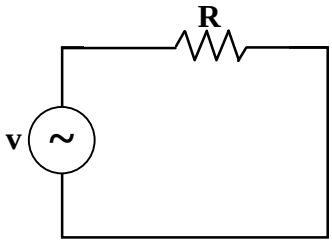
Práctico de Laboratorio N° 3

Circuito RC Serie: Medidas de tensión y corriente, Diferencia de fase, Diagramas de fase.

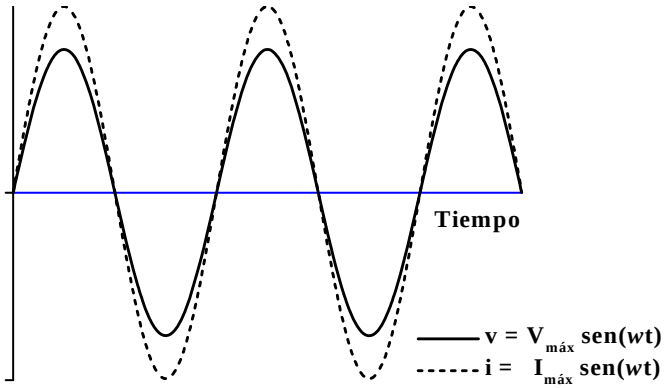
Objetivos:
1. Medir experimentalmente la diferencia de fase entre V_R y V_C en un circuito serie RC.
2. Medir el ángulo de fase entre la tensión aplicada V y la corriente i en un circuito serie RC.

I) Introducción teórica.

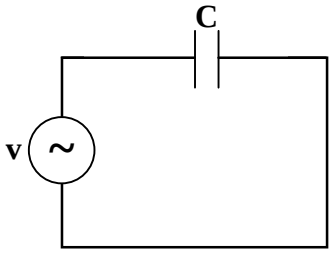
a) Relación de fase entre la tensión aplicada y la corriente en un circuito resistivo puro.‡



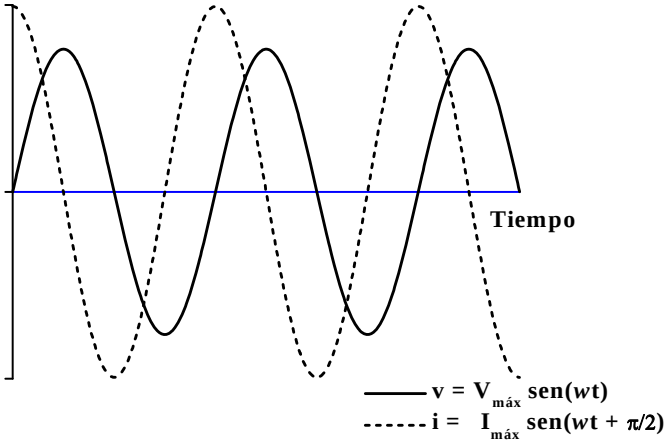
En un circuito resistivo puro, la tensión y la corriente están en fase.



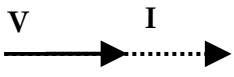
b) Relación de fase entre la tensión aplicada y la corriente en un circuito capacitivo puro.



En un circuito capacitivo puro, la tensión atrasa 90° respecto de la corriente.

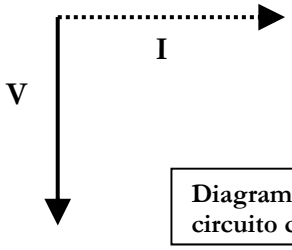


Los diagramas de fase para un circuito resistivo puro y uno capacitivo puro son, respectivamente:



$V_R = IR$

Diagrama de Fase para un circuito resistivo puro.



$V_C = IX_C$

$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$

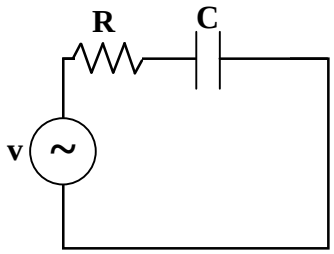
Diagrama de Fase para un circuito capacitivo puro.

c) Relación de fase entre la tensión aplicada y la corriente en un circuito RC serie.

---

‡ **Ver apuntes de Teoría.**

Ahora la diferencia de fase entre la corriente y la tensión tomará un valor intermedio entre 0° (resistivo puro) y 90° (capacitivo puro).



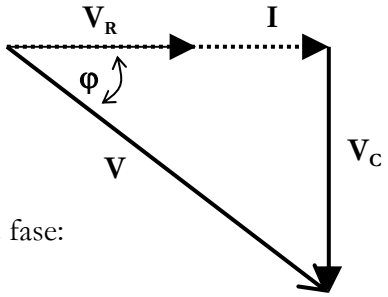
La caída de tensión en cada elemento está dada por:

$$\mathbf{V_R = IR}$$
$$\mathbf{V_C = IX_C}$$

Y la tensión total es:

$$\mathbf{V = V_R - j\, V_C}$$

Diagrama de fase:



La corriente i, es la misma en todo el circuito serie, por consiguiente el vector corriente se toma como referencia cuando se consideran las relaciones de fase entre V_R, V_C y V. Como en una resistencia la corriente y la tensión están en fase, la tensión V_R está representada por un vector que tiene el mismo origen y es paralela al vector corriente (desfasaje cero). Pero la tensión en un capacitor (vector V_C) está atrasada 90° respecto de la corriente I. Es pues, evidente que V_C está retrasado de V_R en 90°.

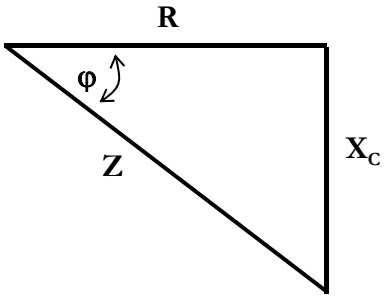
V es la suma vectorial de $V_C + V_R$, se ve que el valor (módulo) de V es la hipotenusa de un triángulo rectángulo cuyos catetos son V_R y V_C, entonces aplicando el Teorema de Pitágoras:

$$V = \sqrt{V_R^2 + V_C^2}$$

y el ángulo φ, es decir, la diferencia de fase en que está atrasada la tensión aplicada respecto de la corriente es:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{V_C}{V_R}$$

Cómo se vio en teoría, otra forma de calcular φ, es a través del triángulo de impedancias:



$Z = R - jX_C$, entonces:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} \quad \text{y} \quad \varphi = \operatorname{arctg}\frac{X_C}{R}$$

Pregunta 1:

a) ¿Qué ocurre con φ, si $R >> X_C$?

b) ¿Y si $R << X_C$?

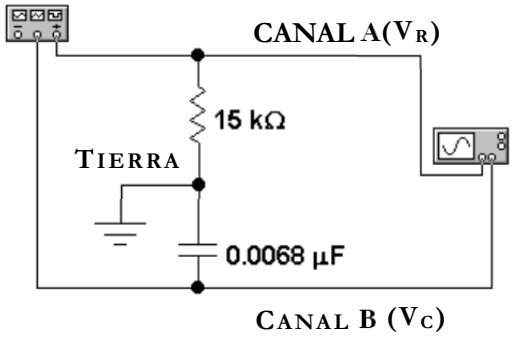
Pregunta 2

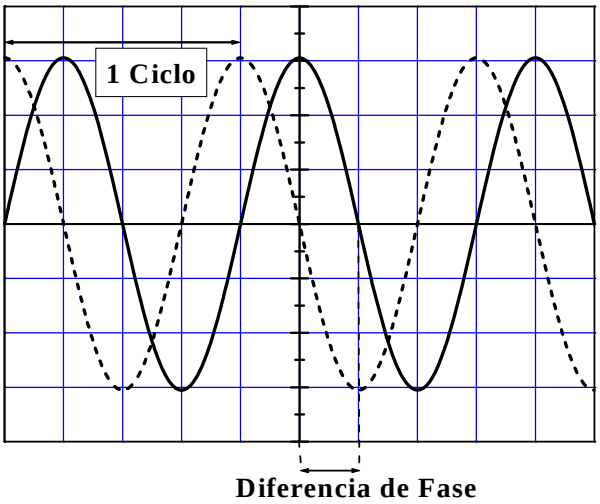
Para un capacitor dado, ¿Cómo se puede lograr que X_C aumente o disminuya?

Parte Experimental:

Elementos necesarios: 1 osciloscopio (de dos canales), 1 generador de onda sinusoidal, 2 puntas de prueba, 1 resistencia de 15 KΩ y 1 capacitor de 0.0068 μF.

Arme el circuito de la Fig. 1 y aliméntelo con una señal senoidal de 1KHz. y de una V_{eficaz} = 5V, observe la diferencia de fase entre V_R y V_C . Grafique las 2 señales y mida la diferencia de fase. Tenga cuidado con la polaridad de las puntas. (El símbolo **Tierra** indica donde debe colocarse la tierra de las puntas).





En la gráfica se observa un ejemplo, en donde el ciclo de la señal corresponde a 4 divisiones, por lo que cada división representa 90°. En este caso la diferencia de fase entre las 2 señales es de:1 div x 90°/div = 90°.

Pregunta 3:

a) Para el circuito de la Fig.1 ¿Cuál es el valor de la reactancia capacitiva del circuito?
b) Realice el triángulo de impedancia. ¿Cuánto vale Z?
c) Un circuito serie RC es capacitivo puro si la relación $X_C/R>10$. ¿Cuánto tendría que valer la frecuencia en este circuito para cumplir dicha condición?
d) Calcule con que valor de *f,* la V_R y la V_C tendrían aproximadamente el mismo valor.

Pregunta 4:

Usando la frecuencia calculada en el último punto. ¿Cuánto vale en este caso la diferencia de fase, entre la corriente y la tensión aplicada?

1. Alimente el circuito con esta frecuencia y verifique que V_R y la V_C son de igual amplitud (aproximadamente). Anote el valor medido.
2. Con el circuito de la Fig. 2 y la frecuencia calculada (Pregunta 3d) mida el desfasaje entre V e i.

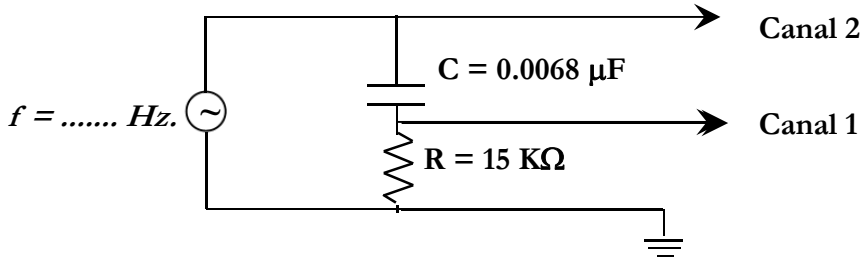


Fig. 2

En el Canal 1, se mide V_R, pero esta cantidad es proporcional a i.
En el Canal 2, se mide V, la tensión aplicada.

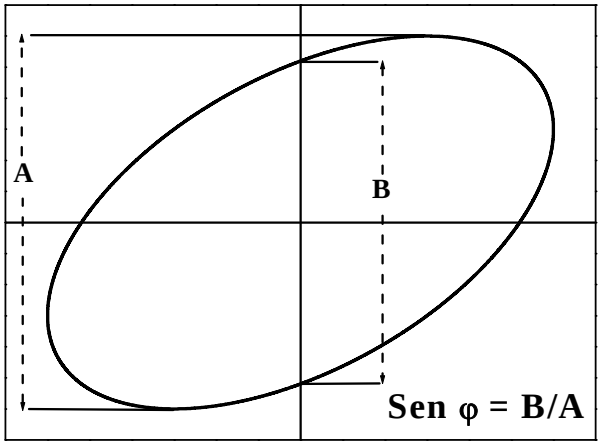
Como vimos, la tensión V_R entre los extremos de R en el circuito está en fase con la corriente i. De aquí que, midiendo el ángulo de fase entre V_R (canal 1)y la tensión aplicada V (canal 2), lo que hacemos realmente es medir el ángulo de fase entre la tensión aplicada y la corriente.

Para medir con mayor precisión, uno puede poner la magnificación del barrido en **X10**.(Para activar esto, tire hacia fuera la perilla: ***position*** ◀ ▶ ***PULL x10MAG***). Pruebe esto último y mida nuevamente la diferencia de fase.
Ahora mida directamente el valor de V en el osciloscopio y efectúe el diagrama de fase correspondiente. (V_R, V_C y V). Compare el ángulo de fase obtenido con el medido anteriormente. ¿Son aproximadamente iguales?

Medición del ángulo de fase por medio de las Figuras de Lissajous.

Otro método empleado para medir diferencia de fases es el Método de Lissajous[§]. Utilizando este método mida la diferencia de fase entre V e i, y compare con el valor obtenido en el punto anterior.

La Figura muestra como se puede determinar el ángulo de fase φ. La Figura debe estar centrada en los ejes X e Y del osciloscopio



Este método determinará la diferencia de fase si se cumplen las siguientes condiciones:

1. La frecuencia de las dos señales debe ser la misma
2. La amplitud de las dos señales debe ser la misma. Si no son de la misma amplitud, los controles de ganancia vertical y horizontal del osciloscopio se deben ajustar para obtener las mismas desviaciones vertical y horizontal.
3. La forma de onda debe estar perfectamente centrada.

Acoplamiento de la entrada

Se trata de un conmutador de tres posiciones que conecta electricamente a la entrada del osciloscopio la señal exterior. El acoplamiento DC deja pasar la señal tal como viene del circuito exterior (es la señal real). El acoplamiento AC bloquea mediante un condensador la componente continua que posea la señal exterior.El acoplamiento GND desconecta la señal de entrada del sistema vertical y lo conecta a masa, permitiendonos situar el punto de referencia en cualquier parte de la pantalla (generalmente el centro de la pantalla cuando se trabaja con una sola señal).

- Identifique la llave que controla el acoplamiento de entrada y compruebe el efecto del mismo. Para esto use el generador de ondas (sólo en el 8110) y vea que pasa cuando le introduce a la señal de entrada senoidal una componente en continua. Vea que pasa cuando el acoplamiento está en DC o AC.

En el informe detalle el efecto del acoplamiento y explique **Por qué** el acoplamiento capacitivo bloquea la continua.

Apéndice - Figuras de Lissajous

§ **Ver Apéndice**

Información Preliminar

A continuación, presentaremos las denominadas *figuras de Lissajous*, estas se observan en la pantalla de un osciloscopio cuando se aplican tensiones senoidales de la misma o de distinta frecuencia a las placas deflectoras vertical y horizontal, es decir, cuando superponemos dos movimientos armónicos simples♦ perpendiculares[1] entre si.

Los osciloscopios se emplean para medir como varía una dada tensión en función del tiempo. También se pueden emplear, como se vio en el Laboratorio anterior, utilizando la base de tiempo calibrada, para medir el *Período T,* de una señal. Una vez conocido el período, la *frecuencia f,* se la puede calcular a través de la siguiente relación:

$$f = \frac{1}{T}$$

Las ***Figuras de Lissajous*** constituyen otro medio muy conveniente para la **comparación entre frecuencias** que se encuentran en relaciones de valores comprendidos entre 0.1 y 10. Sin embargo, **debe restringirse su aplicación a frecuencias cuya relación sea el cociente entre números enteros** comprendidos entre dichos límites, a fin de evitar dificultades visuales en la observación (figuras móviles o difíciles de identificar). De esta manera, su aplicación principal, en lugar de ser la medición *directa* de cualquier frecuencia, es más bien la determinación de la *coincidencia* entre frecuencias conocidas y frecuencias que se desea medir.

Cuando se emplea esta técnica, el osciloscopio se conmuta a ***modo "XY"***, en este modo la base de barrido interna se desconecta (es decir, la tensión diente de sierra aplicada a las placas deflectoras horizontales es anulada). Luego:

1. Se aplica a la entrada horizontal (placas deflectoras horizontales) del osciloscopio una señal de un generador exactamente calibrado, que da la frecuencia f_H de referencia o patrón.
2. La señal cuya frecuencia f_V deseamos medir se aplica a la entrada vertical (placas deflectoras verticales) del osciloscopio.

La Figura resultante en general es móvil, y parece girar en uno u otro sentido**. La frecuencia f_H del generador de señal patrón se varía manualmente hasta que aparece una figura inmóvil en la pantalla. Esta es la llamada figura de Lissajous. La relación (razón aritmética) de las dos frecuencias se puede determinar inmediatamente por su figura característica. Una vez hallada esta razón, se puede calcular la frecuencia desconocida. Si las dos señales son ondas senoidales, las curvas de Lissajous son semejantes a las de la Fig.1. Como se observa las figuras dependen de la relación entre las frecuencia de las señales y de sus diferencias de fase.

♦ Recuerde de los cursos de Física que una partícula describe un Movimiento Armónico Simple (M.A.S.) cuando se mueve a lo largo del eje X, estando su posición *x* dada en función del tiempo *t* por la ecuación: $x(t)=A\text{sen}(\omega t + \varphi)$.

** Con una velocidad (en vueltas por segundo) igual a la diferencia entre las frecuencias en ciclos por segundo.

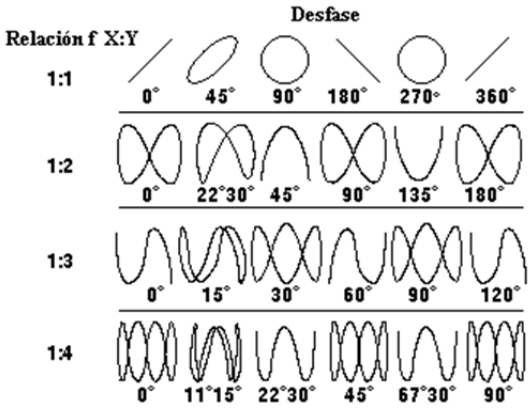


Fig.1: Figuras características de Lissajous.

Si las ondas senoidales tienen la misma frecuencia, es decir: $f_V = f_H$, la curva será alguna de la primer fila de la Fig. 1. Será una línea recta, si la diferencia de fase entre las dos señales es 0° ó 180°, una circunferencia si la diferencia es de 90° o una elipse con excentricidad variable. En la práctica las figuras pueden variar lentamente, tomando sucesivamente cada una de estas formas. La razón de esta variación es que la frecuencia del generador de señal se desliza lentamente, originando una variación de fase. La curva de la segunda fila de la Fig. 1 es característica de una relación 2 : 1, es decir:

$$\frac{f_V}{f_H} = 2 \qquad (f_V = 2f_H)$$

Aquí la frecuencia de la señal desconocida es el doble de la frecuencia patrón.

La relación de frecuencias se puede determinar trazando una tangente horizontal (H) y otra tangente vertical (V) a los bucles de la curva cerrada, y contando el número de puntos de tangencia (T_H) con la recta horizontal, y el número de puntos de tangencia (T_V) con la recta vertical se demuestra que la relación de las dos frecuencias es:

$$\frac{f_V}{f_H} = \frac{T_H}{T_V} \qquad \text{y} \qquad f_V = f_H \frac{T_H}{T_V}$$

Por ejemplo, en la Fig. 2, $T_H = 3$, $T_V = 2$ entonces:

$$f_V = f_H \frac{3}{2}$$

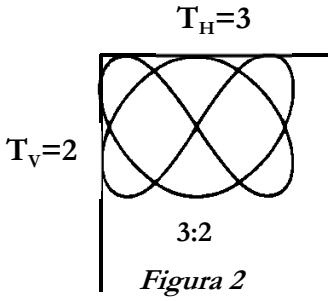


Figura 2