
Sistemas Electrónicos para el Tratamiento de la Información

1. Instrumentación

1.1 El osciloscopio

EL osciloscopio es uno de los instrumentos de medida más versátiles que podemos encontrar en un laboratorio de electrónica. Se utiliza para medir tensiones sin cargar en exceso a la fuente de la señal (tendrá una alta impedancia de entrada). El osciloscopio puede representar en su pantalla valores de tensión en función del tiempo. En este manual sólo vamos a considerar el osciloscopio analógico que será el que utilicemos en nuestras prácticas.

1.1.1 El tubo de rayos catódicos

El núcleo del osciloscopio es el tubo de rayos catódicos (CRT). Como vemos en la Fig. 1, el cátodo emite electrones que acelerados por el ánodo y lanzados hacia la pantalla. Un mecanismo de rejilla permite el correcto enfoque del haz de electrones en la pantalla. Debido a un fenómeno llamado persistencia, que se da tanto en la pantalla fluorescente de fósforo como en nuestra retina, vamos a ser capaces de observar un trazo continuo formado por la sucesión de puntos iluminados por el haz de electrones. La posición en la que dicho haz impacta con la pantalla es controlada mediante una placas de deflexión vertical y horizontal. Mediante la aplicación de una diferencia de potencial entre dichas placas de deflexión, establecemos un campo eléctrico que va a permitir desviar convenientemente el haz de electrones.

En modo normal, la señal que controla la deflexión vertical (eje Y) es proporcional a la señal

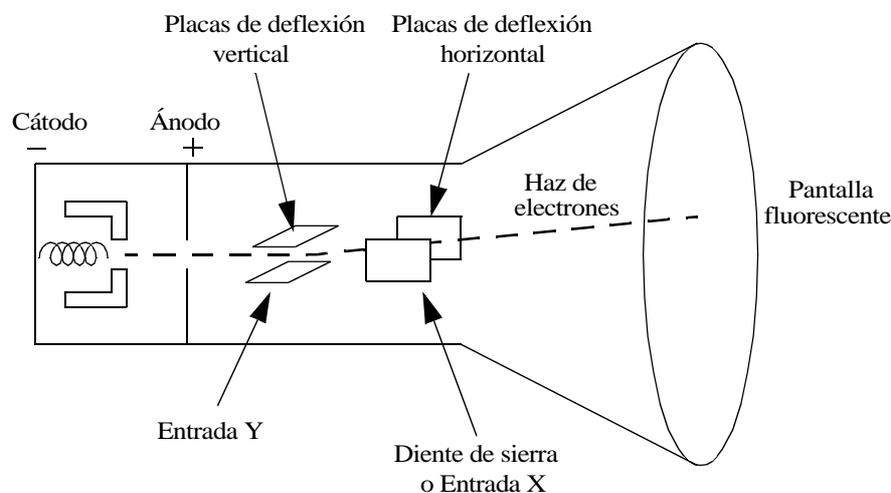


Figura 1: Diagrama esquemático de un tubo de rayos catódicos (CRT).

eléctrica medida por la sonda correspondiente a uno de los canales del osciloscopio (CH1 o CH2), mientras que la deflexión horizontal (X) es controlada por una señal de diente de sierra, cuya pendiente inversamente proporcional a la escala de tiempo que queremos visualizar. En modo XY, la entrada de un canal se representa en el eje X y la otra en el eje Y de manera que las deflexiones en cada dirección de la pantalla vendrán dadas por el valor de las señales de entrada en cada instante. Generalmente, la tensión requerida para deflectar el haz de electrones es de varios cientos de voltios por lo que las señales que estamos midiendo son amplificadas por la circuitería interna del osciloscopio de forma transparente para el usuario.

1.1.2 Sincronización y disparo

Supongamos ahora que estamos visualizando una señal sinusoidal V_Y de frecuencia f_Y a través del canal 1 del osciloscopio (CH1). Esta señal es periódica, con periodo $T_Y = 1/f_Y$. Consideremos asimismo que estamos utilizando una escala de $T_X/10$ segundos por división en la pantalla del osciloscopio. Esto quiere decir que las diez divisiones horizontales que existen en la cuadrícula impresa en la pantalla del osciloscopio representan un intervalo de tiempo T_X . Este será el periodo de la señal de referencia que controla la deflexión horizontal, que tendrá la forma indicada en la figura:

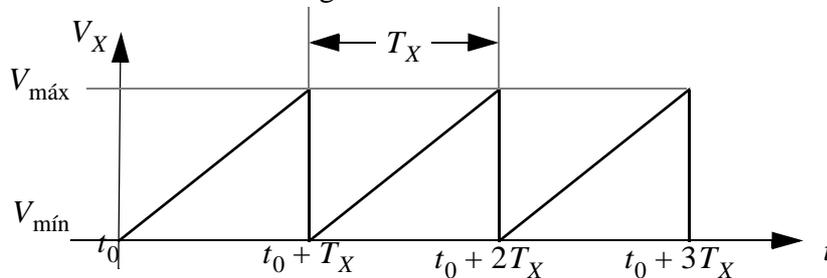


Figura 2: Diente de sierra para controlar la deflexión horizontal del haz.

En cada periodo de esta señal, el haz se desplazará desde la posición más a la izquierda de la pantalla, correspondiente a una tensión de deflexión horizontal $V_{mín}$, hasta la posición más a la derecha, que corresponderá a $V_{máx}$. En ese instante (t_0 , $t_0 + T_X$, $t_0 + 2T_X$, etc.) el haz de electrones retorna al extremo izquierdo de la pantalla para volver a recorrerla nuevamente de izquierda a derecha. Simultáneamente, la señal V_Y irá marcando el grado de deflexión vertical, dibujando de este modo, mediante un trazo fluorescente en la pantalla, una curva análoga al valor de la tensión durante ese intervalo T_X . El problema que aparece entonces es el de la sincronización de la señal de barrido horizontal con la de barrido vertical, ya que, a menos que exista una razón de números enteros entre f_X y f_Y , los diferentes trazos correspondientes a segmentos desigualmente desfasados de V_Y se superpondrán en la pantalla impidiendo una visualización nítida de la curva.

Podemos extraer de aquí dos conclusiones. En primer lugar, no podremos visualizar en el osciloscopio analógico una onda que no sea periódica. En segundo lugar, a menos que encontremos un mecanismo de sincronización de la señal de barrido horizontal con la señal a visualizar, va a ser muy difícil, si no imposible, que obtengamos una onda nítida en la pantalla. Este mecanismo es el disparo (trigger). Consiste en el barrido horizontal se detiene mientras que no se de el evento de disparo. Este evento consistirá en el cruce de la señal de entrada por el nivel de disparo (Fig. 4) con una determinada pendiente (slope). Cuando el evento de disparo tiene lugar, se inicia una rampa de barrido horizontal. Si observamos la gráfica vemos que ahora la señal de barrido horizontal tiene un periodo que es múltiplo o submúltiplo del periodo de la onda que estamos observando. Como consecuencia, el trazo correspondiente a cada tramo vis-

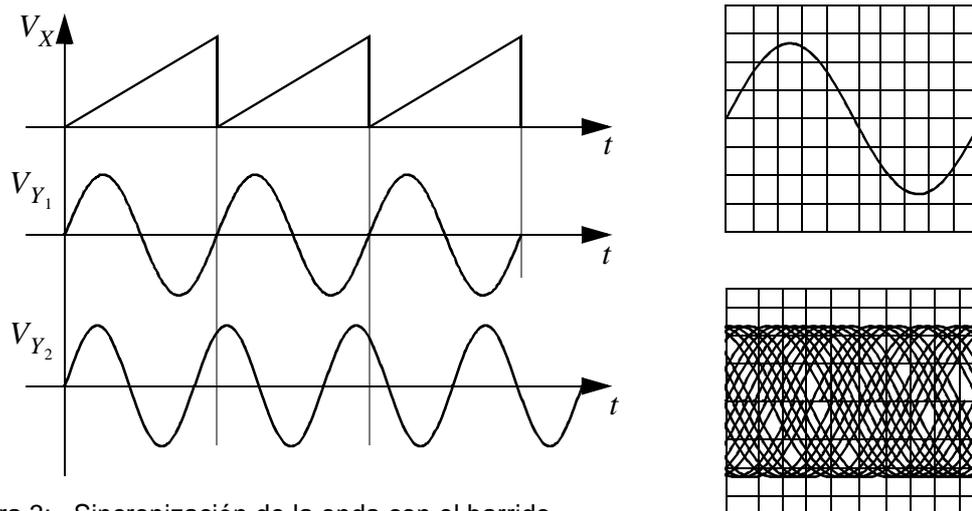


Figura 3: Sincronización de la onda con el barrido.

ualizado se superpone exactamente al del tramo anterior, creando la ilusión de una imagen fija en la pantalla. En caso de que no consigamos visualizar una onda, lo más probable es que no estemos disparando adecuadamente el barrido de la pantalla. Bien porque no estamos utilizando la señal adecuada para el disparo (por ejemplo si esta seleccionado el disparo EXTERNO y no tenemos tal señal externa de disparo), o el nivel de disparo elegido es raramente alcanzado por la señal, o bien porque el ruido provoque un incorrecto disparo o una lectura errónea de la pendiente de la señal de entrada, etc.

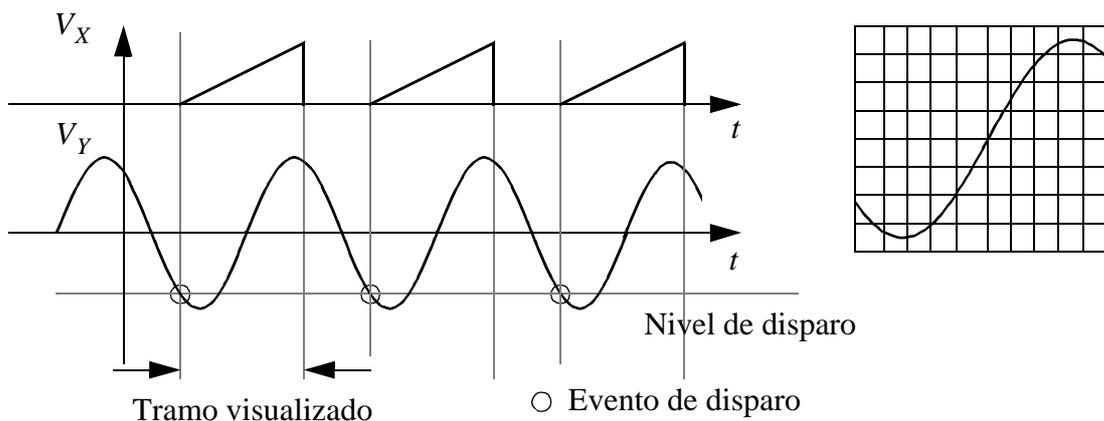


Figura 4: Disparo por nivel y señal de barrido horizontal correspondiente.

1.1.3 Selectores de escala y calibración

Para familiarizarnos con el uso del osciloscopio utilizaremos la señal de test generada por el propio osciloscopio. Se trata de una onda cuadrada con amplitud 1Vpp y frecuencia 1kHz. Supongamos que el disparo se produce cuando la señal de entrada cruza por cero con pendiente positiva. Si el nivel de referencia de tensiones se encuentra en el centro de la pantalla, el selector de escala vertical indica 0.2V/div y el de tiempo (escala horizontal) marca 0.2ms/div, veremos lo siguiente en la pantalla del osciloscopio:

Si no conseguimos visualizar dicha onda en la pantalla en la forma indicada por la figura, pueden pasar varias cosas:

- Que no hayamos situado el origen de la tensiones, la referencia, el nivel de tierra, en

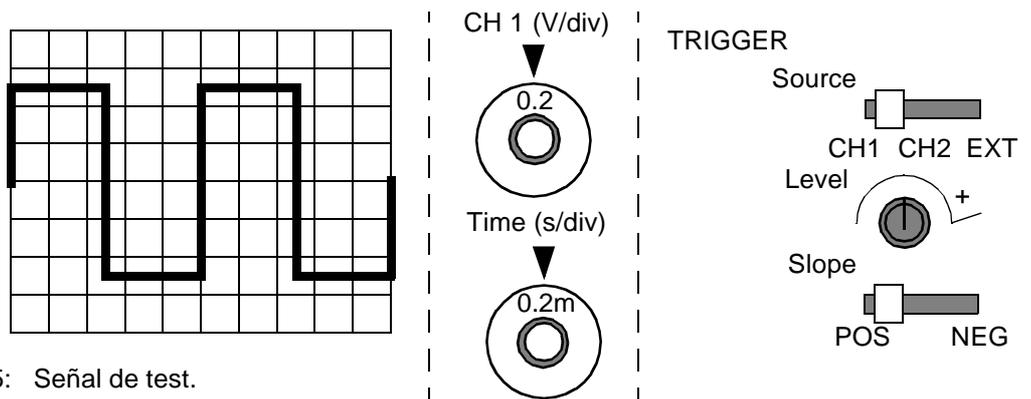


Figura 5: Señal de test.

el medio de la escala. Solución: colocar el canal en GND y situar el nivel de tierra en la posición deseada.

- Que no estemos disparando por el canal 1 (CH1) que es por donde estamos transmitiendo la señal al osciloscopio. Solución: seleccionar correctamente la fuente de disparo.
- Que los botones de calibración, en el centro de los selectores de escala, estén girados hacia una posición incorrecta. Esto provoca una medida errónea puesto que descorrelaciona la unidad reflejada en el selector de escala con la cuadrícula impresa en la pantalla del osciloscopio. Solución: girar los botones hacia la posición de calibrado y situarlos en la posición en la que las lecturas de tensión y tiempo sean correctas.
- Que la señal aparezca mucho más débil, con un valor atenuado de la amplitud. Esto se debe a que las sondas están en la configuración divisora de tensión (x10). Solución: tener en cuenta que la medida está atenuada o simplemente seleccionar la configuración x1 de la sonda.
- Que los pulsos aparezcan deformados. Las sondas no están calibradas. Solución: colocar las sondas en posición x10 y ajustar el tornillo que poseen hasta obtener un pulso con una cima suficientemente plana

Una vez que hemos visualizado correctamente la señal de test vamos a ver como funcionan los selectores de escala vertical y horizontal:

- Si giramos el selector de escala vertical (etiquetado como CH1) hacia la derecha (Fig. 6a), estaremos aumentando la escala vertical, o sea, aumentando el incremento de tensión asociado a cada división de la cuadrícula en la pantalla. Como consecuencia la señal de test se verá mas pequeña (achatada).
- Si giramos el selector de escala vertical en sentido contrario, obtendremos el efecto contrario, o sea, disminuir el incremento de tensión asociado a cada división de la cuadrícula y por tanto haremos que los extremos de la señal se salgan de la pantalla (Fig. 6b).
- Si giramos el selector de escala horizontal (etiquetado como "Time") hacia la derecha (Fig. 6c), estaremos aumentando la escala horizontal, o sea, aumentando el incremento de tiempo asociado a cada división de la cuadrícula en la pantalla. Como consecuencia la señal de test se verá mas estrecha, entrarán más periodos completos de la onda en la pantalla.
- Si giramos el selector de escala horizontal en sentido contrario, obtendremos el

efecto contrario, o sea, disminuir el incremento de tiempo por división y por tanto entrará un menor número de periodos completos de la onda en pantalla (Fig. 6d).

La operación en modo XY es muy parecida salvo que en este caso ambos selectores de escala denotan tensiones. No tendremos posibilidad de medir tiempos, aunque si desfases como veremos luego y, dependiendo de la relación entre las frecuencias de una y otra señal obtendremos una elipse o alguna figura de Lissajous, o nada en concreto si no tenemos una relación racional entre dichas frecuencias.

1.1.4 Medidas con el osciloscopio

Como hemos dicho, el osciloscopio es uno de los instrumentos de medida más versátiles que podemos encontrar en el laboratorio. Nos va a permitir medir amplitudes y frecuencias (en realidad mediremos periodos) de una señal periódica así como retrasos o desfases entre dos señales y tiempos de subida, bajada y transición de pulsos. También vamos a ser capaces de medir constantes de tiempo de exponenciales. Veamos primero como se realiza una **medida de la amplitud** de una señal sinusoidal, para lo cual vamos a hacer uso de las escalas impresas en la pantalla. Supongamos entonces que por un canal del osciloscopio estamos midiendo una señal sinusoidal. Asimismo vamos a suponer que o bien la señal no tiene componente en DC o bien el osciloscopio está acoplado en AC, de modo que la onda que aparece en la pantalla es similar a la que podemos ver en la Fig. 7a. El primer paso que tendremos que dar será regular el selector de escala para aprovechar al máximo el rango de valores representados en la pantalla. Recordemos que la precisión de la medida será mayor cuanto menor sea la escala. También haremos lo propio con el selector de escala de tiempo ya que vamos a medir la tensión en los puntos máximos y mínimos de la curva, de modo que mientras menor sea la escala de tiempos, más plana será la curva en dichos puntos, o sea más perpendicular será el corte con la escala vertical (Fig. 7b). Una vez hecho esto, desplazamos el pico de la señal hasta el centro de la pantalla (donde se encuentra la escala) y medimos el máximo de tensión $V_{p\text{máx}}$ (Fig. 7c), simplemente contando divisiones desde un lugar en la pantalla elegido como referencia. Si hemos

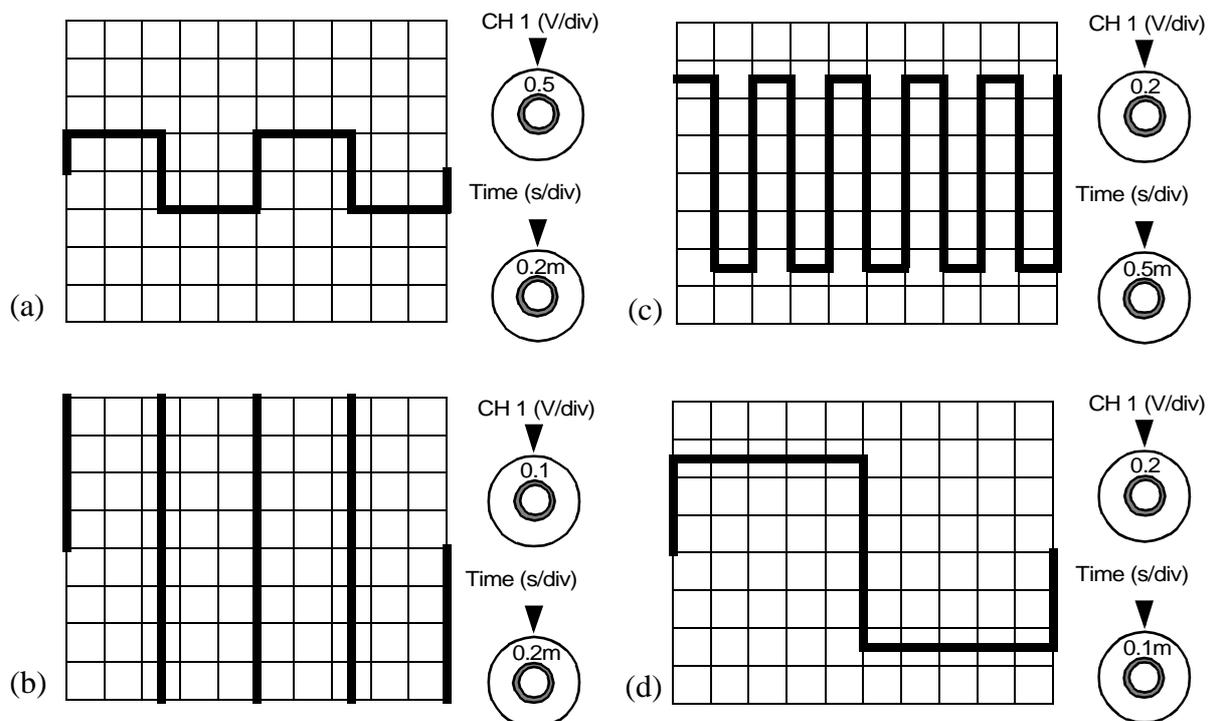


Figura 6: Efecto de los controles de escala.

contado n_d divisiones y el factor de escala es V_d voltios/div, entonces $V_{P_{\text{máx}}} = n_d V_d$. Si el corte de la curva no fuera lo suficientemente perpendicular, de manera que no se viera con nitidez el corte con el eje vertical, podemos hacer uso del botón de calibración del selector de escala horizontal y descalibrarlo para hacer una mejor lectura. Nótese que una descalibración en la escala de tiempos no va a distorsionar la medida de la tensión en el eje vertical que estamos haciendo. Tras esto, un nuevo desplazamiento nos permitirá leer el mínimo valor alcanzado por la tensión, $V_{P_{\text{mín}}}$ (Fig. 7d). Finalmente, la amplitud pico-a-pico será:

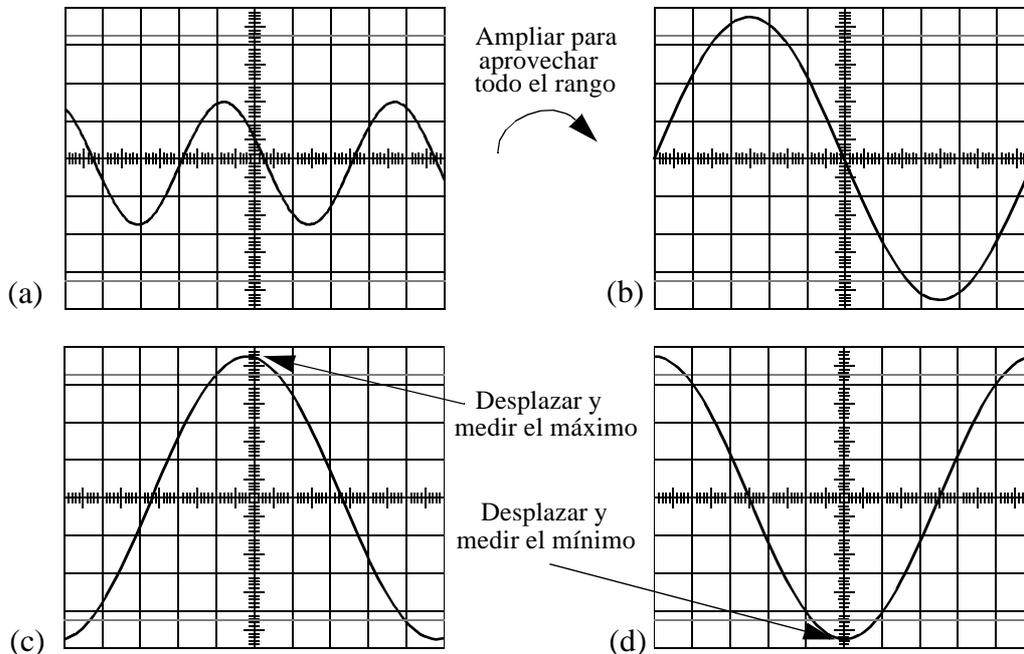


Figura 7: Medida de la amplitud de una señal sinusoidal.

$$V_{pp} = V_{P_{\text{máx}}} - V_{P_{\text{mín}}}$$

Es conveniente hacer medidas de la amplitud de la señal pico-a-pico y así obtener la amplitud o tensión de pico $V_P = V_{pp} / 2$, dividiendo esta entre 2, ya que así evitamos imprecisiones en la tensión de pico debidas a una incorrecta cancelación de la componente en DC.

A continuación veamos como se realiza una **medida de la frecuencia** de una señal sinusoidal. De nuevo, ampliaremos la representación de la señal en la pantalla para aprovecharla al máximo, siempre permitiendo que se observe un periodo completo de la onda (Fig. 8b), ya que en realidad lo que vamos a medir es cuánto vale el periodo, T , de esta señal. Así que, una vez colocado en la pantalla un periodo de la onda a medir, disminuimos la escala de la tensión (ampliamos la curva en la dirección vertical), con el fin de obtener unos cruces por cero más claros y medimos los instantes de tiempo t_0 y $t_1 = t_0 + T$. En esta ocasión, contamos las divisiones en el eje horizontal desde un punto de referencia, por ejemplo el extremo izquierdo de la pantalla, si hemos contado n_d divisiones y el factor de escala horizontal es t_d s/div, entonces el instante t_0 medido será $n_d t_d$. De este modo $T = t_1 - t_0$ es el periodo de la señal sinusoidal y la frecuencia viene dada por:

$$f = \frac{1}{t_1 - t_0}$$

Los osciloscopios, tanto analógicos como digitales, que poseen cursores en la pantalla, per-

miten realizar medidas entre dos puntos de manera automática, ya que posicionando los cursores y realizando una conversión automática con los factores de escala nos dan una lectura en pantalla de la tensión o el tiempo entre dos puntos.

Para **medir retrasos o desfases** entre dos ondas sinusoidales de igual frecuencia haremos lo siguiente. Una vez medida la frecuencia, f , de ambas señales, adquiriremos cada una a través de un canal del osciloscopio. Al representar ambas señales en la pantalla simultáneamente, hemos de preocuparnos de, en primer lugar, utilizar el 100% de la escala de tensiones, o sea, obligar (incluso descalibrando la escala vertical) a que los máximos y mínimos de cada señal coincidan con el borde de la pantalla, y en segundo lugar, desplazar el origen de tiempos (desplazamiento horizontal de la representación) de modo que una de las curvas cruce por cero en el extremo izquierdo de la pantalla. Una vez hecho esto, ampliamos la escala temporal sin perder el cruce por cero de la segunda señal y luego ampliamos en la dirección vertical para obtener unos cruces por cero limpios (Fig. 9). A continuación medimos el retraso Δt directamente en la escala horizontal como hemos hecho antes. El desfase entre ambas señales se calcula mediante:

$$\phi = 2\pi f \cdot \Delta t$$

que nos da su valor en radianes.

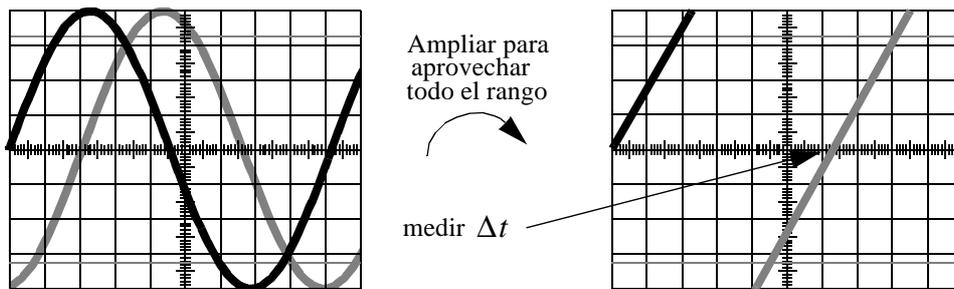


Figura 9: Medida del retraso entre dos señales sinusoidales.

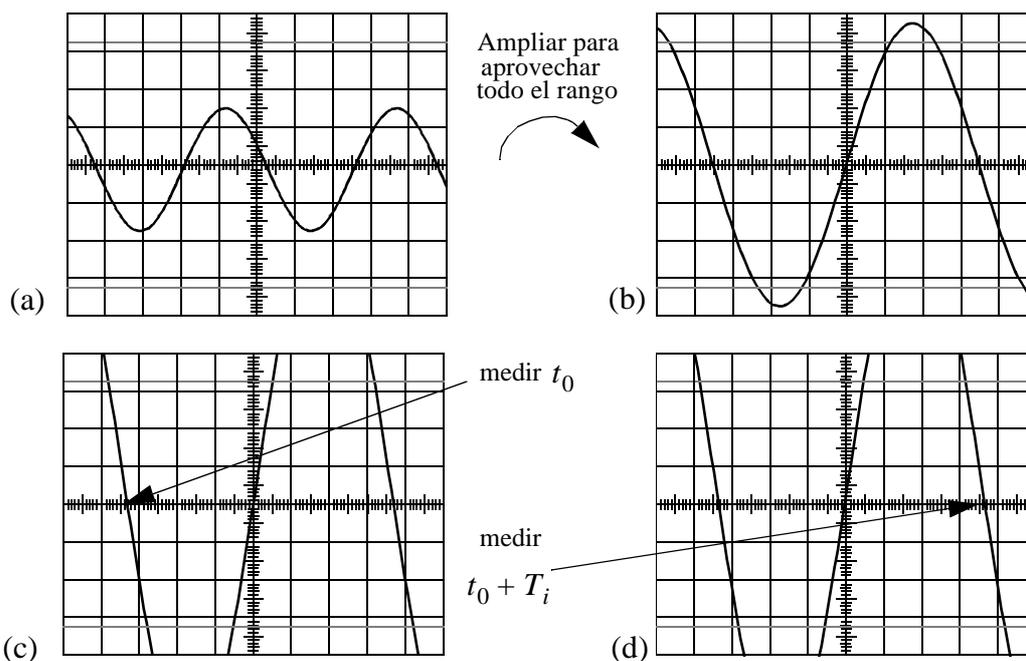


Figura 8: Medida del periodo de una señal sinusoidal.

Otra forma de evaluar el desfase es realizar las **medidas en modo XY**. Supongamos dos señales sinusoidales de la misma frecuencia $\omega = 2\pi f$ y con un desfase ϕ entre ellas. Además supongamos que tienen diferentes amplitudes (tensiones de pico), A y B respectivamente, que, por el momento no hemos medido. Si representamos una en el eje X y la otra en el eje Y, tenemos una elipse:

$$\left. \begin{aligned} x &= A \cdot \text{sen} \omega t \\ y &= B \cdot \text{sen}(\omega t + \phi) \end{aligned} \right\}$$

En el punto ①, que corresponde al instante $t = 0$, la abcisa vale 0 y la ordenada, y_1 , vale

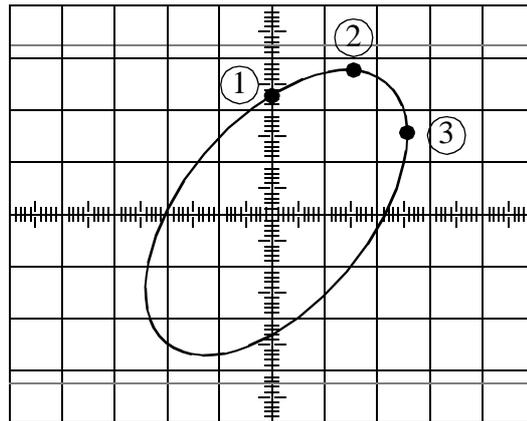


Figura 10: Medida del desfase entre dos señales sinusoidales en modo XY.

$y_1 = B \text{sen} \phi$. Por otro lado, en el punto ② la ordenada tendrá su valor máximo, o sea $y_2 = B$, de modo que el desfase entre ambas señales puede obtenerse mediante:

$$\phi = \text{sen}^{-1} \left(\frac{y_1}{y_2} \right)$$

Por supuesto, haremos uso del control de desplazamiento para obtener la ordenada del punto ②. La amplitud de la onda representada en el eje horizontal vendrá dada por la abcisa del punto ③.

A continuación veremos como se miden los **tiempos de subida y bajada** de pulsos. Supongamos una señal cuadrada real cuyos flancos de subida y bajada tienen una cierta pendiente. Para medir el tiempo de subida, escalaremos el pulso hasta situarlo entre el 0% y el 100% de la pantalla, es decir, que los máximos y mínimos de la señal se encuentren en el borde de la pantalla, y acto seguido, ajustaremos el selector de escala temporal de manera que observemos la transición del estado bajo al alto en su totalidad, utilizando la mayor parte de la pantalla que podamos pero sin descalibrar la escala (Fig. 11). Ahora medimos el instante en que la curva cruza la barrera del 10%, t_1 , y el instante en que cruza la del 90% (ambas están marcadas en la cuadrícula impresa sobre la pantalla del osciloscopio), o sea, t_2 . De modo que el tiempo de subida será:

$$t_r = t_2 - t_1$$

Para el tiempo de bajada, t_f , procedemos de manera análoga.

Para computar el **tiempo de propagación entre dos pulsos** (por ejemplo la entrada de un inversor y la tensión de salida), que viene dada por el tiempo que hay entre los cruces por el nivel de 50% de ambas señales, tendremos que representar las dos ondas simultáneamente, a continuación escalar las tensiones hasta que ambas ocupen el 100% de la pantalla (Fig. 12) y finalmente medir el tiempo en que se producen los cruces con el eje horizontal (t_1 y t_2). De modo que el tiempo de propagación será:

$$t_{pHL} = t_2 - t_1$$

De manera análoga se obtiene t_{pLH} .

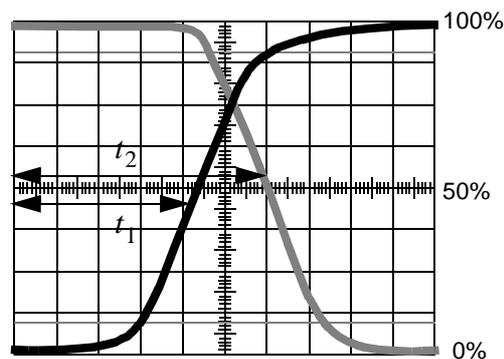


Figura 12: Medida del tiempo de propagación entre dos pulsos.

Finalmente, para obtener la **constante de tiempo de una exponencial**, colocamos la curva entre los extremos de la pantalla y obtenemos los instantes de tiempo correspondientes al cruce por el 90% y el 10%, o sea t_1 y t_2 . Dado que la curva es de la forma:

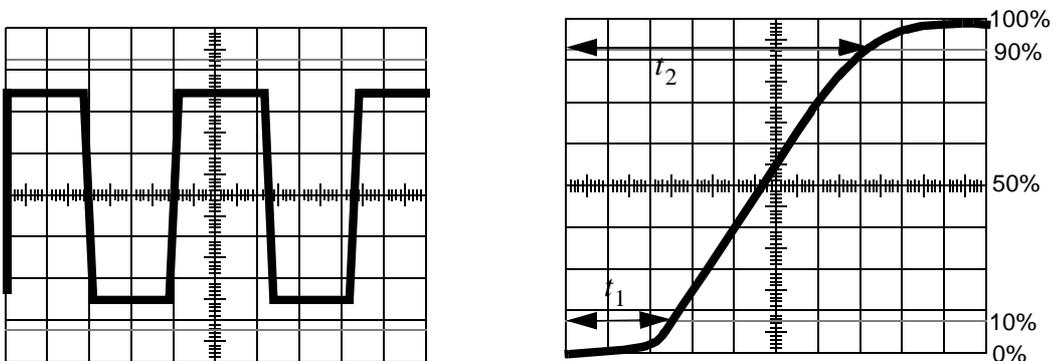


Figura 11: Medida del tiempo de subida de un pulso.

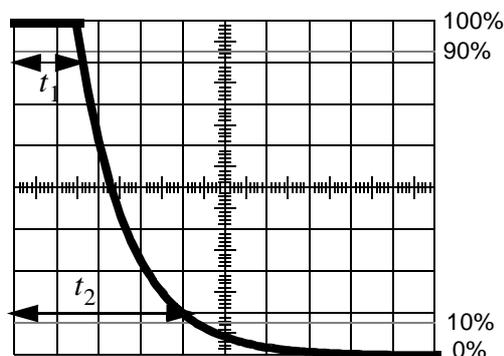


Figura 13: Medida del tiempo de transición entre dos pulsos.

$$v(t) = A \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$$

tendremos que $v(t_1) = A \exp(-t_1/\tau) = 0,9A$ y $v(t_2) = A \exp(-t_2/\tau) = 0,1A$ y por tanto la constante de tiempo vendrá dada por:

$$\tau = \frac{t_2 - t_1}{\ln 9} = 0,455\Delta t$$

Para una curva del tipo $v(t) = A[1 - \exp(-t/\tau)]$, que es el caso opuesto al que hemos representado, los cálculos son similares salvo que será necesario recurrir a un cambio de variable. La conclusión es la misma, de modo que el procedimiento para medir τ no cambia.

1.2 El generador de señales

Este dispositivo produce ondas eléctricas sinusoidales, cuadradas y triangulares de diferentes frecuencias. También nos va a permitir introducir un nivel de DC sobre el cual aplicaremos la señal en AC mediante el control de OFFSET. Este generador nos servirá para suministrar señales en AC al circuito del experimento y al osciloscopio. Veamos cuales son las características de las señales generadas por este dispositivo:

1.3 La fuente de alimentación

Este dispositivo no es más que una batería (pila) con funcionalidades añadidas. Suministra tensiones e intensidades en DC dentro de un determinado rango, lo que resulta muy conveniente para la alimentación de circuitos de test. A pesar de que parezca sencillo, una fuente en DC con una influencia mínima del ruido es difícil de conseguir. La señal en DC debe ser filtrada del ruido AC y debe ser suficientemente estable. Esto es muy importante hoy en día dado que la operación muchos circuitos microelectrónicos se ve severamente afectada por el ruido y la inestabilidad de la alimentación.

1.4 Tarjetas de adquisición de datos

Siete de los PCs que se encuentran en los puestos de prácticas tienen instaladas tarjetas de adquisición de datos. Estas tarjetas pueden realizar medidas de señales eléctricas hasta una frecuencia de unos 200kHz. Los datos adquiridos y digitalizados con una precisión de 8bits por un banco de convertidores A/D, pueden ser volcados al disco del ordenador para su posterior procesamiento. Asimismo, es posible generar señales mediante un banco de convertidores D/A también disponibles. EL resto de los PCs desarrollan una funcionalidad equivalente con la tarjeta de sonido, que aunque trabaja con señales a menor frecuencia (<40ks/s), tiene generalmente mayor precisión (12 o 16 bits).

Más adelante, cuando llegue el momento de utilizarlas, profundizaremos en el funcionamiento y la utilización de las tarjetas.

2. La Red de Ordenadores del Laboratorio

2.1 Disposición de la red

Además del los instrumentos descritos en el apartado anterior, encontraremos un PC en cada

uno de los puestos de prácticas del laboratorio. Estos PCs están conectados en red de manera que todos los programas que vamos a utilizar, así como los datos que salvemos, van a encontrarse en un servidor, del cuyo disco se realizarán periódicamente copias de seguridad. Por lo general, este servidor no será accesible físicamente salvo por el profesor de prácticas. Asimismo conviene no olvidar que ningún grupo va a estar asignado a un puesto de trabajo específico, sino que cada cual se irá colocando donde le parezca mejor según el orden de llegada al laboratorio. Esto, unido a que este laboratorio, y por tanto los PCs, se utilizan en otras asignaturas, nos lleva a que **EN NINGÚN CASO DEBEN UTILIZARSE LOS DISCOS LOCALES PARA EL ALMACENAMIENTO DE DATOS**. De estos discos locales no existirán copias de seguridad y es posible que algún otro usuario, de nuestra asignatura o no, pueda acceder a estos datos y modificarlos o borrarlos, intencionadamente o no. De modo que **TODOS LA INFORMACIÓN: RESULTADOS, INFORMES, CONFIGURACIÓN, ETC., DEBE SALVARSE EN EL DISCO DE USUARIOS DE LA RED**.

Los PCs del laboratorio pueden trabajar en dos sistemas operativos diferentes. Por un lado las Windows98 de Microsoft, y por otro el S. O. Linux (<http://www.linux.org/>). Este último es una versión gratuita (de libre distribución, bajo licencia pública) del UNIX para ordenadores de la plataforma PC (aunque también existen versiones de Linux para estaciones de trabajo Sun, HP, Silicon Graphics, etc.). En el desarrollo de las prácticas utilizaremos tanto programas que operan en Windows como programas que funcionan en Linux, por lo que tarde o temprano deberemos familiarizarnos con los comandos y operaciones básicas de cada uno de ellos, si bien ambos están dotados de una interface gráfica, cómoda para el usuario.

2.2 Cuentas de usuario

Cada uno de los grupos de prácticas, generalmente formado por tres personas, tendrá acceso a la red de ordenadores del laboratorio mediante un nombre de usuario, que será **seti_gr??** (donde ?? indica el número de grupo) y una palabra clave (*password*) que deberá ser suministrada en el primer momento que accedamos a nuestra *cuenta de usuario*. El procedimiento es el siguiente:

- Primero encenderemos el ordenador accionando el interruptor de paso de corriente eléctrica situado en el flanco izquierdo del puesto de trabajo, en la extensión de la pata de la mesa.
- A continuación arrancaremos el S. O. MS-Windows98 seleccionando la opción correspondiente mediante las teclas del cursor en el menú del programa gestor de arranque cuando este nos lo indique.
- Seguidamente el S. O. nos preguntará por el nombre de usuario y la contraseña. Como aún no tenemos una optaremos por “Cancelar”.
- Una vez dentro del escritorio de “Windows”, hemos de realizar un “telnet” (conexión a través de la red) al servidor para asignar una contraseña (*password*) a nuestro usuario. Así que abrimos el menú de “Inicio” y optamos por ejecutar. En el espacio correspondiente tecleamos **telnet mordor** y aceptamos.
- Aparecerá una ventana en blanco con un *prompt* (cursor) para hacer *login* (entrar) en el servidor, de nombre “mordor”. Teclearemos entonces nuestro nombre de usuario y tras pulsar ENTER estaremos dentro.
- Para asignar un password a nuestro usuario, una vez que tengamos una sesión abierta

en mordor, teclearemos **yppasswd** y seguiremos las instrucciones.

- Después de esto hacemos **logout**. Y volvemos a arrancar la sesión en Windows (no hace falta reiniciar el ordenador) pero introduciendo ya la contraseña desde el primer momento en que nos la pida. De este modo entraremos en un escritorio en el que ya aparecen los iconos de acceso a los programas que utilizaremos durante el curso.

El espacio del disco de usuarios de mordor disponible para cada grupo de prácticas (para cada usuario `seti_gr??`) será de 25MB. Este debe ser suficiente para realizar las prácticas de todo el semestre. Se recomienda no guardar información redundante o innecesaria, para lo cual es conveniente mantener un orden suficientemente escrupuloso del árbol de directorios. Recuérdese que esta cuenta pertenecerá al grupo de prácticas por lo que más de una persona tendrá que acceder a los datos. Si no mantenemos en orden estos datos corremos el riesgo de utilizar datos incorrectos en la realización de las memorias o de borrar información relevante. Asimismo recomendamos comprimir los datos que no vayan a ser utilizados de manera continuada (por ejemplo las prácticas que ya se hayan entregado, etc.).

2.3 Acceso a los datos

2.3.1 Grabación de diskettes

Como puede comprobarse en el laboratorio, las unidades centrales de los PCs no están accesibles físicamente. Esto se hace para evitar deterioros innecesarios del equipo. En general, no vamos a necesitar acceder a dichas CPUs puesto que los datos que nos importan estarán almacenados en el disco de usuarios del servidor. Si estamos interesados en copiar parte de la información que hay en nuestra cuenta en uno o más diskettes tendremos que pedir al profesor o monitor encargado del servidor que nos facilite esta copia. Este procedimiento es el habitual en redes corporativas en las que existe un estricto control de los datos que entran y salen del sistema.

2.3.2 Acceso desde `bart.us.es`

Aquellos alumnos con cuenta en `bart.us.es` pueden acceder a sus datos en el servidor del laboratorio (mordor). Para ello deberán conectarse por **FTP** a mordor desde bart (sólo hay que hacer **ftp 172.16.0.78** desde el prompt de UNIX de bart) y así podrán recibir y enviar datos desde o hacia su cuenta en el laboratorio.

2.4 Impresión de datos

La impresora de la red, gestionada por el servidor, es accesible desde cualquiera de los puestos de trabajo. De este modo y en cualquier momento, desde nuestra sesión en Windows o en Linux, podemos enviar datos a imprimir. De todos modos es importante recordar varias cosas antes de mandar un trabajo a la impresora:

- Los trabajos se imprimirán en una cola de impresión, lo que quiere decir que no estarán disponibles instantáneamente, sino que antes de que salga nuestro trabajo deberán salir todos aquellos que han sido enviados con anterioridad. de esto se deduce que enviar el mismo trabajo veinte veces a imprimir no sólo no aumenta la velocidad de impresión sino que además satura el buffer de datos de la cola de impresión y ralentiza el tráfico de datos por la red.

- Cada usuario tiene control por software de sus trabajos de impresión de modo que aquel usuario que por error haya colocado un trabajo en la cola debe poder eliminarlo de la misma. Es conveniente saber cómo se procede a eliminar un trabajo de la cola de impresión antes de que nos lancemos a imprimir ningún dato.
- El administrador del sistema (generalmente el profesor de la asignatura) tiene acceso a la cola de impresión por lo que procederá a eliminar de la misma aquellos trabajos que, por haber sido enviados repetidamente, obstaculicen la impresión de los trabajos de los demás.
- No está de más considerar el coste económico y ecológico que tiene el hacer un uso indiscriminado de la impresión de datos en papel. Convendrá no mandar a imprimir trabajos sin terminar, información irrelevante, etc.

3. Software de CAD

En algunas de las prácticas programadas vamos a hacer uso de diferentes herramientas de CAD (diseño asistido por ordenador). Estas herramientas van a ser simuladores, entornos de diseño, herramientas específicas, herramientas de cálculo o procesamiento de datos, etc. Como hemos dicho antes, algunas de ellas van a operar en Windows y otras en Linux. A lo largo del curso iremos adquiriendo los conocimientos necesarios sobre cada una de ellas, así como sobre los sistemas operativos, conforme los vayamos necesitando. Aquí vamos a hacer una breve reseña sobre su funcionalidad. Muchas de estas herramientas son de libre distribución (bien por tratarse de freeware o de shareware o bien por tratarse de versiones de evaluación), otras sin embargo funcionarán bajo licencia.

3.1 Pspice (Microsim y ORCAD)

Pspice es un programa comercial de simulación de circuitos eléctricos y electrónicos basado en el programa SPICE (simulation program with integrated circuit emphasis) de la Universidad de California, Berkeley. Se encuentra integrado dentro de un entorno de diseño de circuitos desarrollado por Microsim (versión 7) y ORCAD (versión 8). Estos entornos incluyen la captura de esquemáticos (front-end), simulación, visualización de los resultados de la simulación, y, en la versión comercial (la que aquí tenemos es una de evaluación, suficiente para nuestras necesidades), edición de layout (back-end).

Estos entornos funcionan bajo Windows mientras que el SPICE original está pensado para correr en UNIX por lo que puede descargarse de la red (<http://www-cad.eecs.berkeley.edu:80/Software/software.html>) y compilarse en Linux para ejecutarlo en un PC. En su momento haremos una introducción al uso de SPICE (y derivados Pspice, HSPICE, etc.)

3.2 Filter, FilterWiz y NAF2

Estos programas son específicos para diseño de filtros. Operan en DOS (por lo que va a ser posible ejecutarlos en Windows) y tienen menús desplegables que nos guiarán a través del proceso de diseño. Con ellos introduciremos diferentes especificaciones y obtendremos las aproximaciones de filtros prototipos que queramos de manera automática. Luego, tras seleccionar el tipo de realización vamos a obtener como salida del programa un listado del circuito para simular con SPICE. Todos estos programas son freeware o demos de shareware por lo que está

autorizada su distribución.

3.3 Matlab

Matlab (Matrix Laboratory) es, conceptualmente, un lenguaje de programación de alto nivel que posee funciones para la realización de múltiples operaciones con datos de diferente estructura y complejidad (fundamentalmente matrices). Este programa, aparte de que podamos ejecutar simulaciones componiendo el script que nos convenga, nos va a servir para analizar los datos obtenidos en la realización de las prácticas y para calcular los resultados y representarlos gráficamente. Este programa es comercial (<http://www.mathworks.com/>) y está disponible, además de en el laboratorio, en el Centro de Cálculo de la Escuela.

4. Material

4.1 Lista de material

- Regleta de test
- Condensadores: 2 de 1nF, 2 de 10nF, 2 de 100nF y 1 de 1 μ F
- Inductores: 1 de 5.6mH
- Resistencias: 6 de 100 Ω , 2 de 120 Ω , 1 de 270 Ω , 2 de 1K Ω , 2 de 3.3K Ω , 1 de 4.7K Ω , 8 de 10K Ω , 1 de 47K Ω , 4 de 100K Ω , 1 de 220K Ω , 4 de 1M Ω y 2 de 10M Ω .
- Potenciómetro: 1 de 20K Ω
- 1 diodo
- OPAMPs: 2 μ A741
- ICs: 14001, 14007, 14066, 14069.

4.2 Normas

Este material será entregado a cada grupo de prácticas al principio del curso. Al final de cada práctica este material quedará almacenado en el laboratorio hasta el siguiente día de trabajo. Al final del semestre debe hacerse entrega del mismo al profesor de la asignatura. En caso de deterioro o disfunción de algún componente deberá solicitarse su reposición al profesor.

Es conveniente identificar el envoltorio ya que el material perteneciente a todos los grupos de prácticas de esta asignatura compartirá el mismo armario.

5. Informes y memorias de prácticas

5.1 Estructura de la memoria

Al término de cada práctica tendremos que entregar un informe o memoria de la experiencia realizada. Para la redacción de dicho informe será necesario respetar ciertas normas con el fin de mantener un grado aceptable de claridad, concisión y precisión. Siguiendo estas indicaciones, el informe será más fácil de evaluar, lo cual incidirá positivamente en la calificación. La funcionalidad de la memoria de prácticas es explicar con brevedad, rigor y claridad qué hemos hecho, por qué lo hemos hecho, con qué lo hemos hecho, cómo lo hemos hecho y cuál

ha sido el resultado de nuestras acciones. Estos son los apartados en los que generalmente se divide una memoria de prácticas:

- **Objetivos.** En primer lugar, y antes de comenzar a desarrollar los fundamentos teóricos y los métodos experimentales, tenemos que establecer claramente qué pretendemos mostrar con la experiencia.
- **Fundamento teórico.** Con el fin de realizar un trabajo completo, cerrado y, en cierto modo, autocontenido, es conveniente realizar una introducción teórica que, por otro lado, nos va a servir para establecer la notación que seguiremos a lo largo de la memoria. En esta introducción teórica puede ser tan peligroso ser demasiado escueto, de manera que no quede clara la relación entre la teoría y el experimento que vamos a plantear, como demasiado extenso, ya que no se trata de demostrar que se tienen ciertos conocimientos sino de poner en antecedentes al lector.
- **Materiales.** A continuación realizaremos un listado con una breve descripción de los materiales que vamos a emplear en el montaje experimental esta práctica.
- **Montaje y método experimental.** Este apartado está dedicado a describir la disposición de los materiales reseñados y a detallar las diferentes configuraciones que utilizaremos para obtener los datos experimentales que necesitamos. Aquí podemos establecer la relación entre el fundamento teórico y el montaje experimental en concreto si no lo hemos hecho en el apartado anterior.
- **Medidas y datos experimentales.** En esta sección vamos a incluir tablas de medidas realizadas durante el desarrollo de la experiencia. A veces puede resultar conveniente fundir esta parte de la memoria con la descripción del método experimental. De todos modos, es siempre conveniente que los resultados de las medidas sean fácilmente localizables a lo largo del informe, por tanto englobarlos en un apartado diferente parece ser lo más apropiado.
- **Cálculos y resultados.** Es muy probable que los resultados apuntados por los objetivos de la práctica no sean explícitamente las medidas hechas en el laboratorio. Incluso si se corresponden es necesario evaluar la fidelidad de la medida, los errores o incertidumbres introducidos. En este apartado explicaremos y desarrollaremos todos estos cálculos para, finalmente, exponer claramente los resultados.
- **Evaluación e interpretación de los resultados y conclusiones.** Por último, es necesario incluir una discusión sobre los resultados obtenidos en comparación con los resultados que teníamos previsto obtener. Este es el apartado clave de la memoria, si no interpretamos los resultados obtenidos, todo el trabajo anterior no ha servido para nada. El objetivo de las prácticas es el de constatar ciertas afirmaciones y resultados expuestos en la teoría. Estos resultados teóricos provienen de modelar los sistemas reales a partir de ciertas aproximaciones, de modo que es de esperar una cierta discrepancia entre los resultados esperados y los obtenidos. Parte de los objetivos de la práctica será la evaluación de la precisión de dichos modelos. También en este apartado se evalúa el grado de consecución de los objetivos trazados al comienzo de la memoria.
- **Bibliografía y referencias.** En este apartado reseñaremos las obras (libros, artículos, revistas) citadas en el desarrollo de la memoria.
- **Gráficas, esquemas, otros materiales.** Las gráficas y los esquemas pueden incluirse al final de la memoria, o bien intercalarse en el desarrollo de la misma. La

recomendación a este respecto es que si la inserción de una gráfica implica una reducción o pérdida de calidad notable con respecto a la de la gráfica por separado, entonces es mejor que la adjuntemos por separado al final de la memoria.

5.2 Estilo y presentación

Aunque ya hemos hecho alusión a algunos detalles de estilo en la redacción de la memoria, todavía quedan muchos aspectos que es conveniente resaltar:

- **Mantener la misma notación** durante todo el desarrollo de la memoria. Si a una determinada magnitud le asignamos un nombre, este nombre y el criterio seguido en la asignación debe mantenerse a lo largo de la práctica. Asimismo debemos mantenerse esa misma concordancia entre las expresiones que aparezcan en fórmulas, en el texto y en las gráficas.
- **Concisión y claridad en la exposición**, no repetir las cosas pero decirlas, eliminar la información redundante pero no la imprescindible. Utilizar frases sencillas y ciertas, evitando dobles interpretaciones.
- **Rigurosidad en la expresión de los resultados**. Es necesario que expresemos rigurosamente los resultados, dando una valoración cuantitativa de la bondad de nuestra aproximación o del error cometido o incertidumbre confrontada. Evitemos expresiones vagas y valoraciones cualitativas sin cuantificar.
- **Utilizar los símbolos que convencionalmente** se emplean en publicaciones relativas al tema. Por ejemplo, si llamamos V_1 a la intensidad que pasa por la rama 1 de un circuito sólo conseguiremos confundirnos, confundir a la audiencia y al evaluador, atentando contra el principio de claridad.
- **Anotar las unidades** correspondientes a la magnitud representada en cada resultado. Un resultado sin unidades puede ser considerado incorrecto.
- **Objetividad** en la evaluación de los resultados. Ocultar que algo no ha salido bien no nos lleva a hacerlo mejor la próxima vez. Hacer un análisis de las causas del error, sí.

5.3 Errores o incertidumbres

En la exposición de los resultados será necesario ofrecer una estimación cuantitativa del error, o mejor dicho, de la incertidumbre, con la que conocemos dicho resultado. Hemos de tener en cuenta que ya en el momento de la medida nos vemos obligados a introducir cierta incertidumbre debido a la precisión de los instrumentos de medida. Por ejemplo, con una regla dividida en milímetros, podremos obtener medidas de longitud con una incertidumbre de $\pm 0,5\text{mm}$, ni más ni menos. Además de esta imprecisión, cada vez que operamos con estos datos introducimos errores de redondeo, de manera que la precisión inicial puede degradarse aún más. De este modo, resultados con un número ingente de cifras significativas no tienen sentido y pueden causarnos problemas de acumulación de errores.

5.4 Referencias bibliográficas

El criterio a seguir para exponer una referencia bibliográfica será el siguiente: para un artículo de una revista o congreso:

Nombre o nombres del o de los autor o autores, “Título del Artículo”. *Nombre de la Revista o de las Actas del Congreso*, pp. #, Vol. #, No. #, Mes Año.

y para un libro:

Nombre o nombres del o de los autor o autores o editor o editores, *Título del Libro*. Nombre de la Editorial, Lugar de publicación y año de publicación.

Bibliografía

J. P. Holman, *Métodos Experimentales para Ingenieros*. 4^a ed. McGraw-Hill, México D. F. 1986.

J. A. Harrington, “Basic Electronics for Ceramic Engineers”, in *Hewlett-Packard’s Educator’s Corner*, v. 3.0, 1998.

E. O. Doebelin, *Measurement Systems: Application and Design*. 4th Edition. McGraw-Hill, New York 1990.

