Determinación de la diferencia de fase entre dos señales

Objetivo. Mostrar cómo determinar experimentalmente la diferencia de fase entre dos señales eléctricas empleando un osciloscopio de dos canales.

Temáticas abordadas. Diferencia de fase, análisis de señales oscilatorias.

1. Cómo determinar una diferencia de fase

Consideremos dos señales unidimensionales armónicas, que asumiremos provienen de la medición de dos cantidades dependientes del tiempo: $x(t)$ e $y(t)$. Supongamos que sabemos que ambas señales oscilan temporalmente a una misma frecuencia, que denominaremos ω, pero con *a priori* diferentes amplitudes y con una diferencia de fase relativa que simbolizaremos mediante ϕ. Las expresiones analíticas que las describen son entonces:

$$x(t) = A \operatorname{sen}(\omega t) \, , \tag{1}$$
$$y(t) = B \operatorname{sen}(\omega t + \Delta\phi) \, . \tag{2}$$

Si conectamos estas señales de tensión a los canales 1 y 2 de un osciloscopio de doble traza funcionando en el *modo a base de tiempo*, las señales se verán en la pantalla según se muestra en la figura 1.

La diferencia de fase $\Delta\phi$ entre ambas señales está relacionada con la diferencia Δt entre dos máximos próximos de cada una de ellas mediante:

$$\Delta\phi = 2\pi \frac{\Delta t}{T}, \tag{3}$$

siendo T el período de las señales, que cumple $\omega T = 2\pi$. A partir de este dato, una forma de determinar $\Delta\phi$ sería medir Δt y T con suficiente precisión para así poder determinar $\Delta\phi$ empleando la última expresión.

Ahora bien, si las mismas señales se analizan con un osciloscopio de doble traza funcionando en el *modo XY*, lo que obtendremos es un gráfico similar al que se muestra en la figura 2. Lo que vemos representado en dicha figura es $y(t)$ en las ordenadas, en función de $x(t)$ en las abcisas. De esta representación resulta una curva que es el lugar geométrico descripto por las ecuaciones paramétricas (1) y (2). La curva que se obtiene -en el caso más general- es una elipse, con ejes que no caen *a priori* alineados con los ejes horizontal y vertical del osciloscopio.

Resulta sencillo observar que de las ecuaciones (1) y (2) que para $t = 0$, $x(0) = 0$ y $y(0) = B \operatorname{sen}(\Delta\phi)$. Esto implica entonces que del cociente entre el valor de y donde la elipse corta al eje vertical y el valor máximo de la señal y, obtenemos el valor del $\operatorname{sen}(\Delta\phi)$. Un análisis similar puede realizarse sobre el eje horizontal.

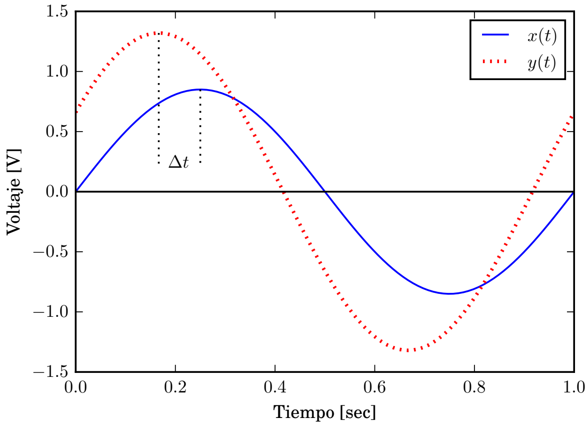

Figura 1. Representación de las señales $x(t)$ e $y(t)$ según se las observa en un osciloscopio en el *modo base de tiempo*.

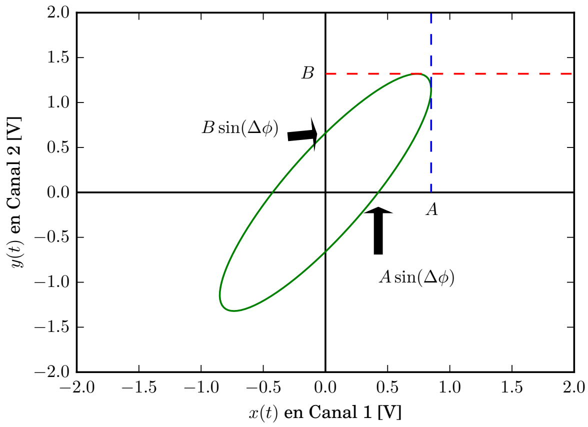

Figura 2. Esquema de las señales $x(t)$ e $y(t)$ vistas en el osciloscopio empleando el *modo XY* en el cual pueden observarse las magnitudes de interés para la determinación gráfica de la diferencia de fase $\Delta\phi$.

Si las señales se adquieren con un sistema de adquisición de datos asistido por computadora, recuerde medir las señales $x(t)$ e $y(t)$ por lo menos durante un período (y con suficiente frecuencia de adquisición), y luego represente gráficamente $y(x)$ para cada par de puntos obtenido.