

CIRCUITOS Y SISTEMAS I

Ingeniero Técnico de Telecomunicación
Especialidad en Sonido e Imagen

Práctica 2:

Introducción al manejo del osciloscopio

Prof.: Sonia Porta Cuéllar

1. Introducción

El osciloscopio es un instrumento electrónico de visualización gráfica usado para observar señales eléctricas variables en el tiempo. Sobre la pantalla, el eje de ordenadas representa la tensión eléctrica $v(t)$ y el eje de abscisas la variable tiempo t . Su uso está muy extendido entre ingenieros, científicos y técnicos, y entre sus múltiples aplicaciones se encuentran:

- Determinación directa del periodo y valor pico-pico de la señal visualizada.
- Determinación indirecta de la frecuencia, amplitud y valor eficaz de la señal.
- Separación de las componentes de continua (DC) y alterna (AC) en la señal.
- Medida de desfase entre dos señales.
- Localización de averías o errores en un circuito.

El osciloscopio es un instrumento clave en cualquier laboratorio de circuitos, y concretamente, para las prácticas que se desarrollen en la asignatura de Circuitos y Sistemas I. Por ello, esta segunda práctica pretende permitir al alumno una familiarización inicial con las diferentes técnicas de medida con este instrumento.

Los osciloscopios disponibles en el laboratorio son del modelo digital DSO3062A de Agilent Technologies. En la figura inferior se presenta una imagen del instrumento, así como una fotografía de una sonda.

Es importante recordar que, de los dos terminales que constituyen una sonda, el terminal del cocodrilo debe obligatoriamente conectarse a la referencia de tensión del circuito, es decir, a aquel nudo cuya tensión es de 0V (GND). Por eso el osciloscopio permite la representación y medida de lo que conocemos como “tensiones de nudo”.



Es fundamental aprovechar esta práctica para dominar el manejo del osciloscopio, aprender su funcionamiento, cómo realizar las diferentes medidas, cómo se conectan las sondas, la posición de los diferentes mandos para que la medida sea correcta, la adecuada selección de parámetros del menú, etc... Se trata de cuestiones sencillas pero que, si no se aprenden bien en esta práctica, pueden llevar a errores en prácticas posteriores.

Como la primera vez que se tiene contacto con este aparato es difícil recordar todos los mandos y funciones de que dispone, se recomienda al alumno que se prepare una pequeña lista, con todas las cosas que hay que tener en cuenta a la hora de hacer una medida, y que puede ser de gran utilidad en las prácticas siguientes.

2. Objetivos

Al final de esta práctica el alumno ha de ser capaz de:

- Utilizar correctamente un osciloscopio de doble canal, ajustando los controles del aparato para una visualización óptima en pantalla de la señal a medir.
- Medir los parámetros básicos de una señal periódica de baja frecuencia, como tensión eficaz, frecuencia, tiempo de subida y bajada, desfase con otra señal de la misma frecuencia, etc.
- Conocer la utilidad y la forma de calibrar sondas atenuadoras.

3. Fundamentos teóricos

3.1. Osciloscopios analógicos y digitales

Los equipos electrónicos pueden ser analógicos o digitales: los primeros trabajan con magnitudes continuas en el tiempo mientras que los segundos lo hacen con magnitudes discretas. Por ejemplo: un tocadiscos es un equipo analógico, mientras que un reproductor de Compact Disc es un equipo digital.

También los osciloscopios pueden ser analógicos o digitales. Los primeros trabajan directamente con la señal continua capturada por la sonda; señal que, una vez amplificada, desvía en sentido vertical el haz de electrones que se genera en un tubo de rayos catódicos (CRT), de modo que, en cada instante de tiempo, la desviación sea proporcional al valor de tensión eléctrica de la señal. En contraste, los osciloscopios digitales incorporan previamente un conversor analógico-digital, que sustituye la señal continua en el tiempo por una secuencia de muestras que son almacenadas digitalmente en la memoria, y con las cuales es posible la posterior reconstrucción de la información en pantalla.

Ambos presentan sus ventajas e inconvenientes. En general, los analógicos tienen mayor ancho de banda y permiten mejor visualización en tiempo real de señales periódicas con variaciones rápidas. Los digitales son preferibles cuando se quiere visualizar y medir eventos no repetitivos.

3.2. ¿Cómo funciona un osciloscopio analógico?

La figura 1 muestra un diagrama esquemático del funcionamiento de un osciloscopio analógico. La forma de onda que aparece reproducida en la pantalla es el resultado del impacto sobre la cara interior fluorescente de la misma de los electrones; electrones que son generados en el cátodo del tubo de rayos catódicos (CRT), desviados adecuadamente por los dos pares de placas de deflexión (vertical y horizontal) y acelerados contra la pantalla.

Cuando la sonda se conecta a un circuito, la señal de tensión capturada se dirige a la sección vertical, con cuyos mandos se puede atenuar o amplificar dicha señal. A la salida de este bloque se dispone de suficiente nivel para actuar sobre las placas de deflexión vertical, que son las encargadas de desviar verticalmente el haz de electrones. La desviación del haz es hacia arriba cuando la tensión eléctrica es positiva respecto al punto de referencia (GND) o hacia abajo, si la tensión eléctrica es negativa. En ambos casos, la desviación debe ser proporcional al nivel de señal adquirida.

La señal de salida de esta sección atraviesa la sección de disparo para, de esta forma, iniciar el barrido horizontal encargado de desplazar el haz de electrones desde el extremo izquierdo de la pantalla hasta el derecho en un intervalo de tiempo dado. Este trazado (recorrido de izquierda a derecha) se consigue aplicando el tramo ascendente de una onda de

diente de sierra a las placas de deflexión horizontal, donde las características de dicho tramo pueden ser ajustadas mediante el control de la base de tiempos. El retrazo (recorrido inverso de derecha a izquierda) se realiza de forma mucho más rápida con el tramo descendente del diente de sierra, y es apenas discernible para el ojo humano.

De esta forma, la acción combinada del trazado horizontal y de la deflexión vertical traza la gráfica de la señal sobre la pantalla del osciloscopio. La sección de disparo es necesaria para estabilizar la imagen de señales repetitivas o periódicas.

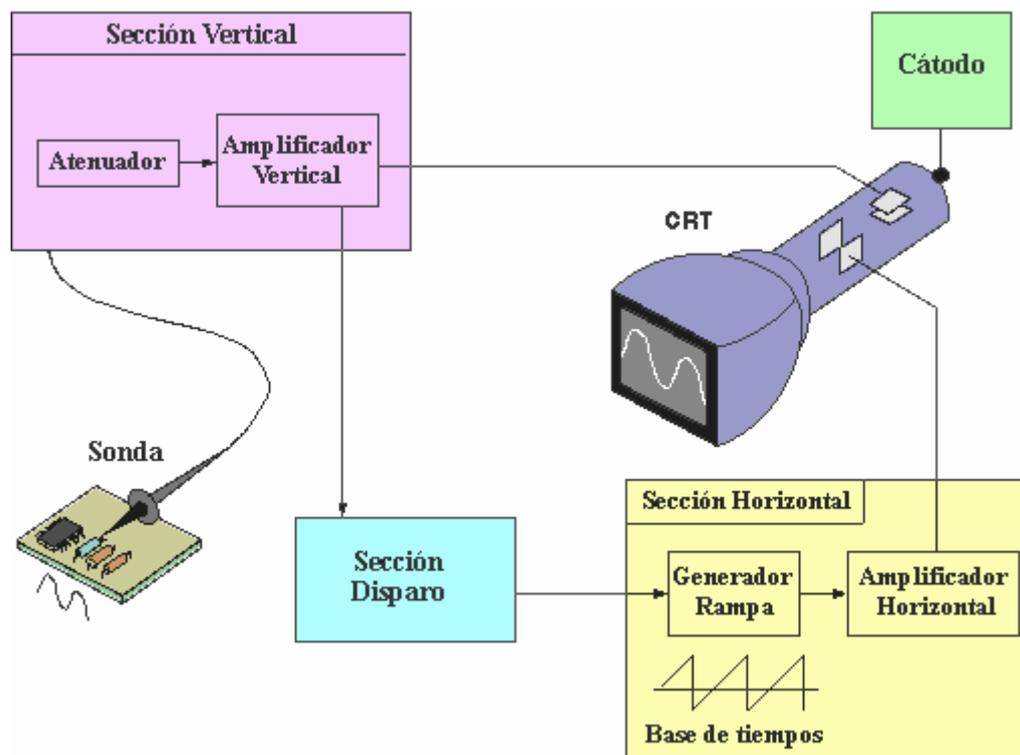


Figura 1: Esquema de funcionamiento de un osciloscopio analógico.

Como conclusión: para utilizar correctamente un osciloscopio analógico se requieren tres ajustes básicos:

- La atenuación o amplificación de la señal (AMP) antes de ser aplicada a las placas de deflexión vertical. Con ello se ajusta lo que representa en voltaje cada división vertical de la pantalla. Las medidas de tensión serán tanto más cómodas y precisas cuanto mayor aparezca la señal en pantalla, sin sobrepasar sus límites.
- La base de tiempos (TIMEBASE), que permite ajustar lo que representa en tiempo cada división horizontal de la pantalla. En el caso de señales periódicas, es conveniente visualizar en pantalla uno o dos ciclos completos.
- Disparo de la señal (TRIGGER). Mediante los mandos que controlan el nivel de disparo y los diferentes tipos de disparo se debe estabilizar lo más posible la imagen que se muestra en la pantalla.

Por supuesto, también deben ajustarse otros mandos relacionados con la visualización gráfica: enfoque (FOCUS), intensidad (INTENS), posición vertical (Y-POS) y horizontal (X-POS) del haz,...

3.3. ¿Cómo funciona un osciloscopio digital?

Además de las secciones previamente explicadas, los osciloscopios digitales poseen un sistema adicional de adquisición y procesado de datos que permite la digitalización de la señal, su almacenamiento, procesado y visualización en pantalla. El correspondiente diagrama de bloques se muestra en la figura 2.

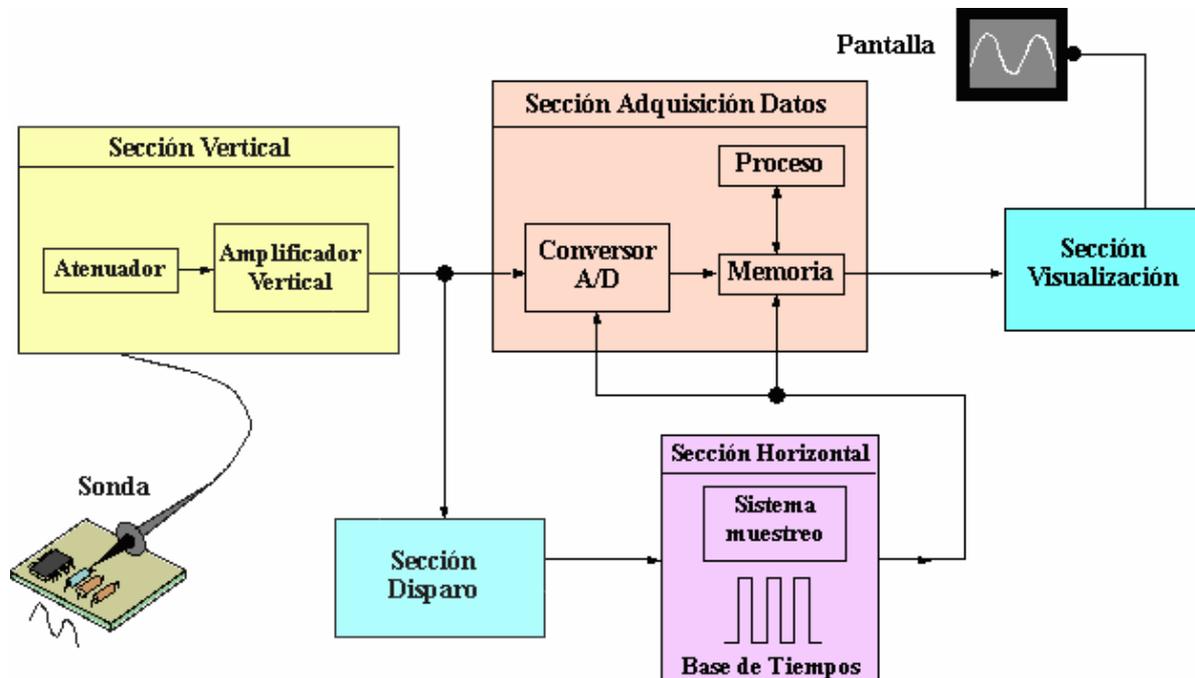


Figura 2: Esquema de funcionamiento de un osciloscopio digital.

Cuando la sonda se conecta a un circuito, la sección vertical procede al ajuste del nivel igual que ocurre en osciloscopios analógicos. Pero ahora el convertor analógico-digital (A/D) del sistema de adquisición toma muestras de esta señal a intervalos de tiempo determinados y transforma la señal continua de voltaje en una sucesión de valores digitales llamados muestras. En la sección horizontal, un reloj interno determina en qué instantes de tiempo deben ser tomadas las muestras. La velocidad de este reloj se denomina velocidad de muestreo y se mide en muestras por segundo (1 Gigamuestra por segundo en el modelo DSO3062A disponible en el laboratorio).

Los valores muestreados se almacenan en una memoria como puntos de señal. El número de puntos de señal utilizado para reconstruir una imagen en pantalla se denomina registro. La sección de disparo es la encargada de determinar dónde comienza y termina un registro. Por su parte, la sección de visualización recibe los puntos de este registro almacenados en la memoria y presenta en pantalla la señal.

Fundamentalmente, un osciloscopio digital se maneja de forma similar a uno analógico: para poder tomar medidas de manera cómoda se debe ajustar el tamaño de señal mediante la selección de amplificación, la duración del registro mediante la base de tiempos y las distintas opciones que intervienen en el modo de disparo.

3.4. ¿Cómo se maneja el osciloscopio digital DSO3062A?

La figura 3 muestra los distintos mandos de que dispone el modelo DSO3062A disponible en el Laboratorio de Electrónica Básica.

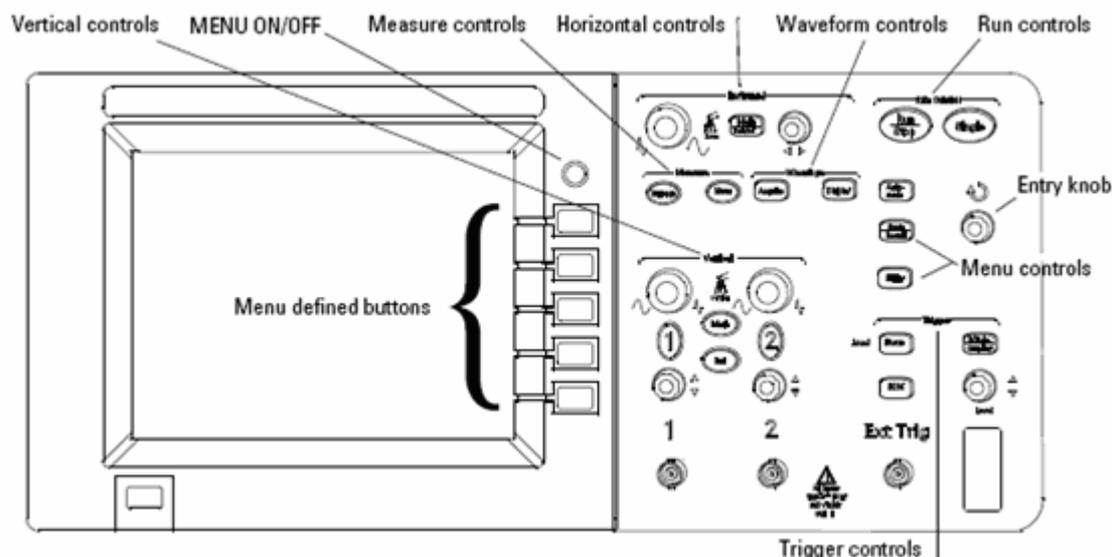


Figura 3: Panel frontal del modelo DSO3062A.

A continuación se detallan aquellos que van a ser utilizados en estas prácticas. Como se pretende que el alumno se familiarice con el uso de las distintas opciones presentes en este panel frontal, de momento **debería evitarse accionar el botón de Autoscale**.

3.4.1 Controles verticales

Las posibilidades de ambos canales son idénticas. Ambos disponen del conector BNC de entrada (donde se conecta la sonda), del botón de ajuste de la posición vertical (marcado con las flechas hacia arriba y hacia abajo) y del botón de selección de escala (la escala seleccionada se visualiza en la parte inferior de la pantalla) que permite aumentar o disminuir a voluntad la amplitud de la señal visualizada.

Además, cada uno de los dos canales dispone de un menú de controles verticales que se despliega en pantalla tras presionar (e iluminar) el correspondiente botón elíptico de activación de canal (1 ó 2).

En dicho menú desplegable, las opciones de acoplamiento (*coupling*: AC, DC, GND) y de ganancia (*probe*: 1X, 10X, 100X, 1000X) serán comentadas posteriormente en profundidad, y utilizadas en diferentes ejercicios prácticos.

Se añade una breve descripción de las restantes opciones accesibles.

Activar el control de limitación del ancho de banda (*BW limit ON*) permite eliminar de la señal visualizada en pantalla componentes de alta frecuencia (por encima de 20 MHz) que pudieran no ser de interés.

Activar el control de inversión de canal (*invert ON*) produce la inversión de la polaridad de la señal con respecto al nivel de referencia (GND).

Por último, seleccionar la opción de filtrado digital (*digital filter*) despliega un nuevo menú en que se puede seleccionar el tipo de banda pasante (*LPF*: paso bajo, *HPF*: paso alto; *BPF*: paso banda y *BRF*: rechazo de banda) así como establecer los límites inferior (*lower limit*) y superior (*upper limit*) de la banda seleccionada.

3.4.2 Controles horizontales

Todas las señales utilizan una misma base de tiempos. Por eso en pantalla sólo se muestra un único valor de escala horizontal y existe un único botón de escala de tiempos (usado para expandir o comprimir la señal visualizada) y un único botón de posición horizontal (marcado con las flechas a izquierda y derecha) que cambia la posición del punto de disparo con respecto al centro del monitor.

Además, presionar el botón central (*main/delayed*) despliega en pantalla un menú de posibilidades de entre las cuales, de momento, tan sólo nos van a interesar la opción de representación XY, que se detalla posteriormente, y la opción de amplificación temporal (*delay ON*), que puede resultar muy útil a la hora de medir de forma cómoda y precisa tiempos de subida y bajada. Al accionar esta opción la pantalla se divide en dos zonas, donde la inferior muestra la versión expandida del fragmento de señal que se indica en la superior.

3.4.3 Controles de disparo

El disparo (*trigger*) determina en qué momento el osciloscopio empieza a adquirir datos y a representar señales en pantalla. Sólo un ajuste correcto del mismo permite visualizar ondas estables en pantalla, claramente discernibles, sobre las que poder efectuar medidas.

Con el botón de ajuste del nivel de disparo (marcado con las flechas hacia arriba y hacia abajo) se puede seleccionar y visualizar en pantalla el nivel de tensión deseado. Pulsando el botón de 50% el nivel de disparo se localiza en el centro de la forma de onda. Presionando el botón *force* se inicia una adquisición aún cuando el dispositivo no localice una situación válida de disparo.

Al accionar el botón de modos y acoplamiento (*mode/coupling*) se despliega un menú en pantalla donde poder elegir entre tres modos distintos de disparo: por flanco (*edge*), de pulso (*pulse*) y de vídeo (*video*), con sus correspondientes submenús de configuración.

El disparo por flanco se produce cuando la señal de entrada pasa por un cierto nivel de tensión con la pendiente configurada, de subida o de bajada. El nivel de tensión se selecciona mediante la opción *level*, y el signo de la pendiente mediante la opción *slope*. Es el más cómodo de configurar y el que predominantemente utilizaremos en nuestras prácticas.

Un disparo de pulso se produce cuando sobre la forma de onda se encuentra un pulso que se ajusta a las características configuradas por el usuario a través de las opciones *when* y *setting*. El disparo de vídeo se utiliza para separar los impulsos de sincronismo de las señales de vídeo (estándares NTSC, PAL o SECAM).

En cualquier caso a la hora de seleccionar la fuente de disparo (*source*) se aplican reglas básicas de tipo lógico: si se usa un solo canal, es preferible establecer dicho canal como fuente de disparo; si se utilizan ambos, será preferible aquél conectado o más próximo a la fuente de excitación del circuito. Difícilmente utilizaremos el disparo mediante fuente externa (*EXT*) o mediante la red eléctrica (*AC line*).

4. Material necesario y recomendaciones prácticas

4.1. Instrumentación

- Osciloscopio de doble canal con sondas
- Generador de señales
- Fuente de continua
- Multímetro
- Destornillador

4.2. Componentes pasivos

- Resistencias diversas: 100 Ω , 1 k Ω , 560 Ω , 470 Ω (x2), 2k2 Ω , 10 k Ω
- Condensador 2.2 nF
- Cables de conexión

4.3. Sondas

Las sondas conectadas al osciloscopio son atenuadoras: dividen la señal de entrada por un factor 10. Por eso **la medida correcta de tensiones exige la selección 10X en el menú de sonda** (*probe*) del correspondiente canal, de modo que el factor interno de amplificación del osciloscopio compense la atenuación introducida por la sonda. Las restantes opciones (1X, 100X, 1000X) conducen a medidas atenuadas o amplificadas.

Es importante asegurar que la sonda atenuadora está exactamente adaptada a la impedancia de entrada del amplificador vertical, para transmitir correctamente (sin distorsión) la forma de la señal. Para verificar dicha adaptación se realiza un ajuste de compensación, que consiste en actuar adecuadamente sobre el pequeño tornillo de compensación presente en la sonda, que se muestra a la izquierda en la figura 4. Se puede utilizar en este proceso el generador interno del osciloscopio, que proporciona entre los dos terminales accesibles en la esquina inferior derecha una señal cuadrada. Bastará con conectar los dos terminales de la sonda a estos puntos y comprobar cómo la actuación sobre el tornillo produce ondas más o menos correctas, como las mostradas a la derecha de la figura 4.

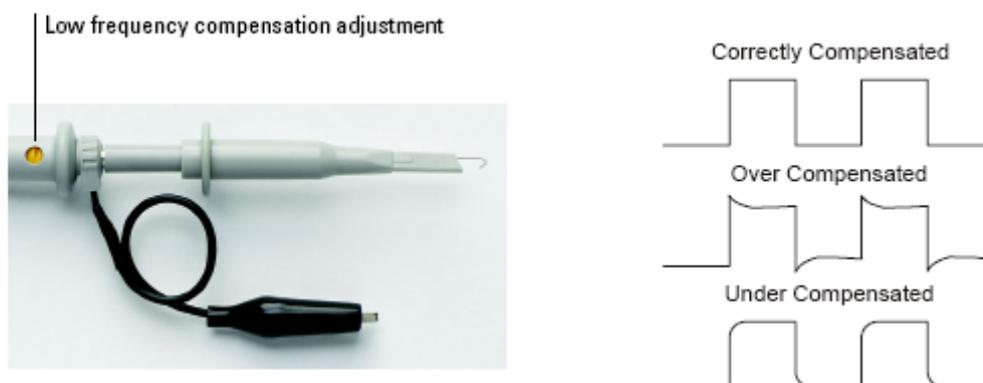


Figura 4: Compensación de la sonda atenuadora.

4.4. Medida de señales flotantes

Los generadores de señales presentan una salida de tipo no flotante, es decir, el terminal negativo va conectado a tierra a través de la red. Lo mismo ocurre con las sondas de los osciloscopios. Por ello, y para evitar cortocircuitos, sólo podrán medirse directamente con el osciloscopio tensiones referidas a tierra (tensiones de nudo), conectando siempre los cocodrilos de las sondas al punto de tierra del circuito a medir.

Si se quiere medir caída de tensión entre dos puntos cualesquiera de un circuito habrán de usarse los dos canales del osciloscopio (dos sondas) y utilizar las opciones matemáticas que el instrumento ofrece. La forma adecuada de proceder para medir la tensión flotante $v_{AB}(t) = v_A(t) - v_B(t)$ entre los nudos A y B de un circuito dado consiste en conectar la sonda del canal 1 al nudo A y la del canal 2 al nudo B. Pulsando el botón de funciones matemáticas (*math*) se despliega en pantalla un menú en que seleccionaremos la función diferencia (*operate=A-B*), el canal 1 para la fuente A (*sourceA=CH1*) y el canal 2 para la fuente B (*sourceB=CH2*). Con ello el osciloscopio proporciona en pantalla una nueva onda que es el

resultado de restar las señales introducidas en ambos canales y, por tanto, la tensión flotante de la rama AB del circuito que se desea medir. No es estrictamente necesario que ambos canales estén en la misma escala de amplificación, porque ello no influye en el resultado matemático. La escala de la señal diferencia resultante $v_{AB}(t)$ se muestra en la esquina inferior izquierda de la pantalla y se puede modificar a voluntad, al igual que su localización vertical en pantalla, sin más que seguir desplegando el menú de matemáticas (tecla 1/2) y actuar sobre las dos opciones accesibles (escala y posición) mediante el botón de entrada (*entry knob*) situado a la derecha del panel frontal y marcado con el símbolo \curvearrowright .

4.5. Medida de desfases

Cuando se observan simultáneamente en el osciloscopio dos señales alternas de la misma frecuencia, el posible retardo temporal entre ellas se puede cuantificar experimentalmente de diferentes maneras. El desfase es lo que se adelanta o retrasa la señal de salida respecto a la de entrada, y se mide en grados o radianes.

Sean dos ondas $v_1(t)$ y $v_2(t)$, como las mostradas en la figura 5, expresadas matemáticamente como $v_1(t) = V_{o1} \sin(2\pi ft - \phi)$ y $v_2(t) = V_{o2} \sin(2\pi ft)$; donde V_{o1} y V_{o2} son las respectivas amplitudes, f es la frecuencia en Hz (común a ambas ondas) y ϕ el desfase entre ellas medido en radianes..

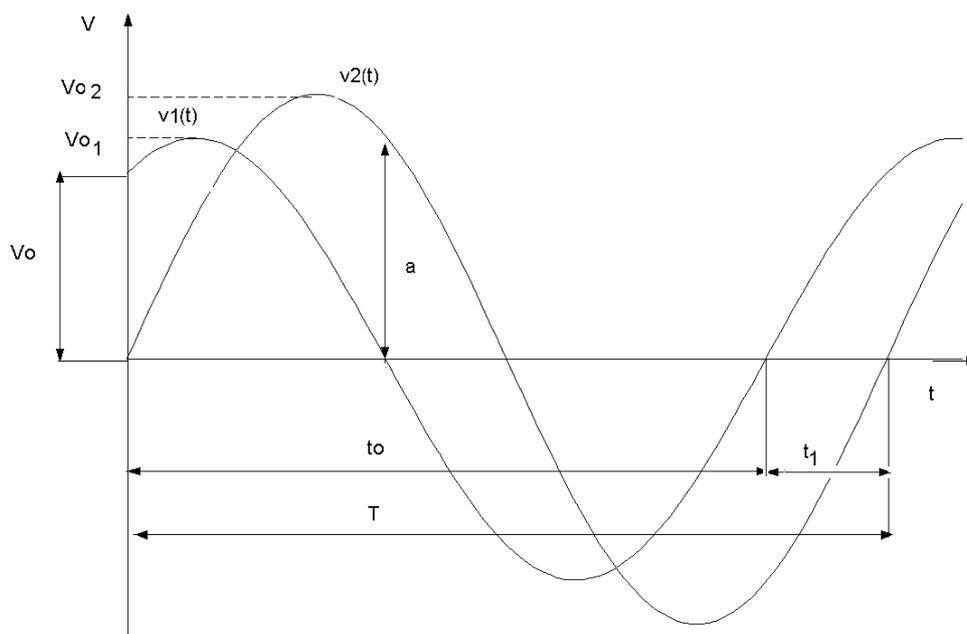


Figura 5: Retardo temporal entre dos señales de igual frecuencia.

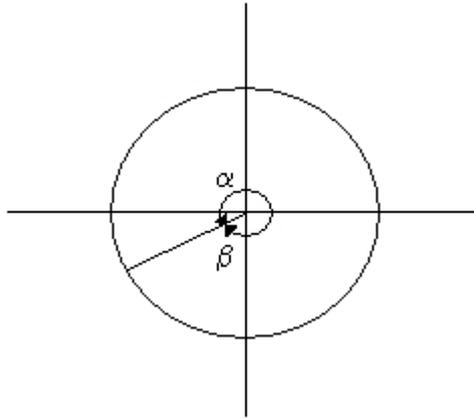
A la vista de la gráfica anterior, para $t=t_0$ se verifica $v_1(t_0)=0$, y por tanto $\phi = 2\pi ft_0$. Como por definición el periodo es $T=1/f$, nos queda simplemente que $\phi = 2\pi t_0/T$. Así, midiendo dos tiempos sobre la pantalla, t_0 y T , se tiene una estimación del desfase.

Esta fórmula es fácil de recordar aplicando la siguiente regla de tres. El desfase máximo entre las dos señales puede ser 360° si $t_0=T$. Entonces:

$$\begin{array}{l} T \longrightarrow 360^\circ \\ t_0 \longrightarrow \phi \end{array}$$

y despejando se obtiene precisamente que $\phi = 360^\circ t_0/T$

Hay que tener en cuenta que según esta definición ϕ es siempre positivo, y estará en el intervalo $[0, 360]$. Pasando el ángulo correspondiente al **intervalo habitual $[-180, 180]$** , como se muestra en la figura ($\alpha = 210^\circ = 210^\circ - 360^\circ = -150^\circ = \beta$), el desfase podrá ser positivo o negativo.



4.6. Signo del desfase

El desfase entre dos señales puede ser positivo o negativo. Lo primero para saber cuál es el signo es tener claro si lo que se quiere saber es $\phi_1 - \phi_2$ o $\phi_2 - \phi_1$, siendo ϕ_1 la fase de la señal 1 y ϕ_2 la fase de la señal 2. Generalmente, si ϕ_1 es la señal de referencia, por ejemplo, la señal de entrada, lo que se quiere medir es $\phi_2 - \phi_1$.

Tal y como se ha definido ϕ en el apartado anterior, lo que mide es precisamente $\phi_2 - \phi_1$.

$$\phi = 2\pi ft - (2\pi ft - \phi) = \phi_2 - \phi_1$$

Para ello, al medir t_0 hay que tomar como punto de partida el paso por 0 de la señal $v_2(t)$ y medir hasta el instante en que pase por 0 la señal $v_1(t)$. En este caso, operando como se ha explicado en el punto anterior se obtendrá un valor de ϕ entre $[0, 360]$ que posteriormente quedará en el intervalo $[-180, 180]$. Concretamente, **será positivo cuando la señal $v_2(t)$ esté adelantada respecto a la $v_1(t)$, y negativo cuando esté retrasada** (como sucede en el dibujo de la figura 5).

En el caso de que la señal de referencia sea la señal $v_2(t)$, y se quiera medir, $\phi_1 - \phi_2$, el procedimiento es similar, pero en ese caso hay que medir t_0 comenzando desde que la señal $v_1(t)$ pasa por 0, hasta que la señal $v_2(t)$ pasa por 0. En este caso, el desfase será positivo cuando la señal $v_1(t)$ esté adelantada (como sucede en el dibujo de la figura 5) y negativo cuando esté retrasada.

Por último tres notas más sobre la medida de los desfases. En primer lugar, aunque es obvio, a veces es más sencillo medir t_1 en lugar de t_0 ya que puede ser un valor más pequeño, como sucede precisamente en el dibujo, que permite una mejor escala en la base de tiempos para efectuar la medida. En ese caso, se puede medir t_1 y calcular t_0 como $t_0 = T - t_1$.

La segunda, es que el desfase muy a menudo se expresa en radianes y no en grados. En ese caso, los resultados hay que convertirlos al intervalo $[-\pi, \pi]$, o bien, al hacer la regla de tres, utilizar 2π en lugar de 360° .

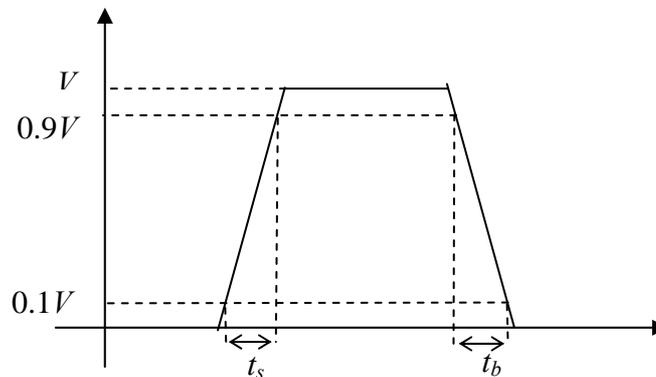
Finalmente la tercera pero más importante, es referente a cuándo una señal se encuentra adelantada o retrasada respecto de otra. Una señal está adelantada cuando su fase es mayor o, dicho de otra forma, cuando comienza en un tiempo anterior (pasa por 0 en un instante de

tiempo previo). En el ejemplo dibujado en la figura 5, la señal $v_1(t)$ está adelantada respecto a la $v_2(t)$. En las primeras experiencias en el laboratorio hay que tener cuidado con esta definición ya que la sensación visual es precisamente la contraria y es fácil equivocarse.

Falta añadir que el osciloscopio digital proporciona directamente las medidas de periodo T y retardo relativo. Para ello, basta con desplegar en pantalla el menú de medidas, accionando el botón correspondiente (*measure*), seleccionar las medidas de tiempo (*time*); y elegir en el submenú 1/3 la medida de periodo (*period*) y en el submenú 3/3 la medida de retardo (*delay1*→2 con flanco de subida). Si se actúa de esta manera cómoda, será importante determinar si la medida de retardo corresponde a t_1 o bien a t_0 , para lo cual será indispensable conectar adecuadamente ambas ondas a los canales de entrada del osciloscopio.

4.7. Medida de tiempos de subida y bajada de una señal cuadrada

Una señal cuadrada conmuta entre dos niveles de tensión. Se define el tiempo de subida de una onda cuadrada t_s como el tiempo desde que la señal alcanza el 10% del valor de transición hasta que alcanza el 90% de este valor. El tiempo de bajada t_b es análogo pero cuando se conmuta al nivel de tensión mas bajo (transición negativa).



El tiempo de subida y bajada se puede medir con una escala horizontal adecuada que permita una medida cómoda, calculando en qué instantes de tiempo la señal alcanza el 10% y el 90% del valor V de la transición y midiendo el intervalo de tiempo entre ambos puntos. Recuérdese la capacidad de zoom horizontal que presenta el osciloscopio a la hora de realizar estas medidas.

Además, el osciloscopio digital proporciona directamente estos valores cuando en el menú de medidas (*measure*) se selecciona la opción tiempo (*time*) y, dentro del correspondiente submenú 1/3 las opciones tiempo de subida (*rise time*) y de bajada (*fall time*).

4.8. Osciloscopio en modo XY

El osciloscopio en modo XY compara punto a punto los niveles de tensión de dos ondas, de modo que se muestra la señal del canal 1 en el eje horizontal de pantalla, y la del canal 2 en el eje vertical. En el caso de que las dos señales de entrada tengan la misma frecuencia, es decir, $v_1(t) = V_{o1} \sin(2\pi ft - \phi)$ y $v_2(t) = V_{o2} \sin(2\pi ft)$ lo que se obtiene es una elipse como la mostrada en la figura 6, que será mas o menos alargada según la amplitud de las señales y estará mas o menos inclinada según el desfase entre ellas.

Cuando la frecuencia de una de las señales es múltiplo de la otra, lo que se obtienen son las denominadas figuras de Lissajous, que visualizaremos al final de la práctica a modo de curiosidad.

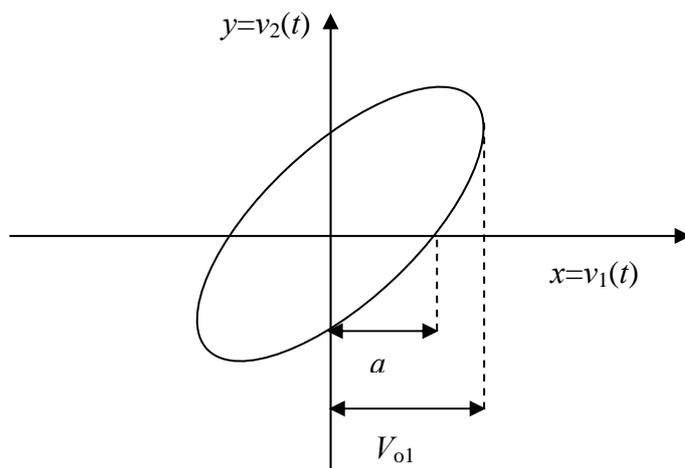


Figura 6: Representación en modo XY de dos señales de igual frecuencia.

Para conectar el osciloscopio en modo XY es preciso desplegar en pantalla el menú del control horizontal, accionando el correspondiente botón (*main/delayed*) y elegir la opción X-Y para la base de tiempos (*time base*).

5. Ejercicios a realizar

5.1. Ejercicio 1: Acoplamientos

Seleccionando la opción de acoplamiento GND y actuando sobre el botón de ajuste vertical del canal, ajuste la posición de la onda sobre la línea horizontal central de la pantalla.

Introduzca ahora una señal senoidal de frecuencia 1 kHz, amplitud 1V y offset 100 mV en el osciloscopio. Con la opción de acoplamiento DC activada, mida sus valores máximo y mínimo y su periodo. Determine la amplitud, el valor pico-pico y el valor eficaz de la señal. Repita las medidas y cálculos ahora con la opción de acoplamiento AC activada. ¿Cuál es la diferencia fundamental?

5.2. Ejercicio 2: Compensaciones

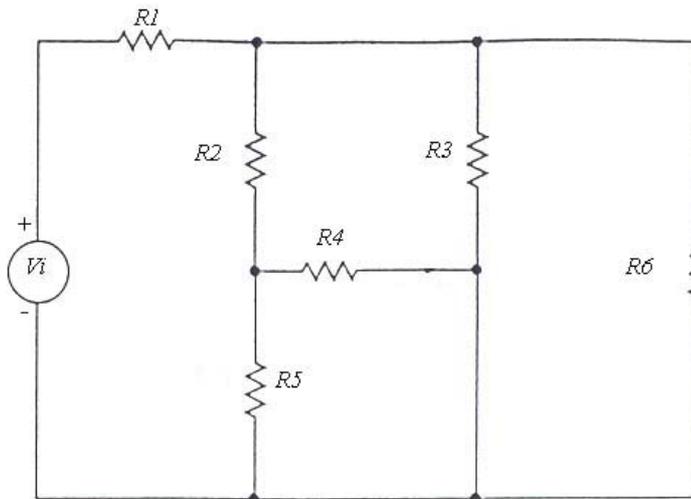
Con la señal del ejercicio anterior, comprobar el efecto atenuador de la sonda seleccionando la opción 1X en el menú de pantalla.

Utilizando ahora la señal interna de calibración que proporciona el osciloscopio y actuando con el destornillador sobre el tornillo de compensación de la sonda, comprobar las situaciones de sobre-compensación y sub-compensación mostradas en la figura 4. Dejar finalmente la sonda compensada correctamente.

5.3. Ejercicio 3: Medida de señales flotantes

En el circuito de la figura, medir la caída de tensión en las resistencias R_1 y R_2 , cuando la excitación V_i es una señal senoidal de 1V de amplitud y 1 kHz de frecuencia.

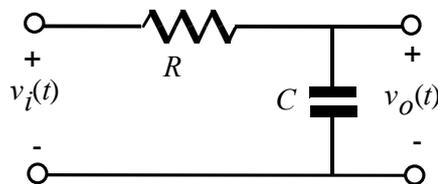
Recordar (ver apartado 4.4), que las medidas flotantes no pueden realizarse directamente, ya que las sondas del osciloscopio deben estar siempre referidas a tierra (el cocodrilo debe estar conectado a la masa del circuito), y que por lo tanto hay que utilizar dos sondas y las facilidades matemáticas del osciloscopio para efectuar una diferencia de tensiones de nudo. Comparar el resultado con el valor teórico.



- $R1 = 100 \Omega$
- $R2 = 1 \text{ k}\Omega$
- $R3 = 560 \Omega$
- $R4 = 470 \Omega$
- $R5 = 2 \text{ k}\Omega$
- $R6 = 470 \Omega$

5.4. Ejercicio 4: Medida de desfase entre dos señales

Montar el siguiente circuito:



donde $R = 10 \text{ k}\Omega$ y $C = 2.2 \text{ nF}$. Introducir como excitación v_i una señal senoidal de 20 kHz y comparar las señales v_i y v_o en el osciloscopio. Medir el desfase entre las dos señales ($\phi_o - \phi_i$). Repetir la medida para una frecuencia de excitación de 2 kHz . En ambos casos, expresar el desfase en grados y radianes, en los intervalos $[-180, 180]$ y $[-\pi, \pi]$ respectivamente. ¿Depende el desfase de la amplitud de la señal? ¿Qué señal va adelantada?

5.5. Ejercicio 5: Tiempos de subida y bajada

Introducir una señal cuadrada de 1 MHz y 1 V de amplitud y medir los tiempos de subida y bajada de la señal. Realizar las medidas con la mayor precisión posible, utilizando la escala de base de tiempos más adecuada.

Repetir las medidas utilizando las opciones automáticas del osciloscopio digital.

5.6. Ejercicio 6: Figuras de Lissajous

Por último como curiosidad vamos a ver las figuras de Lissajous. Introducir en el canal 2 del osciloscopio señales senoidales de frecuencia doble y triple que la del canal 1. En la pantalla podemos observar las denominadas figuras de Lissajous. ¿Cuántos lóbulos aparecen en las figuras? (Realizar este último punto conjuntamente con el grupo con el que se comparte la mesa, para así disponer de los dos generadores).

Hoja de resultados práctica 2

Nombres: Fecha:

Ejercicio 1

	medidas			cálculos (V)		
	V_{max} (V)	V_{min} (V)	T (ms)	amplitud	pico-pico	eficaz
DC						
AC						

¿Coincide la frecuencia con la mostrada en el generador? Sí No

¿Cuál es la diferencia fundamental entre activar acoplamiento AC o DC?

Ejercicio 2

Tras haber ajustado la sonda atenuadora y comprobado su efecto atenuador, indique ¿cuál es la amplitud y la frecuencia de la señal de calibración que proporciona el osciloscopio?

Ejercicio 3

	amplitud (V)	
	teórica	medida
R_1		
R_2		

Ejercicio 4

$\phi_o - \phi_i$	20 kHz	2 kHz
grados		
radianes		

¿Depende el desfase de la amplitud? Sí No

¿Qué señal va adelantada?

Ejercicio 5

	valor medido	valor osciloscopio	unidades
t_{subida}			
t_{bajada}			

Ejercicio 6

Dibuje aproximadamente las figuras de Lissajous para relación de frecuencias 1:2 y 1:3.