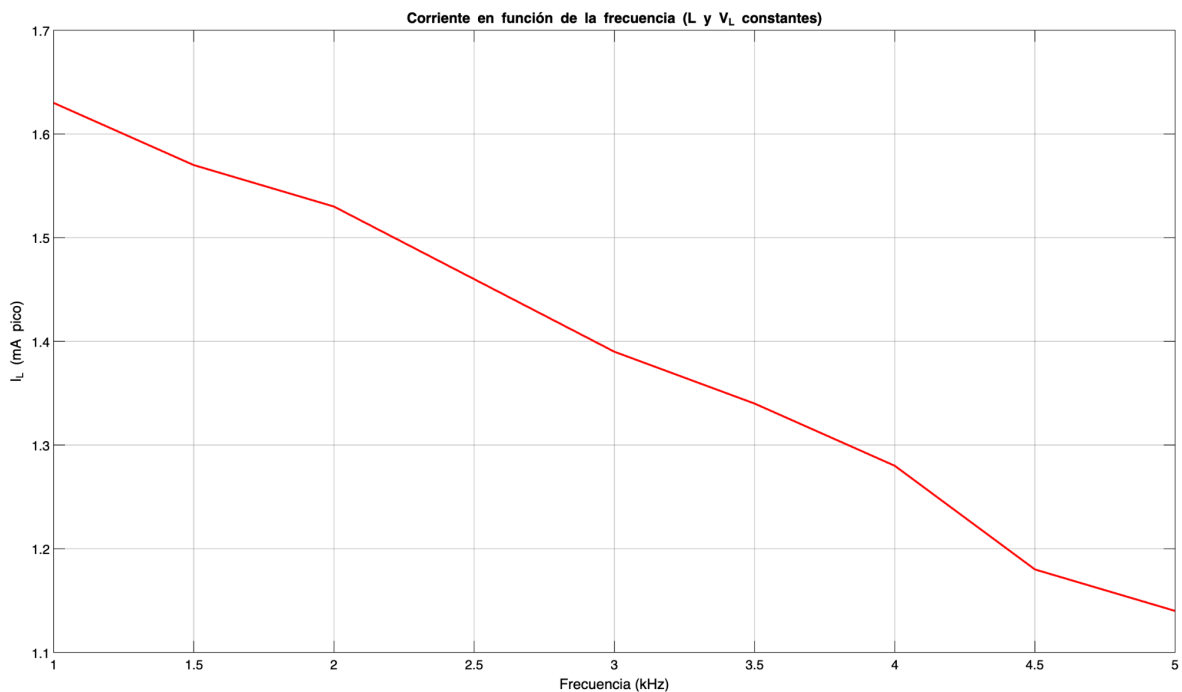
$$v_L(t) = \omega L I \cos(\omega t)$$

trabajando en valores pico:

$$V = \omega L I$$

$$I = \frac{1}{\omega L} \cdot V_L$$

5. De acuerdo con los datos del punto 9 del procedimiento, dibuje un gráfico de la corriente en función de la frecuencia para inductancia y tensión de la bobina constantes.



6. Obtenga la relación matemática entre la corriente y la frecuencia en la bobina según el punto anterior.

Partiendo de:

$$I_L = \frac{1}{\omega L} \cdot V_L$$

$$I_L = \frac{V_L}{2\pi L} \cdot \frac{1}{f}$$

7. ¿Qué concluye de los puntos anteriores?

Podemos concluir que la corriente en el inductor es inversamente proporcional a la frecuencia en un circuito RL en serie

8. ¿Cuál es la relación existente entre la tensión en la bobina y la corriente en la misma? ¿Cómo se denomina este parámetro? ¿Cuál es su unidad? ¿Cómo se denomina el inverso de este parámetro? ¿Cuál es su unidad?

La tensión en la bobina y la corriente están relacionadas por $I_L \omega L = V_L$, lo que significa que CA, la tensión es proporcional a la corriente a través de la reactancia inductiva. Este parámetro se denomina reactancia inductiva y se mide en ohmios. Su inverso se llama susceptancia inductiva y su unidad es el siemens.

9. Establezca y analice la Ley de Ohm aplicada para una bobina en corriente alterna senoidal.

En una bobina que recibe una señal senoidal, la relación entre tensión y corriente se describe mediante su impedancia inductiva. La tensión se adelanta 90° a la corriente y su magnitud depende de la frecuencia. La Ley de Ohm se expresa como $V = I \times Z_L$ usando la impedancia inductiva en lugar de la resistencia.

Partiendo de que: $I_L = \frac{1}{\omega L} \cdot V_L$

$$Z_L = \frac{V_L}{I_L} = j\omega L$$

$$V = I Z_L$$

7. Bibliografía

- C. K. Alexander, M. N. O. Sadiku, "Fundamentos de circuitos eléctricos", McGraw-Hill.
- R. C. Dorf, J. A. Svoboda, "Introduction to electric circuits", John Wiley & Sons
- GeeksforGeeks. (2024, 4 febrero). *Difference between Inductive Reactance and Inductance*. GeeksforGeeks.
https://www-geeksforgeeks-org.translate.goog/physics/difference-between-inductive-reactance-and-inductance/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc&_x_tr_hist=true
- *Resistance, Reactance, and Impedance*. (s. f.). Control.com.
<https://control.com/textbook/ac-electricity/resistance-reactance-and-impedance/>
-