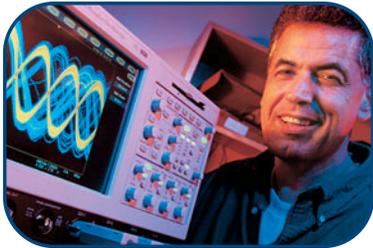


El XYZ de los osciloscopios



COMPUTING

COMMUNICATIONS

VIDEO

Relación de contenido

Introducción3

Integridad de la señal

La importancia de la integridad de la señal4

¿Por qué es un problema la integridad de la señal?4

Orígenes analógicos de las señales digitales5

El osciloscopio

Comprensión de las formas de onda y de las medidas de forma de onda6

Tipos de ondas7

 Ondas sinusoidales7

 Ondas cuadradas y rectangulares7

 Ondas en diente de sierra y triangulares7

 Ondas en escalón y pulsos8

 Señales periódicas y no periódicas8

 Señales sincrónicas y asíncronas8

 Ondas complejas8

Medidas de formas de onda9

 Frecuencia y período9

 Voltaje9

 Amplitud9

 Fase10

 Medidas de formas de onda con osciloscopios digitales10

Tipos de osciloscopios

Osciloscopios analógicos11

Osciloscopios digitales12

 Osciloscopios de memoria digital13

 Osciloscopios de fósforo digital15

 Osciloscopios de muestreo17

Sistemas y controles de un osciloscopio

Sistema y controles verticales18

 Posición y voltios por división19

 Acoplamiento de la entrada19

 Límite de ancho de banda20

 Modos de presentación alternado y troceado20

Sistema y controles horizontales21

 Controles de adquisición21

 Modos de adquisición21

 Inicio y parada del sistema de adquisición23

 Muestreo23

 Controles de muestreo23

 Métodos de muestreo23

 Muestreo en tiempo real24

 Muestreo en tiempo real con interpolación25

 Muestreo en tiempo equivalente25

 Muestreo en tiempo equivalente aleatorio26

 Muestreo en tiempo equivalente secuencial26

 Posición y segundos por división27

 Selecciones de la base de tiempos27

 Zoom27

 Modo XY27

 Eje Z27

 Modo XYZ27

Sistema de disparo y controles28

 Posición del disparo29

 Nivel y pendiente de disparo30

 Fuentes de disparo30

 Modos de disparo30

 Acoplamiento del disparo30

 Retención del disparo ("holdoff")31

Sistema de presentación y controles31

Otros controles del osciloscopio

 Operaciones matemáticas y medidas32

El XYZ de los osciloscopios

► Conceptos básicos

El sistema completo de medida

Sondas	33
Sondas pasivas	34
Sondas activas y diferenciales	35
Accesorios de las sondas	36

Términos y consideraciones acerca de las prestaciones

Ancho de banda	37
Tiempo de subida	38
Velocidad de muestreo	39
Velocidad de captura de formas de onda	40
Longitud de registro	40
Capacidades del disparo	41
Bits efectivos	41
Respuesta en frecuencia	41
Sensibilidad vertical	41
Velocidad de barrido	41
Precisión de la ganancia	41
Precisión horizontal (base de tiempos)	41
Resolución vertical (convertidor analógico/digital)	41
Conectividad	42
Capacidad de expansión	43
Facilidad de utilización	44
Sondas	44

Operación del osciloscopio

Configuración	45
Conexión a tierra del osciloscopio	45
Conéctese a tierra	45
Configuración de los controles	46
Utilización de las sondas	46
Conexión de la pinza de toma de tierra	46
Compensación de la sonda	47

Técnicas de medida con osciloscopios

Medidas de voltaje	48
Medidas de tiempo y frecuencia	49
Medidas de ancho de pulsos y tiempos de subida	49
Medidas de desplazamiento de fase	50
Otras técnicas de medida	50

Ejercicios escritos

Parte I

Ejercicio de vocabulario	51
Ejercicio de aplicación	52

Parte II

Ejercicio de vocabulario	53
Ejercicio de aplicación	54

Clave de respuestas	55
---------------------------	----

Glosario	56
----------------	----

Introducción

La naturaleza se "mueve" en forma de ondas sinusoidales, ya sean las olas del océano, un terremoto, un estampido sónico, una explosión, el sonido a través del aire, o la frecuencia natural de un cuerpo en movimiento. La energía, las partículas vibratorias y otras fuerzas invisibles, impregnan nuestro universo físico. Incluso la luz —en parte partícula y en parte onda— tiene una frecuencia fundamental que se puede observar como un color determinado.

Los sensores pueden convertir a estas fuerzas en señales eléctricas que se pueden observar y estudiar mediante un osciloscopio. Los osciloscopios permiten a los científicos, ingenieros, técnicos, educadores, y demás profesionales, "ver" eventos que cambian con el tiempo.

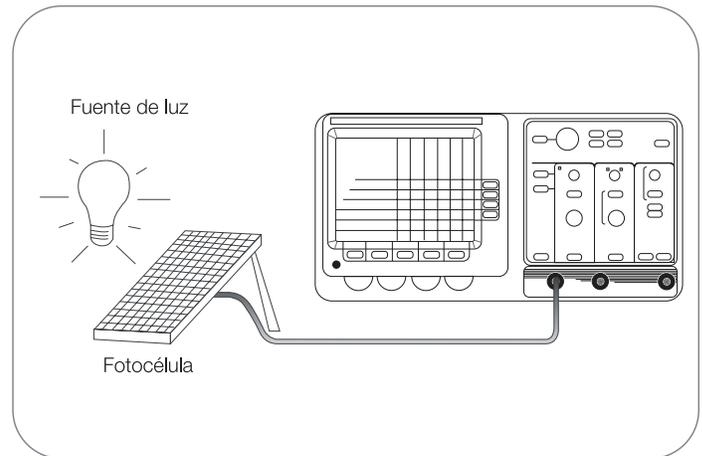
Los osciloscopios son herramientas indispensables para cualquiera que trabaje en diseño, fabricación o reparación de equipos electrónicos. En el trepidante mundo actual, los ingenieros necesitan las mejores herramientas disponibles para resolver sus problemas de medida con rapidez y precisión. Actuando como los ojos del ingeniero, los osciloscopios son la clave para satisfacer las exigentes demandas de medida actuales.

La utilidad de un osciloscopio no está limitada al mundo de la electrónica. Con el **transductor** adecuado, un osciloscopio puede medir todo tipo de fenómenos. Un transductor es un dispositivo que genera una señal eléctrica en respuesta a un estímulo físico, tal como un sonido, una fatiga mecánica, la presión, la luz, o el calor. Un micrófono es un transductor que convierte un sonido en una señal eléctrica. La Figura 1 muestra un ejemplo de datos científicos que pueden ser recogidos por un osciloscopio.

Los osciloscopios son utilizados por todo el mundo, desde físicos a técnicos de reparación de televisores. Un ingeniero de automoción utiliza un osciloscopio para medir las vibraciones del motor. Un investigador médico utiliza un osciloscopio para medir las ondas cerebrales. Las posibilidades no tienen límites.

Los conceptos presentados en este manual le proporcionarán un buen punto de partida para la comprensión de los conceptos básicos y de operación de un osciloscopio.

El glosario al final de este manual incorpora definiciones de ciertos términos técnicos. El vocabulario y los ejercicios escritos con múltiples respuestas sobre la teoría y controles del osciloscopio, hacen de este manual una útil ayuda en el aula. No son necesarios conocimientos matemáticos ni electrónicos.



▶ **Figura 1.** Un ejemplo de datos científicos recogidos por un osciloscopio.

Después de leer este manual, usted podrá:

- ▶ Describir cómo funciona un osciloscopio
- ▶ Describir las diferencias entre los osciloscopios analógicos, de memoria digital, de fósforo digital, y de muestreo
- ▶ Describir los tipos de formas de ondas eléctricas
- ▶ Entender los controles básicos de un osciloscopio
- ▶ Efectuar medidas simples

El manual suministrado con su osciloscopio le proporcionará información más específica acerca de cómo utilizar el osciloscopio en su trabajo.

Algunos fabricantes de osciloscopios proporcionan también una gran cantidad de notas de aplicación, que le ayudarán a optimizar el osciloscopio para sus aplicaciones específicas de medida.

Si necesitase asistencia adicional, o si tuviese algún comentario o pregunta acerca del material en este manual, simplemente contacte con su representante de Tektronix, o visite www.tektronix.com.

El XYZ de los osciloscopios

► Conceptos básicos

Integridad de la señal

La importancia de la integridad de la señal

La clave para un buen sistema de osciloscopio es la habilidad del mismo para reconstruir con precisión una forma de onda. Es lo que se denomina integridad de la señal. Un osciloscopio es análogo a una cámara que captura imágenes de una señal que podemos luego observar e interpretar. Hay dos temas claves en el fundamento de la integridad de la señal.

- Cuando se toma una fotografía, ¿es ésta una imagen precisa de lo que ocurrió en ese momento?
- ¿La imagen está clara o borrosa?
- ¿Cuántas imágenes precisas como ésta se pueden tomar por segundo?

En conjunto, los diferentes sistemas y el nivel de prestaciones de un osciloscopio contribuyen a su habilidad para representar una señal con las características de integridad más elevadas posibles. Las sondas también afectan a la integridad de la señal de un sistema de medida.

La integridad de la señal influye en muchas disciplinas de diseño electrónico. Pero hasta hace unos pocos años, no representaba un mayor problema para los diseñadores digitales. Éstos podían confiar en sus diseños lógicos para que actuasen como los circuitos Booleanos que eran. Las señales imprecisas y ruidosas eran algo que sucedía en los diseños de alta velocidad —algo de lo que se tenían que preocupar los ingenieros de RF. Los sistemas digitales cambiaban lentamente y las señales se estabilizaban de una forma predecible.

Desde entonces, la velocidad de reloj de los procesadores se ha multiplicado por varios órdenes de magnitud. Las aplicaciones informáticas, tales como gráficos en 3D, vídeo y servidores de E/S, requieren un gran ancho de banda. Una gran parte de los equipos de telecomunicaciones actuales están basados en técnicas digitales y, de forma similar, requieren masivos anchos de banda. Lo mismo sucede con la TV digital de alta definición. Las actuales generaciones de dispositivos microprocesadores manejan datos a velocidades de 2, 3 e incluso 5 GS/s (gigamuestras por segundo), mientras que algunos dispositivos de memoria utilizan relojes de 400 MHz, así como señales de datos con 200 ps de tiempo de subida.

Los aumentos de velocidad han influido de forma importante en los dispositivos CI más comunes como los utilizados en automóviles, VCR y controladores de maquinaria, por citar solamente algunas aplicaciones. Un procesador que funciona a una velocidad de reloj de 20 MHz puede muy bien implicar señales con tiempos de subida similares a los de un procesador de 800 MHz. Los diseñadores han cruzado un umbral de prestaciones que significa, en efecto, que casi cualquier diseño es un diseño de alta velocidad.

Sin algunas medidas de precaución, pueden ir surgiendo problemas de alta velocidad en los diseños digitales que, por lo demás, se consideran convencionales. Si un circuito está teniendo fallos intermitentes, o si aparecen errores en condiciones de voltaje y temperatura extremos, es posible que existan problemas de integridad de la señal ocultos. Estos problemas pueden afectar a la fecha de aparición de un producto en el mercado, a su fiabilidad, a su conformidad EMI, etc.

¿Por qué es un problema la integridad de la señal?

Echemos un vistazo a algunas de las causas específicas de la degradación de la señal en los diseños digitales actuales. ¿Por qué en la actualidad se están produciendo estos problemas mucho más que en años anteriores?

La respuesta es la velocidad. Antiguamente, mantener una integridad aceptable de la señal digital significaba prestar atención a detalles como distribución del reloj, diseño de la ruta de la señal, márgenes de ruido, efectos de carga, efectos de línea de transmisión, terminación del bus, desacoplamiento y distribución de la potencia. Todas estas reglas son todavía aplicables, pero...

¡Los tiempos de ciclo de bus son hasta miles de veces más rápidos de lo que eran hace 20 años! Las transacciones que antes tardaban microsegundos, se miden ahora en nanosegundos. Para lograr esta mejora, las velocidades de flanco también se han acelerado: son hasta 100 veces más rápidas que las de hace dos décadas.

Todo esto está muy bien; sin embargo, ciertas realidades físicas han impedido que la tecnología de tarjetas de circuito siguiese una evolución similar. El tiempo de propagación de los buses que interconectan los chips ha permanecido casi inalterado durante décadas. Los tamaños se han reducido, ciertamente, pero existe todavía la necesidad de desarrollar tarjetas de circuito más adecuadas a los actuales dispositivos de CI, conectores, componentes pasivos y, por supuesto, el trazado de los buses en sí mismo. Las actuales tarjetas de circuito suman distancia, y la distancia significa tiempo —el enemigo de la velocidad.

Es importante recordar que la velocidad de flanco —tiempo de subida— de una señal digital puede transportar componentes de frecuencia mucho más elevadas que lo que su velocidad de repetición pudiera implicar. Por esta razón, algunos diseñadores buscan deliberadamente dispositivos de CI con tiempos de subida relativamente "lentos".

Los modelos de circuito de parámetros concentrados han sido desde siempre la base de la mayoría de los cálculos utilizados para predecir el comportamiento de una señal en un circuito. Pero cuando las velocidades de flanco son de cuatro a seis veces más rápidas que el retardo de la ruta de la señal, el modelo simple de parámetros concentrados ya no es aplicable.

Las pistas de la tarjeta de circuito de sólo 15 cm de largo se convierten en líneas de transmisión cuando se incluyen señales que muestran tiempos de transición de flanco inferiores a cuatro o seis nanosegundos, sin importar la velocidad del ciclo. En efecto, se crean nuevas rutas de la señal. Estas conexiones intangibles no están en los diagramas del circuito, pero sin embargo proporcionan los medios para que las señales se influyeran entre sí de forma impredecible.

Al mismo tiempo, las rutas proyectadas para la señal no trabajan en la forma anticipada. Los planos de tierra y los planos de alimentación, como las pistas de la señal descritas anteriormente, se vuelven inductivas y actúan como líneas de transmisión. El desacople de la fuente de alimentación resulta así mucho menos eficaz. Las interferencias EMI aumentan conforme las velocidades de flanco más rápidas producen longitudes de onda más cortas respecto a la longitud del bus. La diafonía aumenta.

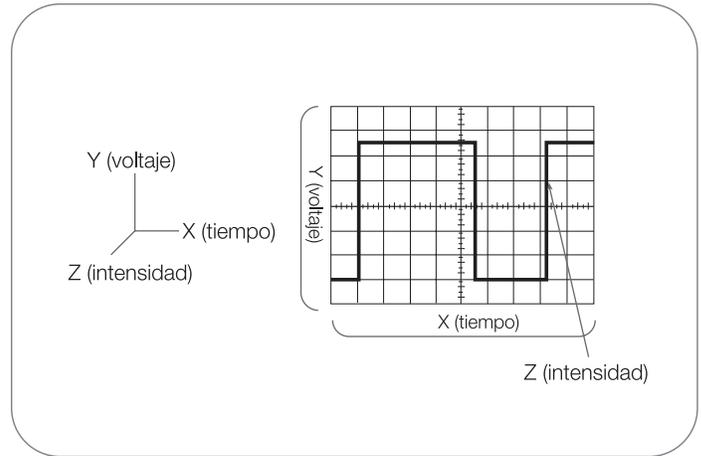
Adicionalmente, estas rápidas velocidades de flanco requieren, por lo general, corrientes elevadas para producirlas. Las corrientes elevadas tienden a causar rebotes de tierra, especialmente en buses anchos en los que muchas señales cambian a la vez. Además, estas corrientes más elevadas aumentan la cantidad de energía magnética radiada y, con ello, la diafonía.

Orígenes analógicos de las señales digitales

¿Qué tienen en común todas estas características? Son fenómenos **analógicos** clásicos. Para solucionar los problemas de integridad de la señal, los diseñadores digitales necesitan ingresar al dominio del tiempo. Y para dar ese paso, necesitan herramientas que les puedan mostrar cómo interactúan las señales analógicas y digitales.

A menudo, los errores digitales tienen sus raíces en problemas de integridad de la señal analógica. Para localizar la causa del fallo digital, con frecuencia es necesario recurrir a un osciloscopio que pueda mostrar detalles de la forma de onda, sus flancos y ruido, detectar y mostrar transitorios, y ayudar a medir de forma precisa relaciones temporales tales como los tiempos de establecimiento y retención.

La comprensión de cada uno de los sistemas de su osciloscopio y cómo aplicarlos, contribuirá a una utilización eficiente del osciloscopio para abordar sus problemas específicos de medida.



► **Figura 2.** Componentes X, Y y Z de una presentación de forma de onda.

El osciloscopio

¿Qué es un **osciloscopio** y cómo funciona? Esta sección responde a estas preguntas fundamentales.

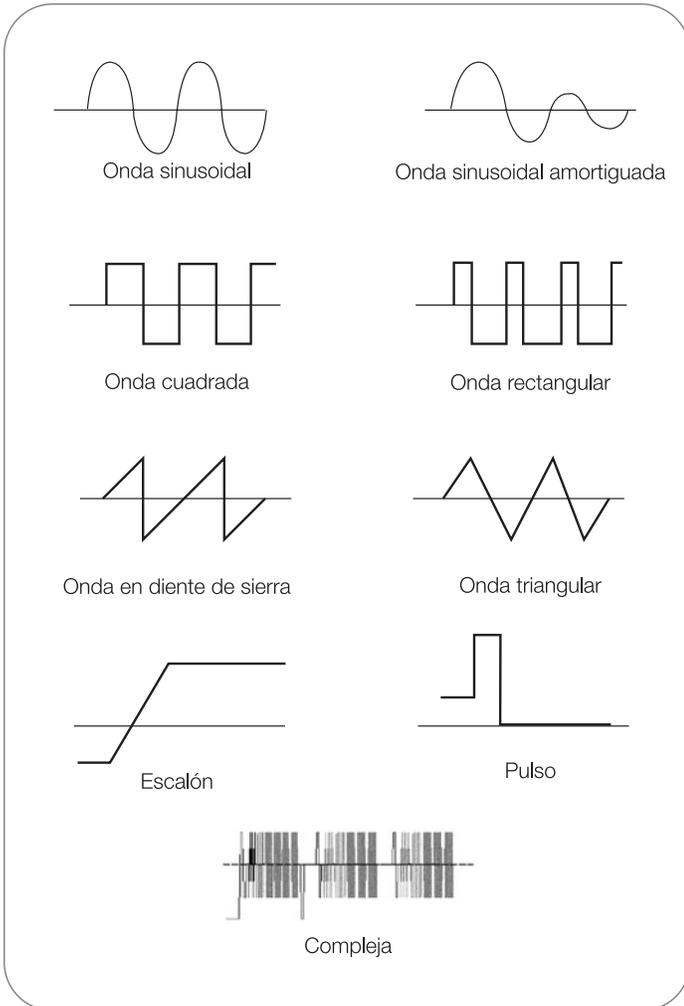
Básicamente, el osciloscopio es un dispositivo de presentación de gráficas, es decir, traza una gráfica de una señal eléctrica. En la mayoría de las aplicaciones, esta gráfica muestra cómo cambia una señal con el tiempo: el eje vertical (Y) representa el **voltaje**, y el eje horizontal (X) representa el **tiempo**. La **intensidad** o brillo de la pantalla se denomina, a veces, eje Z. (Ver Figura 2).

Este sencillo gráfico le puede decir muchas cosas acerca de una señal, tales como:

- Los valores de tiempo y voltaje de una señal
- La frecuencia de una señal oscilante
- Las "partes móviles" de un circuito representadas por una señal
- La frecuencia con la que está ocurriendo una porción particular de la señal con relación a otras porciones
- Si el mal funcionamiento de un componente está distorsionando la señal o no
- Qué parte de una señal es corriente continua (CC) y qué parte corriente alterna (CA)
- Qué parte de una señal es ruido, y si el ruido cambia en el tiempo

El XYZ de los osciloscopios

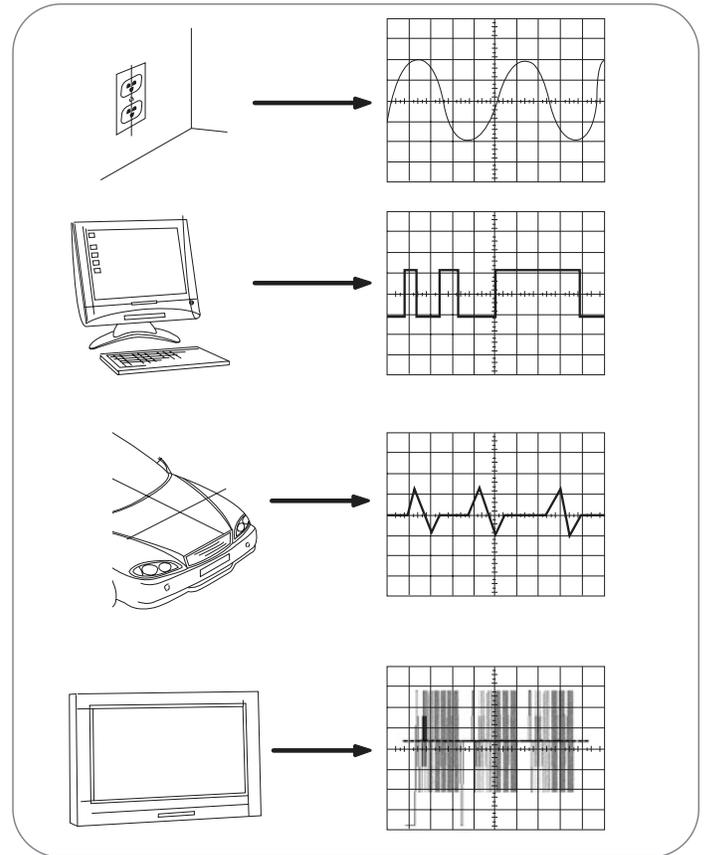
► Conceptos básicos



► **Figura 3.** Formas comunes de ondas.

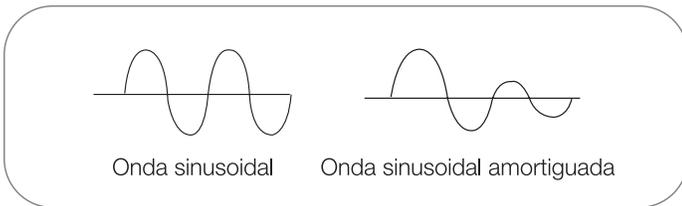
Comprensión de las formas de onda y de las medidas de forma de onda

El término genérico para un patrón que se repite a lo largo del tiempo es **onda**; ondas de sonido, ondas cerebrales, ondas del océano, y ondas de voltaje, son todos patrones repetitivos. Un osciloscopio mide ondas de voltaje. Un **ciclo** de una onda es la porción de esta onda que se repite. Una **forma de onda** es una representación gráfica de la onda. Una forma de onda de voltaje muestra el tiempo en el eje horizontal y el voltaje en el eje vertical.

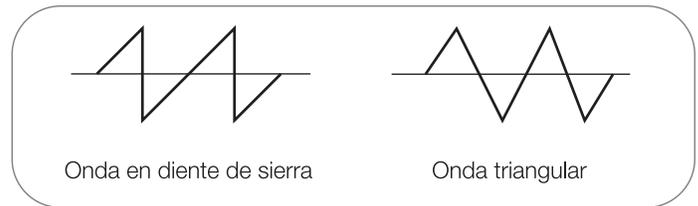


► **Figura 4.** Fuentes de formas de onda habituales.

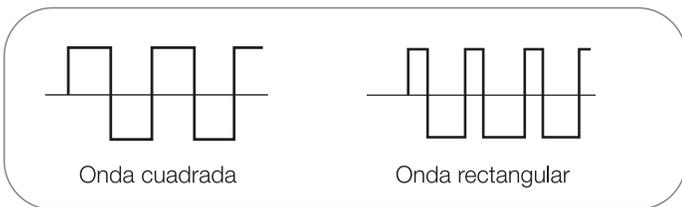
Los contornos de una forma de onda revelan mucho acerca de una señal. Cada vez que se ve un cambio en la parte superior de una forma de onda, se sabe que el voltaje ha cambiado. Cada vez que hay una línea horizontal plana, se sabe que no ha habido ningún cambio durante ese tiempo. Las líneas rectas y diagonales indican un cambio lineal —subida o bajada de voltaje a una velocidad estable. Los ángulos agudos en una forma de onda indican un cambio repentino. La Figura 3 muestra formas de onda habituales, y la Figura 4 muestra fuentes de formas de onda habituales.



► **Figura 5.** Ondas sinusoidales y sinusoidales amortiguadas.



► **Figura 7.** Ondas en diente de sierra y triangulares.



► **Figura 6.** Ondas cuadradas y rectangulares.

Tipos de ondas

La mayoría de las ondas se pueden clasificar en:

- Ondas sinusoidales
- Ondas cuadradas y rectangulares
- Ondas de diente de sierra y triangulares
- Ondas en escalón y pulsos
- Señales periódicas y no periódicas
- Señales síncronas y asíncronas
- Ondas complejas

Ondas sinusoidales

La forma de onda sinusoidal es la forma de onda fundamental por varias razones. Tiene propiedades matemáticas armónicas; es la misma forma sinusoidal que tal vez haya estudiado en la clase de trigonometría. El voltaje en el enchufe de la pared varía como una onda sinusoidal. Las señales de test producidas por el circuito oscilador de un generador de señal son frecuentemente ondas sinusoidales. La mayoría de las fuentes de alimentación de CA producen ondas sinusoidales. (**CA** significa corriente alterna, aunque el voltaje también es alternado. **CC** significa corriente continua, que significa corriente y voltaje estables, como los generados por una batería).

La **onda sinusoidal amortiguada** es un caso especial que se puede ver en un circuito que oscila, pero que disminuye con el tiempo. La Figura 5 muestra ejemplos de ondas sinusoidales y sinusoidales amortiguadas.

Ondas cuadradas y rectangulares

La **onda cuadrada** es otra forma de onda habitual. Básicamente, una onda cuadrada es un voltaje que aumenta y disminuye (o que sube y baja) a intervalos regulares. Es una onda estándar para verificar amplificadores; los buenos amplificadores aumentan la amplitud de una onda cuadrada con una mínima distorsión. La circuitería de televisión, radio y ordenadores utiliza a menudo ondas cuadradas como señales de reloj.

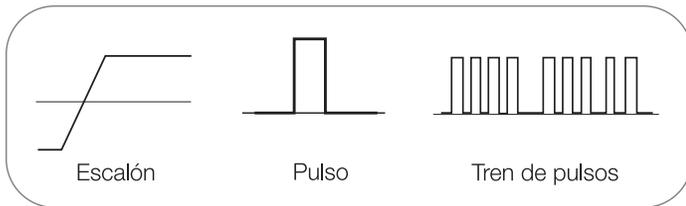
La **onda rectangular** es como la onda cuadrada, excepto que los intervalos entre tiempos de subida y bajada no son de la misma longitud. Esto es particularmente importante cuando se analiza circuitería digital. La Figura 6 muestra ejemplos de ondas cuadradas y rectangulares.

Ondas en diente de sierra y triangulares

Las **ondas en diente de sierra y triangulares** resultan de circuitos diseñados para controlar los voltajes linealmente, tales como el barrido horizontal de un osciloscopio analógico, o la exploración de la trama de un televisor. Las transiciones entre niveles de voltaje de estas ondas cambian a una velocidad constante. Estas transiciones se llaman rampas. La Figura 7 muestra ejemplos de ondas en diente de sierra y triangulares.

El XYZ de los osciloscopios

► Conceptos básicos



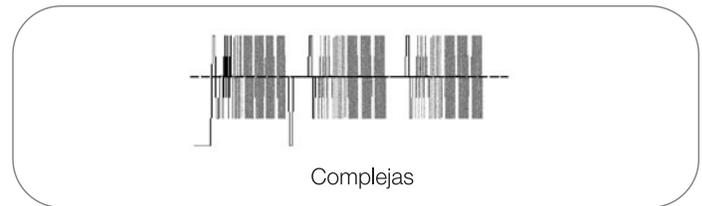
► **Figura 8.** Ondas en escalón, pulsos y tren de pulsos.

Ondas en escalón y pulsos

Señales tales como los **escalones** y **pulsos** que ocurren ocasionalmente, o de forma no periódica, se denominan de **ocurrencia única**, o **señales transitorias**. Un escalón indica un cambio repentino en el voltaje, similar al cambio de voltaje que se vería si se encendiese un interruptor. Un pulso indica un cambio repentino en el voltaje, similar al cambio de voltaje que se vería si se encendiese y apagase un interruptor. Un pulso podría representar un bit de información viajando a través de un circuito de ordenador, o podría ser un **espurio**, o defecto, en un circuito. Un conjunto de pulsos que viajan juntos forma un **tren de pulsos**. Los componentes digitales en un ordenador se comunican entre sí por medio de pulsos. Los pulsos son también comunes en equipos de rayos X y comunicaciones. La figura 8 muestra ejemplos de ondas en escalón, de pulsos, y de un tren de pulsos.

Señales periódicas y no periódicas

Las señales repetitivas se conocen como señales **periódicas**, mientras que las señales que cambian constantemente se denominan señales **no periódicas**. Una imagen fija es similar a una señal periódica, mientras que una imagen en movimiento se puede equiparar a una señal no periódica.



► **Figura 9.** Una señal de vídeo compuesta NTSC es un ejemplo de onda compleja.

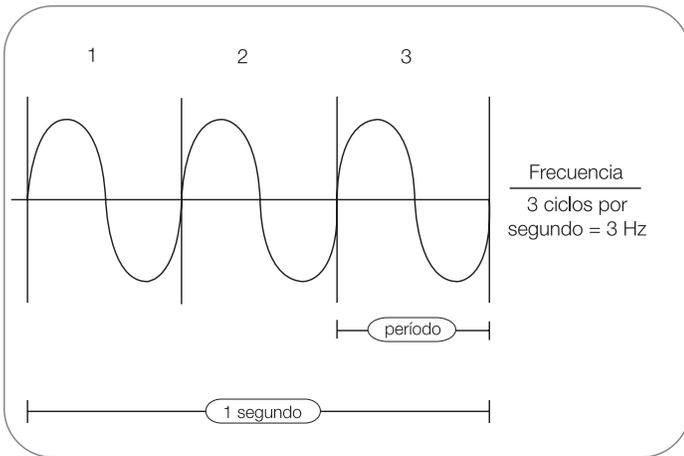
Señales sincronicas y asincronicas

Cuando existe una relación de tiempo entre dos señales, se dice que dichas señales son **sincronicas**. Las señales de reloj, de datos y de direcciones dentro de un ordenador son ejemplos de señales sincronicas.

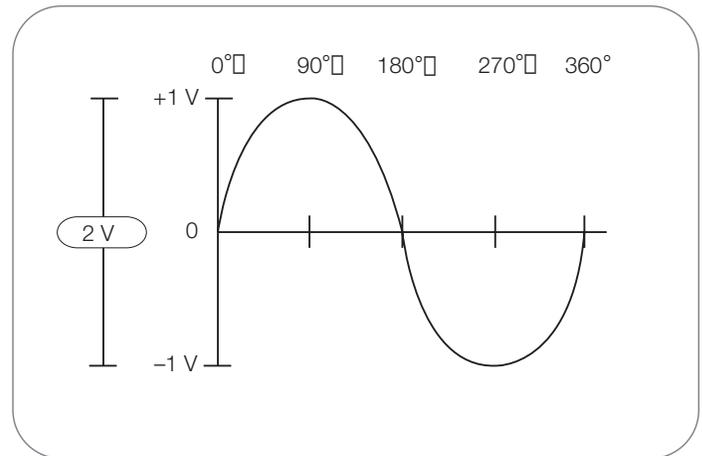
Asíncrono es un término utilizado para describir aquellas señales entre las cuales no existe una relación de tiempo. Dado que no existe correlación de tiempo entre el acto de pulsar una tecla en el teclado de un ordenador y el reloj que está dentro de este ordenador, estos dos sucesos se consideran asincronicos.

Ondas complejas

Algunas formas de onda combinan características sinusoidales, cuadradas, de escalón, y pulsos, para producir aspectos de onda que desafían a muchos osciloscopios. La información de la señal puede estar imbricada en forma de amplitud, fase, y/o variaciones de frecuencia. Por ejemplo, aunque la señal de la Figura 9 es una señal ordinaria de vídeo compuesta, está compuesta por muchos ciclos de formas de onda de frecuencia más elevada, imbricados en una **envoltura** de baja frecuencia. En este ejemplo, generalmente lo más importante es entender los niveles relativos y las relaciones de tiempo de los escalones. Para visualizar esta señal, se necesita un osciloscopio que capture la envoltura de baja frecuencia y la mezcle con las ondas de más alta frecuencia, en un modo de gradación de intensidad que permita ver su combinación general como una imagen que pueda ser interpretada visualmente. Los osciloscopios analógicos y los de fósforo digital son los más adecuados para visualizar ondas complejas tales como las señales de vídeo, ilustradas en la Figura 9. Sus pantallas proporcionan la información necesaria de frecuencia de ocurrencia, o de gradación de intensidad, que resulta esencial para comprender lo que la forma de onda está realmente haciendo.



► **Figura 10.** Frecuencia y período de una onda sinusoidal.



► **Figura 11.** Amplitud y grados de una onda sinusoidal.

Medidas de formas de onda

Se utilizan muchos términos para describir los tipos de medidas que se pueden realizar con un osciloscopio. Esta sección describe algunas de las medidas y términos más comunes.

Frecuencia y período

Si una señal se repite, tiene una **frecuencia**. Esta frecuencia se mide en ciclos (Hz, de Hertzios), y equivale al número de veces que la señal se repite en un segundo, lo que se conoce como ciclos por segundo. Una señal repetitiva también tiene un **período**, que es la cantidad de tiempo que tarda la señal en completar un ciclo. El período y la frecuencia son recíprocos el uno con el otro, por lo que $1/\text{período}$ es igual a la frecuencia, y $1/\text{frecuencia}$ es igual al período. Por ejemplo, la onda sinusoidal de la Figura 10 tiene una frecuencia de 3 Hz y un período de $1/3$ de segundo.

Voltaje

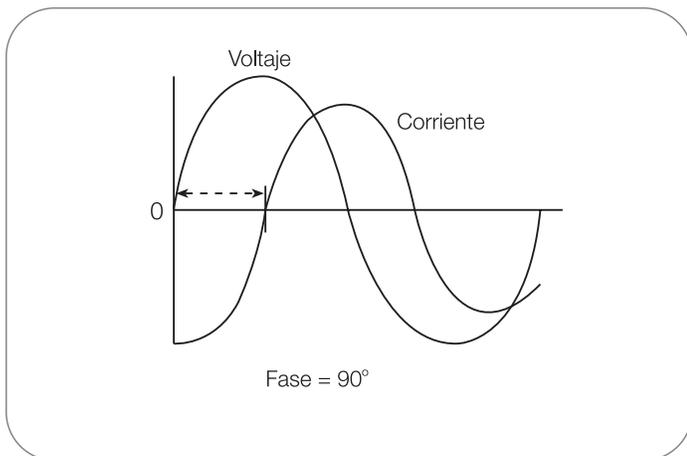
El **voltaje** es el cambio de potencial eléctrico —o energía de la señal— entre dos puntos en un circuito. Generalmente, uno de estos puntos es tierra, o cero voltios, pero no siempre. Es conveniente medir el voltaje desde el pico máximo al pico mínimo de una forma de onda, lo que se conoce como el voltaje pico a pico.

Amplitud

La **amplitud** se refiere a la cantidad de voltaje entre dos puntos de un circuito. La amplitud comúnmente expresa el voltaje máximo de una señal medido desde tierra, o cero voltios. La forma de onda de la Figura 11 tiene una amplitud de 1 V y un voltaje pico a pico de 2 V.

El XYZ de los osciloscopios

► Conceptos básicos



► **Figura 12.** Desplazamiento de fase.

Fase

La mejor forma de explicar una **fase** es viendo una onda sinusoidal. El nivel de voltaje de las ondas sinusoidales está basado en un movimiento circular. Dado que un círculo tiene 360° , un ciclo de una onda sinusoidal tiene también 360° , como se muestra en la Figura 11. Utilizando los grados, es posible referirse al ángulo de fase de una onda sinusoidal cuando se quiere describir cuánto ha transcurrido de ese período.

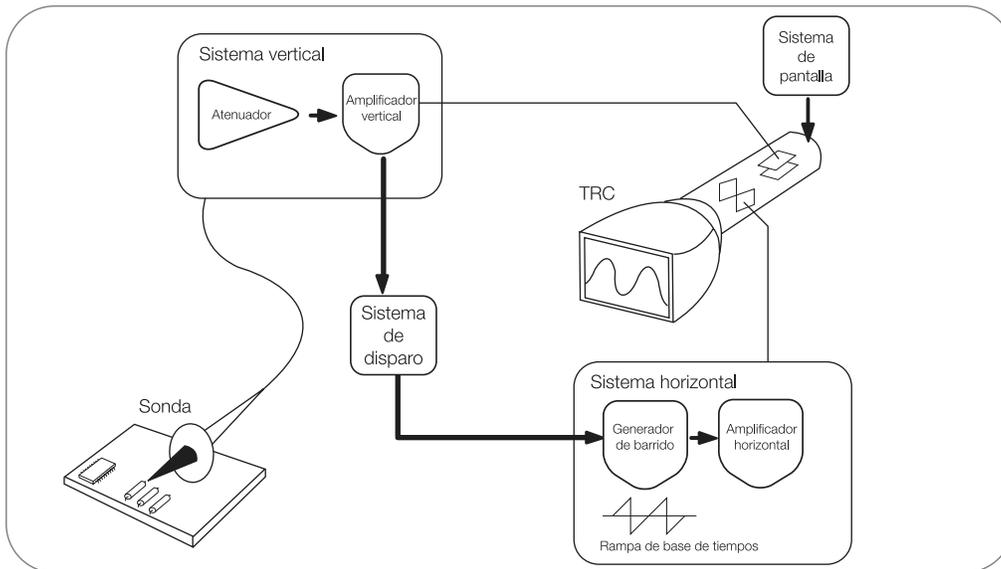
El **desplazamiento de fase** describe la diferencia en tiempo entre dos señales similares. La forma de onda de la Figura 12 denominada "corriente" se dice que está 90° desfasada con la forma de onda denominada "voltaje", debido a que estas ondas alcanzan valores similares en sus ciclos, separados exactamente por $1/4$ de ciclo ($360^\circ/4 = 90^\circ$). El desplazamiento de fase es común en electrónica.

Medidas de formas de onda con osciloscopios digitales

Los actuales osciloscopios digitales poseen funciones que facilitan las medidas en las formas de onda. Poseen teclas en el panel frontal y/o menús en pantalla, desde los que se pueden seleccionar medidas totalmente automatizadas, entre las que se incluyen amplitud, período, tiempos de subida/bajada, etc. Muchos instrumentos digitales proporcionan también cálculos de valores medios y RMS, ciclos de trabajo, y otras operaciones matemáticas. Las medidas automatizadas aparecen como lecturas alfanuméricas en pantalla. Típicamente, estas medidas son más precisas que las que sería posible obtener mediante la interpretación directa de la retícula.

Las medidas de formas de onda totalmente automatizadas que están disponibles en algunos osciloscopios de fósforo digital incluyen:

- | | | |
|-------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| ► Período | ► Ciclo de trabajo + | ► Alto |
| ► Frecuencia | ► Ciclo de trabajo - | ► Bajo |
| ► Ancho + | ► Retardo | ► Mínimo |
| ► Ancho - | ► Fase | ► Máximo |
| ► Tiempo de subida | ► Ancho de ráfaga | ► Sobreimpulso + |
| ► Tiempo de bajada | ► Pico a pico | ► Sobreimpulso - |
| ► Amplitud | ► Valor medio (Media) | ► RMS (Verdadero Valor Eficaz) |
| ► Relación de extinción | ► Media de un ciclo | ► RMS en un ciclo |
| ► Potencia óptica media | ► Área de un ciclo | |



▶ **Figura 13.** Arquitectura de un osciloscopio analógico.

Tipos de osciloscopios

Los equipos electrónicos pueden clasificarse en dos categorías: analógicos y digitales. El equipo **analógico** trabaja con voltajes que varían continuamente, mientras que el equipo **digital** trabaja con números binarios discretos que representan muestras de voltaje. Un tocadiscos convencional es un dispositivo analógico, mientras que un reproductor de discos compactos es un dispositivo digital.

Los osciloscopios se pueden clasificar de una forma similar en analógicos y digitales. Para muchas aplicaciones, dará igual un osciloscopio analógico que uno digital. Sin embargo, cada uno de ellos tiene características únicas que le pueden hacer más o menos conveniente para aplicaciones específicas. Los osciloscopios digitales pueden ser, además, clasificados como osciloscopios de memoria digital, o simplemente, osciloscopios digitales (DSO), osciloscopios de fósforo digital (DPO), y osciloscopios de muestreo.

Osciloscopios analógicos

Fundamentalmente, un **osciloscopio analógico** trabaja aplicando el voltaje medido de la señal directamente al eje vertical de un haz electrónico que se mueve de izquierda a derecha a través de la pantalla del osciloscopio —usualmente, un **tubo de rayos catódicos** (TRC). La parte posterior de la pantalla está tratada con fósforo luminoso que brilla siempre que el haz electrónico incide sobre ella. El voltaje de la señal desvía el haz hacia arriba y hacia abajo proporcionalmente y conforme se mueve horizontal-

mente a través de la pantalla, trazando así la forma de onda en la pantalla. Cuanto más frecuentemente incida el haz sobre un punto específico de la pantalla, más brillante aparecerá dicha posición.

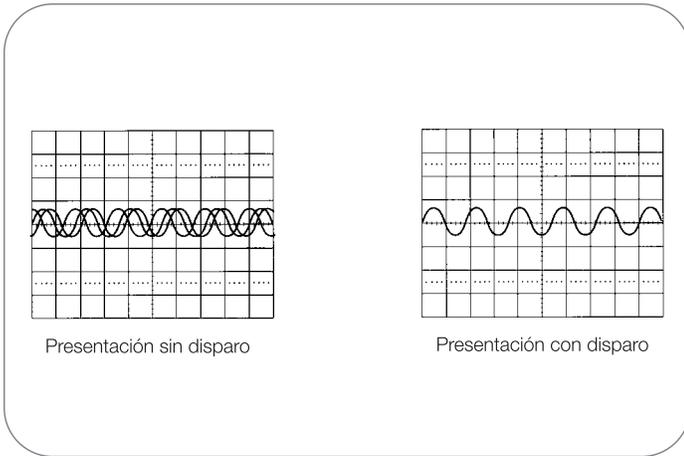
El TRC limita el rango de frecuencias que puede mostrar un osciloscopio analógico. En frecuencias muy bajas, la señal aparece como un punto brillante, de movimiento lento, que resulta difícil distinguir como una forma de onda. En frecuencias altas, la velocidad de escritura del TRC define el límite. Cuando la frecuencia de la señal excede la **velocidad de escritura** del TRC, la presentación se vuelve demasiado tenue en intensidad como para ser vista. Los osciloscopios analógicos más rápidos pueden presentar frecuencias de hasta alrededor de 1 GHz.

Cuando la sonda de un osciloscopio se conecta a un circuito, la señal del voltaje viaja a través de la sonda hasta el sistema vertical del osciloscopio. La Figura 13 ilustra cómo un osciloscopio analógico presenta una señal que se está midiendo. Dependiendo de cómo esté configurada la escala vertical (control de voltios/div), un atenuador reducirá el voltaje de la señal y un amplificador lo aumentará.

Seguidamente, la señal va directamente a las placas deflectoras verticales del TRC. El voltaje aplicado a estas placas de deflexión hará que el punto luminoso se mueva a través de la pantalla. Este punto luminoso es creado por un haz de electrones que incide sobre el fósforo luminoso en el interior del TRC. Un voltaje positivo hace que el punto se mueva hacia arriba, mientras que un voltaje negativo hace que el punto se mueva hacia abajo.

El XYZ de los osciloscopios

► Conceptos básicos



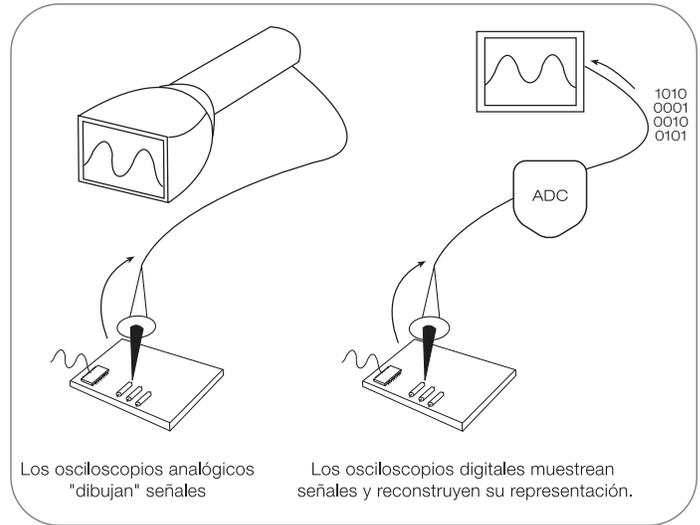
► **Figura 14.** El disparo estabiliza una forma de onda repetitiva, creando una imagen clara de la señal.

La señal se desplaza también al sistema de disparo para iniciar, o disparar, un **barrido horizontal**. El barrido horizontal es un término que se refiere a la acción del sistema horizontal que permite que el punto luminoso se mueva de izquierda a derecha de la pantalla del osciloscopio. El disparo del sistema horizontal hace que la base de tiempos horizontal mueva el punto luminoso de izquierda a derecha de la pantalla dentro de un intervalo de tiempo específico. Muchos barridos en rápida secuencia harán que el movimiento del punto luminoso parezca una línea continua. A altas velocidades, el punto luminoso puede barrer la pantalla hasta 500.000 veces por segundo.

Conjuntamente, la acción de barrido horizontal y la acción de deflexión vertical trazan en la pantalla un gráfico de la señal. El disparo es necesario para estabilizar una señal repetitiva; así se asegura que el barrido empieza siempre en el mismo punto de la señal repetitiva, lo que resulta en una imagen clara, como se muestra en la Figura 14.

Adicionalmente, los osciloscopios analógicos tienen controles de enfoque e intensidad que se pueden ajustar para crear una presentación nítida y legible.

A menudo, se prefieren los osciloscopios analógicos cuando resulta importante mostrar variaciones de señales rápidas en "tiempo real", o sea, conforme ocurren. La pantalla basada en fósforo químico de un osciloscopio analógico tiene una característica conocida como **gradación de intensidad**, que hace la traza más brillante donde los rasgos de la señal ocurren más frecuentemente. Esta gradación de intensidad facilita la distinción de los detalles de la señal simplemente observando los niveles de intensidad de la traza.



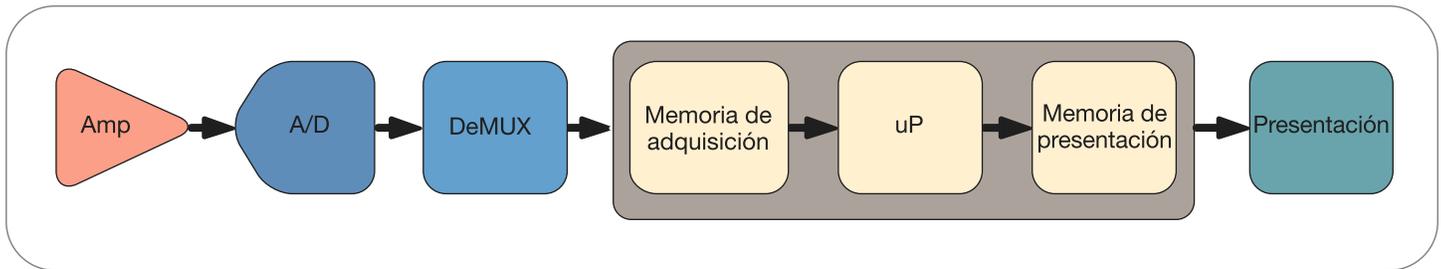
► **Figura 15.** Los osciloscopios analógicos "dibujan" señales, mientras que los osciloscopios digitales muestrean señales y reconstruyen su representación.

Osciloscopios digitales

A diferencia de un osciloscopio analógico, un **osciloscopio digital** utiliza un convertidor analógico digital (ADC) para convertir el voltaje medido en información digital. Estos osciloscopios adquieren la forma de onda como una serie de muestras, y las almacenan hasta que acumulan muestras suficientes como para describir una forma de onda. El osciloscopio digital reconstruye entonces la forma de onda para su presentación en pantalla (vea la Figura 15).

Los osciloscopios digitales se pueden clasificar en osciloscopios de memoria digital, o simplemente, osciloscopios digitales (DSO), osciloscopios de fósforo digital (DPO), y osciloscopios de muestreo.

La técnica digital permite que el osciloscopio pueda representar cualquier frecuencia dentro de su rango, con estabilidad, brillantez y claridad. Para señales repetitivas, el ancho de banda del osciloscopio digital es una función del ancho de banda analógico de los componentes de entrada del osciloscopio, comúnmente conocido como el punto de atenuación a -3dB. Para eventos transitorios y de disparo único, tales como pulsos y escalones, el ancho de banda puede verse limitado por la velocidad de muestreo del osciloscopio. Vea la sección **Velocidad de muestreo**, en **Términos y consideraciones acerca de las prestaciones**, para un análisis más detallado.



▶ **Figura 16.** Arquitectura de procesamiento en serie de un osciloscopio digital (DSO).

Osciloscopios de memoria digital

Un osciloscopio digital convencional se conoce como osciloscopio de memoria digital, o simplemente, osciloscopio digital (DSO). Típicamente, su presentación depende de una pantalla de barrido en lugar de una de fósforo luminoso.

Los osciloscopios de memoria digital (DSO) permiten la captura y visualización de eventos que ocurren solamente una vez y a los que se conoce como transitorios. Debido a que la información de la forma de onda existe en forma digital como una serie de valores binarios almacenados, ésta puede ser analizada, archivada, imprimida, y procesada de cualquier otra forma dentro del propio osciloscopio o por un ordenador externo. No es necesario que la forma de onda sea continua, y puede ser mostrada en pantalla incluso cuando la señal ha desaparecido. Contrariamente a los osciloscopios analógicos, los osciloscopios de memoria digital proporcionan un almacenamiento permanente de la señal y un extenso procesamiento de la forma de onda. Sin embargo, los DSO no tienen típicamente gradación de intensidad en tiempo real; por lo tanto, no pueden mostrar niveles de variación de intensidad en una señal "viva".

Algunos de los subsistemas que componen los DSO son similares a los de los osciloscopios analógicos. Sin embargo, los DSO contienen subsistemas adicionales de procesamiento de datos que se utilizan para recomponer y mostrar los datos de la forma de onda completa. Un DSO utiliza una arquitectura de procesamiento en serie para capturar y mostrar una señal en su pantalla, como se indica en la Figura 16. A continuación, se describe esta arquitectura de procesamiento en serie.

Arquitectura de procesamiento en serie

Como en un osciloscopio analógico, la primera etapa (de entrada) de un DSO es un amplificador vertical. Los controles verticales permiten ajustar la amplitud y el rango de posición en esta etapa.

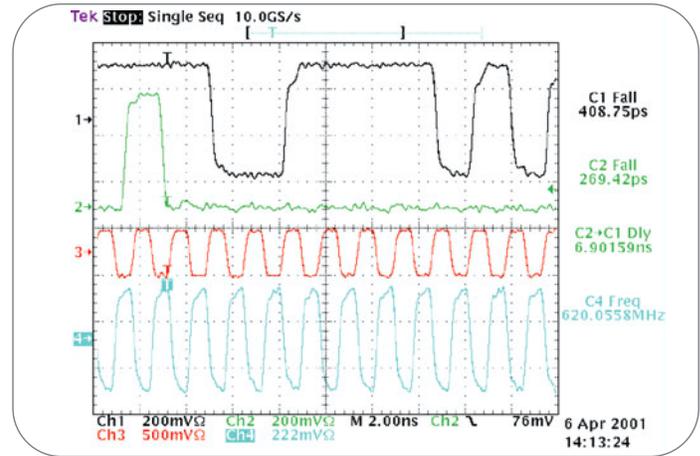
Seguidamente, el convertidor analógico digital (CAD) del sistema horizontal muestrea la señal en puntos aislados en el tiempo y convierte el voltaje de la señal presente en estos puntos en valores digitales, denominados puntos de muestreo. Este proceso se conoce como **digitalización** de una señal. El reloj de muestreo del sistema horizontal determina con qué frecuencia el CAD **recoge muestras**. Esta velocidad se llama **velocidad de muestreo** y se expresa en muestras por segundo. (S/s).

El XYZ de los osciloscopios

► Conceptos básicos

Las muestras del CAD son almacenadas en la memoria de adquisición como **puntos de la forma de onda**. Varias muestras pueden conformar un punto de la forma de onda. Todos los puntos de la forma de onda en conjunto conforman el registro de forma de onda. El número de puntos de forma de onda utilizados para crear un registro se denomina **longitud de registro**. El disparo del sistema determina los puntos de comienzo y parada del registro.

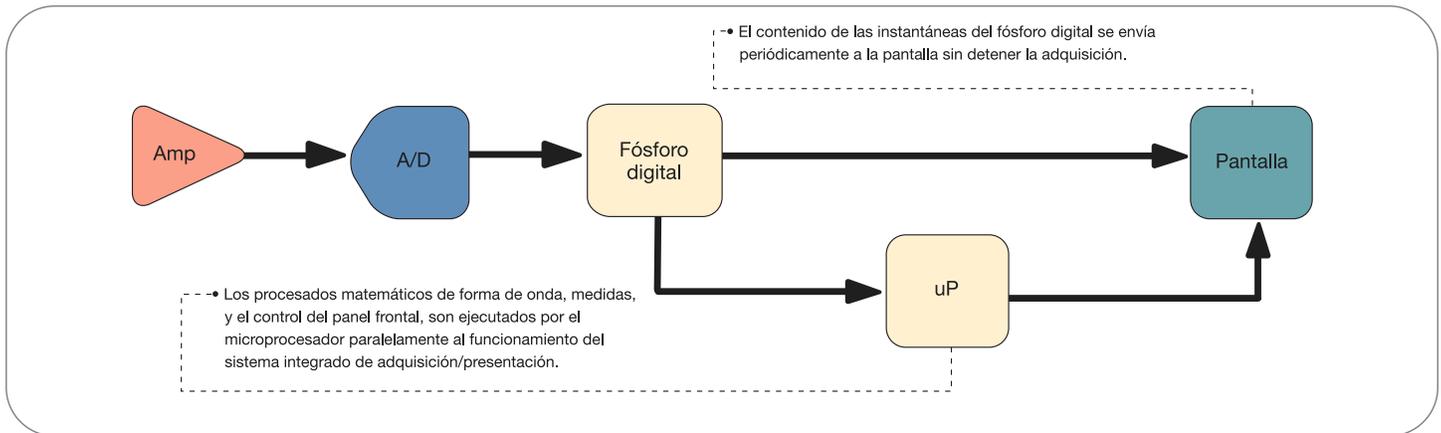
La ruta de la señal del DSO incluye un microprocesador a través del cual pasa la señal medida en su camino hacia la pantalla. Este microprocesador procesa la señal, coordina las actividades de presentación, gestiona los controles del panel frontal, etc. La señal pasa entonces a través de la memoria de presentación, y aparece en la pantalla del osciloscopio.



► **Figura 17.** El TDS694C proporciona alta velocidad y adquisición en disparo único a través de canales múltiples, aumentando la posibilidad de capturar espurios infrecuentes así como eventos transitorios.

Dependiendo de las capacidades del osciloscopio, se podrán efectuar procesados adicionales en los puntos de muestreo, lo que mejorará la presentación. También puede disponerse de un predisparo, que permite ver eventos antes del punto de disparo. La mayoría de los osciloscopios digitales actuales proporcionan también una selección de medidas con parámetros automáticos, lo cual simplifica el proceso de medida.

Un DSO proporciona altas prestaciones en un instrumento multicanal de tiempo real (vea la Figura 17). Los DSO son ideales para aplicaciones de baja velocidad de repetición o de ocurrencia única, de alta velocidad, y de diseño que precisen múltiples canales. En el mundo real del diseño digital, un ingeniero normalmente examina 4 o más señales simultáneamente, lo que hace del DSO un colaborador muy estimable.



▶ **Figura 18.** Arquitectura de procesamiento en paralelo de un osciloscopio de fósforo digital (DPO).

Osciloscopios de fósforo digital

El osciloscopio de fósforo digital (DPO) ofrece un nuevo concepto de arquitectura de osciloscopio. Esta arquitectura permite al osciloscopio alcanzar capacidades de adquisición y presentación sin igual para reconstruir una señal con precisión.

Mientras que un DSO utiliza una arquitectura de procesamiento en serie para capturar, presentar, y analizar señales, un DPO utiliza una arquitectura de procesamiento en paralelo para llevar a cabo estas funciones, como se indica en la Figura 18. La arquitectura del DPO utiliza ASIC de hardware exclusivos para adquirir imágenes de las formas de onda, proporcionando altas velocidades de captura de forma de onda, que redundan en un elevado nivel de visualización de la señal. Esta prestación aumenta la probabilidad de observar los eventos transitorios que ocurren en los sistemas digitales, tales como pulsos de escasa amplitud (seudopulsos o "runt"), espurios y errores de transición. A continuación, se describe la arquitectura de procesamiento en paralelo.

Arquitectura de procesamiento en paralelo

La primera etapa (de entrada) de un DPO es similar a la de un osciloscopio analógico —un amplificador vertical—, y su segunda etapa es similar a la de un DSO —un ADC. Pero el DPO difiere significativamente de sus predecesores a partir de esta conversión analógica/digital.

En cualquier osciloscopio —analógico, DSO o DPO— hay siempre un tiempo de retención ("holdoff") durante el cual el instrumento procesa los datos más recientemente adquiridos, restaura el sistema, y espera el siguiente evento de disparo. Durante este tiempo, el osciloscopio está ciego ante cualquier actividad de la señal. La probabilidad de ver un evento infrecuente o de baja repetición, disminuye conforme aumenta este tiempo de retención.

Debe tenerse en cuenta que es imposible determinar la probabilidad de captura simplemente analizando la velocidad de actualización de la pantalla. Si se depende solamente de la velocidad de actualización, es fácil cometer el error de creer que el osciloscopio está capturando toda la información pertinente acerca de la forma de onda cuando, en realidad, no es así.

El osciloscopio de memoria digital procesa en serie las formas de onda capturadas. La velocidad de su microprocesador es un cuello de botella en este proceso, porque limita la velocidad de captura de las formas de onda.

El DPO explora los datos digitalizados de la forma de onda sobre una base de datos de fósforo digital. Cada 1/30 de segundo —tan rápido como la propia percepción del ojo humano— se envía directamente al sistema de presentación una instantánea de la imagen de la señal que está almacenada en esta base de datos. Esta exploración directa de los datos de la forma de onda y su copia directa en la memoria de presentación desde la base de datos, elimina el cuello de botella del procesamiento de datos, inherente a otras arquitecturas. El resultado es una mejora del tiempo de actividad del osciloscopio, y una viva actualización de la presentación. Los detalles de la señal, los eventos intermitentes, y las características dinámicas de la señal, se capturan en tiempo real. El microprocesador del DPO trabaja en paralelo con este sistema de adquisición integrado para la gestión de la presentación, la automatización de las medidas, y el control del instrumento, para que ello no afecte a la velocidad de adquisición del osciloscopio.

El XYZ de los osciloscopios

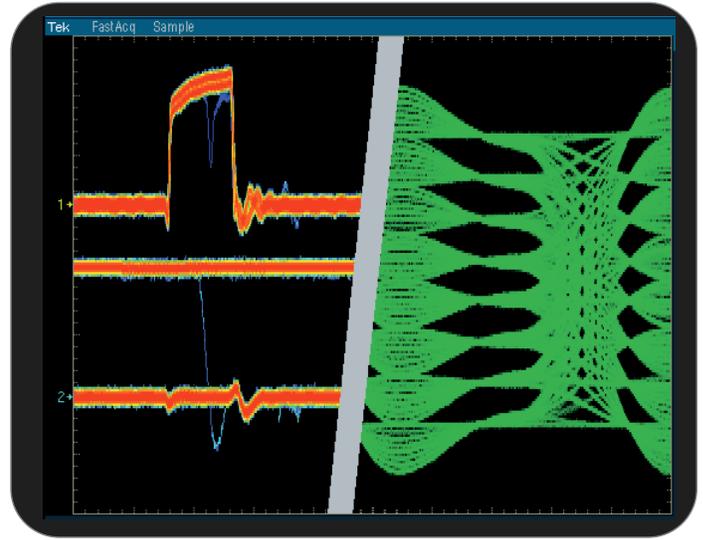
► Conceptos básicos

Un DPO emula fielmente los mejores atributos de presentación de un osciloscopio analógico, presentando la señal en tres dimensiones: tiempo, amplitud y distribución de la amplitud en el tiempo, y todo ello en tiempo real.

Contrariamente a la confianza en el fósforo químico de un osciloscopio analógico, un DPO utiliza un fósforo digital puramente electrónico que, en realidad, es una base de datos constantemente actualizada. Esta base de datos dispone de una "celda" individual de información por cada pixel en la pantalla del osciloscopio. Cada vez que se captura una forma de onda —es decir, cada vez que el osciloscopio se dispara— ésta queda mapeada dentro de las celdas del fósforo digital de la base de datos. Cada celda representa un punto de la pantalla y si una celda resulta "tocada" por la forma de onda, su información de intensidad quedará reforzada, mientras que las otras celdas no cambiarán. De esta forma, la información de la intensidad aumentará en las celdas por donde la forma de onda pasa con mayor frecuencia.

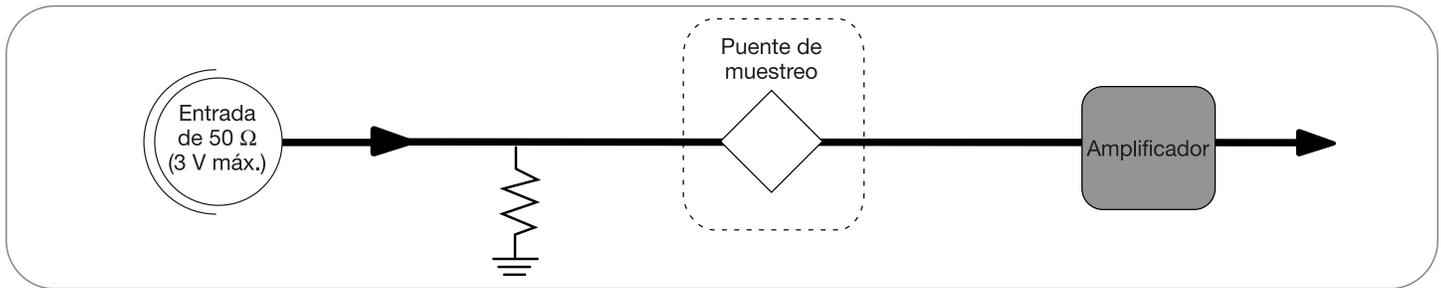
Cuando la información de la base de datos de fósforo digital llega a la pantalla del osciloscopio, la presentación ilumina áreas de la forma de onda en proporción a la frecuencia de ocurrencia de la señal en cada punto, muy similar a las características de la gradación de intensidad. El DPO también permite la presentación en pantalla de información acerca de la variación de la frecuencia de ocurrencia mediante contraste de colores, a diferencia de un osciloscopio analógico. Con un DPO es fácil observar la diferencia entre una forma de onda que ocurre en casi todos los disparos y otra que ocurre, por ejemplo, cada 100 disparos.

Los osciloscopios de fósforo digital (DPO) rompen la barrera existente entre las tecnologías de osciloscopios digitales y analógicos. Son igualmente apropiados para la visualización de altas y bajas frecuencias, para formas de onda repetitivas, transitorios, y para variaciones de la señal en tiempo real. Solamente un DPO proporciona el eje Z (intensidad) en tiempo real, el cual no está disponible en los DSO convencionales.



► **Figura 19.** Algunos DPO pueden adquirir millones de formas de onda en cuestión de segundos, lo cual aumenta de forma significativa la probabilidad de captura de eventos infrecuentes e intermitentes, y revela el comportamiento dinámico de la señal.

Un DPO es ideal para quienes necesitan la mejor herramienta para diagnóstico y diseño de propósito general en un amplio rango de aplicaciones (vea la Figura 19). Un DPO es magnífico para test de máscaras de comunicaciones, depuración digital de señales intermitentes, diseño digital repetitivo, y aplicaciones de medidas de tiempo.



▶ **Figura 20.** Arquitectura de un osciloscopio de muestreo.

Osciloscopios de muestreo

Cuando se están midiendo señales de alta frecuencia, es posible que el osciloscopio no sea capaz de recoger suficientes muestras en un solo barrido. Un osciloscopio de muestreo es una herramienta ideal para la captura precisa de señales cuyas componentes de frecuencia son mucho más elevadas que la velocidad de muestreo del osciloscopio (vea la Figura 21). Este osciloscopio es capaz de medir señales de hasta un orden de magnitud más rápida que cualquier otro osciloscopio. Puede alcanzar anchos de banda y tiempos de alta velocidad diez veces más elevados que otros osciloscopios para señales repetitivas. Se dispone de osciloscopios de muestreo secuencial en tiempo equivalente con anchos de banda de hasta 50 GHz.

En contraste con las arquitecturas de memoria digital y de los osciloscopios de fósforo digital, la arquitectura del osciloscopio de muestreo invierte la posición del atenuador/amplificador y del puente de muestreo, como se indica en la Figura 20. La señal de entrada se muestrea antes de que se realice cualquier atenuación o amplificación. Posteriormente, se podrá utilizar un amplificador de bajo ancho de banda después del puente de muestreo, dado que la señal ya ha sido convertida a una frecuencia inferior por la puerta de muestreo, resultando un instrumento de ancho de banda mucho más elevado.

El precio pagado por este elevado ancho de banda, sin embargo, es la limitación del rango dinámico de muestreo del osciloscopio. Puesto que no existe ningún atenuador/amplificador enfrente de la puerta de muestreo, no existe ninguna función para escalar la entrada. El puente de muestreo deberá ser capaz de manejar en todo momento el rango dinámico de la señal en su totalidad. Por lo tanto, el rango dinámico de la mayoría de los osciloscopios de muestreo queda limitado a, aproximadamente, 1 V pico a pico. Por el contrario, los osciloscopios de memoria digital y los osciloscopios de fósforo digital pueden manejar de 50 a 100 voltios.



▶ **Figura 21.** Presentación de reflectometría en el dominio del tiempo (TDR) en un osciloscopio de muestreo TDS8000 con un módulo 80E04 de 20 GHz.

Además, los diodos de protección no pueden ser colocados frente a la puerta de muestreo dado que esto limitaría el ancho de banda, lo cual reduce la seguridad del voltaje de salida de un osciloscopio de muestreo a aproximadamente 3 V, comparados con los 500 V disponibles en otros osciloscopios.

El XYZ de los osciloscopios

► Conceptos básicos



► **Figura 22.** Sección de control del panel frontal de un osciloscopio.

Sistemas y controles de un osciloscopio

Un osciloscopio básico se compone de cuatro sistemas diferentes: el sistema vertical, el sistema horizontal, el sistema de disparo, y el sistema de presentación. La comprensión de cada uno de estos sistemas le permitirá aplicar el osciloscopio con efectividad para abordar los problemas de sus medidas específicas. Recuerde que cada uno de estos sistemas contribuye a la habilidad del osciloscopio para reconstruir una señal con precisión.

Esta sección describe brevemente los controles y sistemas básicos que se pueden encontrar en los osciloscopios analógicos y digitales. Algunos controles son diferentes en los osciloscopios analógicos y digitales; además, su osciloscopio probablemente disponga de controles adicionales no tratados en esta sección.

El panel frontal de un osciloscopio está dividido en tres secciones principales, denominadas **vertical**, **horizontal**, y de **disparo**. Puede que su osciloscopio tenga otras secciones, dependiendo del modelo y del tipo (analógico o digital), como se indica en la Figura 22. Trate de localizar estas secciones del panel frontal en la Figura 22 y en su osciloscopio, conforme va leyendo esta sección.

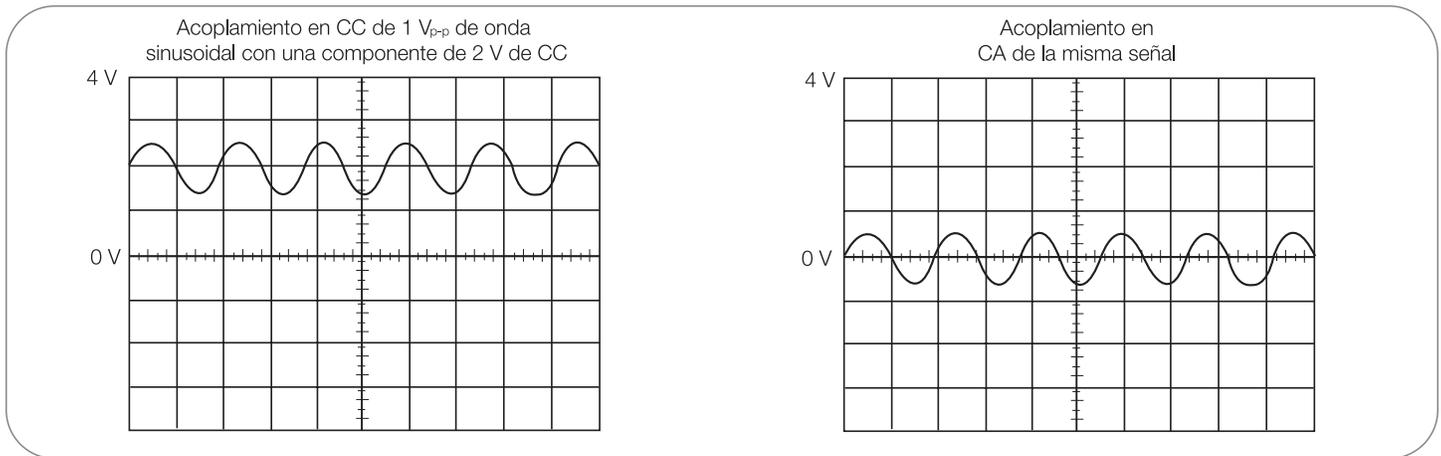
Al utilizar un osciloscopio, es necesario ajustar tres configuraciones básicas para adaptar una señal entrante:

- La **atenuación o amplificación** de la señal. Utilice el control voltios/div para ajustar la amplitud de una señal al rango de medida deseado.
- La **base de tiempos**. Utilice el control s/div para definir la cantidad de tiempo por división representada horizontalmente a lo ancho de la pantalla.
- El **disparo** del osciloscopio. Utilice el **nivel de disparo** para estabilizar una señal repetitiva, o para disparar en un evento individual.

Sistema y controles verticales

Los controles verticales se utilizan para situar y definir verticalmente la escala de la forma de onda. Los controles verticales también se utilizan para configurar el acoplamiento de entrada y otros acondicionadores de la señal, descritos más adelante en esta sección. Los controles verticales habituales incluyen:

- Terminación
 - 1M Ohm
 - 50 Ohm
- Acoplamiento
 - CC
 - CA
 - GND (Tierra)
- Limitador de ancho de banda
 - 20 MHz
 - 250 MHz
 - Total
- Posición
- Desplazamiento
- Inversión – SÍ/NO
- Escala
 - 1-2-5-
 - Variable
- Zoom (Magnificar)



► **Figura 23.** Acoplamientos de entrada en CA y CC.

Posición y voltios por división

El control de posición vertical le permite mover la forma de onda hacia arriba o hacia abajo para situarla exactamente donde desee sobre la pantalla.

El control voltios por división (escrito generalmente como volts/div) varía el tamaño de la forma de onda en la pantalla. Un buen osciloscopio de propósito general puede mostrar con precisión niveles de señal desde 4 milivoltios hasta 40 voltios.

La configuración volts/div es un factor de la escala. Si la configuración volts/div es 5 voltios, entonces cada una de las 8 divisiones verticales representará 5 voltios y la pantalla podrá mostrar un total de 40 voltios desde arriba hasta abajo, suponiendo que la retícula tenga 8 divisiones principales. Si la configuración es de 0,5 volts/div, la pantalla podrá presentar 4 voltios desde arriba hasta abajo, etc. El voltaje máximo que se puede presentar en la pantalla es el valor de volts/div multiplicado por el número de divisiones verticales. Tenga en cuenta que la sonda que utilice, 1X o 10X, también puede influir en el factor de la escala. Deberá dividir la escala volts/div entre el factor de atenuación de la sonda, si el osciloscopio no realiza esta función por sí mismo.

Con frecuencia, la escala volts/div tiene un control de ganancia variable, o de ganancia fina, para escalar la presentación de la señal a una magnitud exacta de divisiones de amplitud. Utilice este control como ayuda en la obtención de medidas de tiempo de subida.

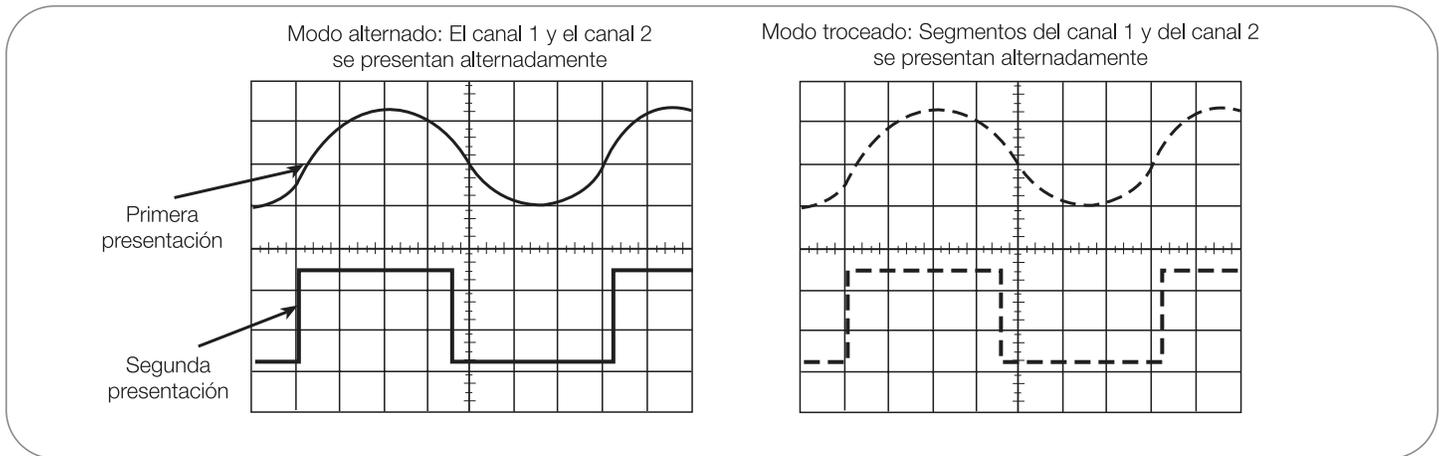
Acoplamiento de la entrada

El **acoplamiento** se refiere al método utilizado para conectar una señal eléctrica de un circuito a otro. En este caso, el acoplamiento de entrada es la conexión del circuito bajo prueba al osciloscopio. El acoplamiento se puede configurar como CC, CA o a tierra (GND). El acoplamiento de CC muestra la totalidad de la señal de entrada. El acoplamiento de CA bloquea la componente de CC de la señal para que se pueda centrar la forma de onda sobre cero voltios. La Figura 23 ilustra esta diferencia. La configuración del acoplamiento de CA es útil cuando la totalidad de la señal (corriente alterna más corriente continua) es demasiado grande para la disposición del control de volts/div.

El acoplamiento a tierra (GND) desconecta la señal de entrada del sistema vertical, lo cual permite ver dónde se encuentra la línea de cero voltios sobre la pantalla. Con un acoplamiento de entrada conectado a tierra y el modo de disparo en automático, se puede observar una línea horizontal en la pantalla que representa los cero voltios. El cambio de CC a conexión a tierra y viceversa, es muy útil para medir los niveles de voltaje de una señal con respecto a tierra.

El XYZ de los osciloscopios

► Conceptos básicos



► **Figura 24.** Modos de presentación multicanal.

Límite de ancho de banda

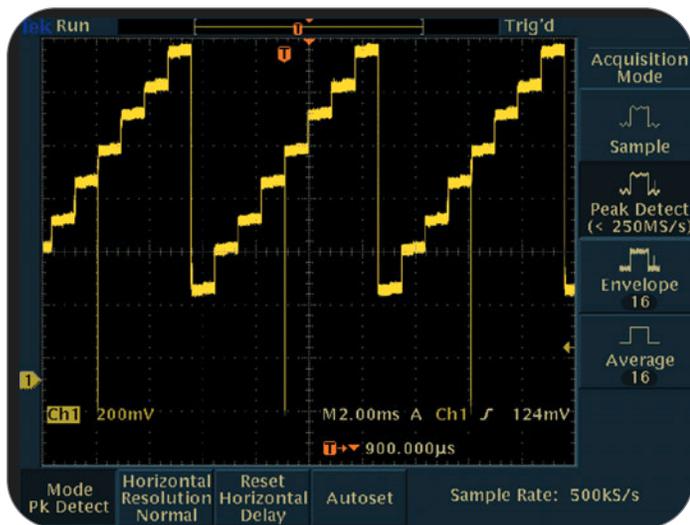
La mayoría de los osciloscopios tienen un circuito que limita su ancho de banda. Al limitar el ancho de banda, se reduce el ruido que algunas veces aparece en la forma de onda presentada, lo cual resulta en una presentación de señal más nítida. Tenga en cuenta que, a la par que se reduce el ruido, la limitación del ancho de banda puede también reducir o eliminar el contenido de altas frecuencias de la señal.

Modos de presentación alternado y troceado

En los osciloscopios analógicos, los canales múltiples se presentan utilizando el modo **alternado** o el **troceado** (muchos osciloscopios digitales pueden presentar canales múltiples simultáneamente sin necesidad de ninguno de estos modos).

El **modo alternado** presenta cada canal alternadamente —el osciloscopio completa un barrido sobre el canal 1, después un barrido sobre el canal 2, después otro barrido sobre el canal 1, y así sucesivamente. Utilice este modo con señales de media a alta velocidad, cuando la escala de s/div esté configurada a 0,5 ms o más rápida (menos tiempo).

El **modo troceado** hace que el osciloscopio presente pequeñas partes de cada señal, alternando constantemente de una a otra. La velocidad de alternancia es demasiado rápida como para poder verla, por lo que la forma de onda parecerá completa. Típicamente, este modo se utiliza con señales lentas, que requieren velocidades de barrido de 1 ms por división o inferiores. La Figura 24 muestra la diferencia entre los dos modos. A menudo, es útil visualizar la señal en ambos modos, para asegurar que se obtiene la mejor presentación de la misma.



► **Figura 25.** Ejemplo de un menú de adquisición.

Sistema y controles horizontales

El sistema horizontal de un osciloscopio está estrechamente relacionado con la adquisición de una señal de entrada; la velocidad de muestreo y la longitud de registro están entre estas consideraciones. Los controles horizontales se utilizan para situar y definir horizontalmente la escala de la forma de onda. Los controles horizontales habituales incluyen:

- Principal
- Retardo
- XY
- Escala
 - 1-2-5
 - Variable
- Separación de traza
- Longitud de registro
- Resolución
- Velocidad de muestreo
- Posición del disparo
- Zoom

Controles de adquisición

Los osciloscopios digitales tienen funciones que permiten controlar cómo el sistema de adquisición procesará la señal. Consulte las opciones de adquisición de su osciloscopio digital a la vez que lee esta descripción. La Figura 25 muestra un ejemplo de menú de adquisición.

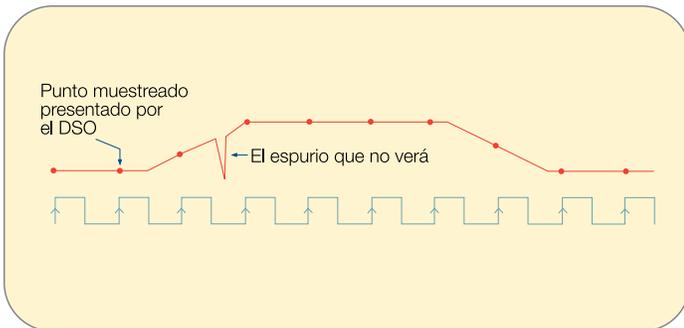
Modos de adquisición

Los modos de adquisición controlan cómo se suceden los puntos de forma de onda a partir de muestras. Las muestras son los valores digitales directamente derivados del convertidor analógico/digital (CAD). Los **intervalos de muestreo** se refieren al tiempo entre estos puntos de muestreo. Los **puntos de la forma de onda** son los valores digitales que están almacenados en memoria y que se presentan en la pantalla para reconstruir la forma de onda. La diferencia del valor de tiempo entre los puntos de la forma de onda se conoce como el **intervalo de forma de onda**.

El intervalo de muestreo y el intervalo de forma de onda pueden ser iguales o no —de aquí que haya varios modos de adquisición en los que cada punto de forma de onda está formado por varios puntos de muestreo adquiridos secuencialmente. Además, los puntos de forma de onda se pueden crear a partir de una composición de puntos de muestreo tomados de adquisiciones múltiples, lo cual proporciona otro conjunto de modos de adquisición. A continuación, se describen los modos de adquisición más comúnmente utilizados:

El XYZ de los osciloscopios

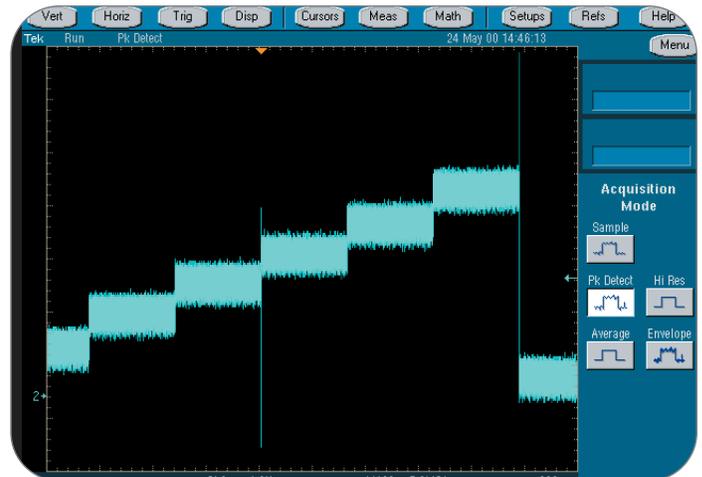
► Conceptos básicos



► **Figura 26.** La velocidad de muestreo varía con las disposiciones de la base de tiempos —cuanto más lenta es la disposición de la base de tiempos, más lenta es la velocidad de muestreo. Algunos osciloscopios digitales proporcionan modos de detección de pico para capturar transitorios rápidos a bajas velocidades de barrido.

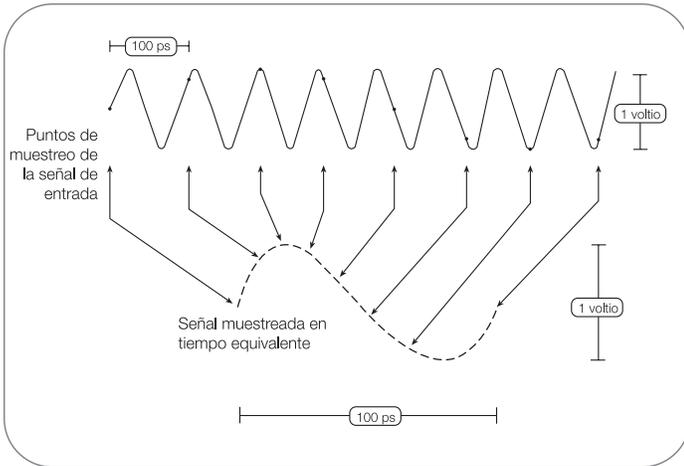
Modos de adquisición

- **Modo "Muestra":** Este es el modo de adquisición más sencillo. El osciloscopio crea un punto de forma de onda almacenando una muestra durante cada intervalo de forma de onda.
- **Modo de Detección de picos:** El osciloscopio almacena las muestras mínimas y máximas tomadas entre dos intervalos de forma de onda, y utiliza estos muestreos como los dos puntos de forma de onda correspondientes. Los osciloscopios digitales con modo de detección de picos ejecutan la CAD a una velocidad de muestreo muy rápida, incluso para valores de la base de tiempos muy lentos (las bases de tiempos lentas se traducen en largos intervalos de forma de onda) y pueden capturar cambios rápidos de la señal que ocurrirían entre los puntos de forma de onda si se estuviera operando en modo de muestreo (Figura 26). El modo de detección de picos es particularmente útil para ver pulsos estrechos muy espaciados en el tiempo (Figura 27).
- **Modo de Alta resolución:** Al igual que en el modo de detección de picos, el modo de alta resolución es una forma de obtener más información en casos donde el CAD puede tomar muestras más rápidamente de lo que requiere la configuración de la base de tiempos. En este caso, se promedian múltiples muestras tomadas dentro de un intervalo de forma de onda, para producir un punto de la forma de onda. El resultado es una disminución del ruido y una mejora de la resolución para señales de baja velocidad.



► **Figura 27.** El modo de detección de picos permite al osciloscopio de la Serie TDS7000 capturar anomalías transitorias tan estrechas como 100 ps.

- **Modo Envolvente:** El modo envolvente es similar al modo de detección de picos. Sin embargo, en el modo envolvente, se combinan los puntos máximos y mínimos de la forma de onda a partir de adquisiciones múltiples para crear una forma de onda que muestra los cambios mín/máx en el tiempo. El modo de detección de picos suele utilizarse para obtener registros que se combinan para crear una forma de onda envolvente.
- **Modo Promediado:** En el modo promediado, el osciloscopio almacena una muestra durante cada intervalo de forma de onda, igual que en el modo de muestreo. Sin embargo, los puntos de forma de onda a partir de adquisiciones consecutivas se promedian para crear la forma de onda final que aparecerá en la pantalla. El modo promediado reduce el ruido sin pérdida de ancho de banda, pero requiere que la señal sea repetitiva.



► **Figura 28.** Muestreo básico. Los puntos muestreados se conectan por interpolación para crear una forma de onda continua.

Inicio y parada del sistema de adquisición

Una de las grandes ventajas de los osciloscopios digitales es su capacidad para almacenar formas de onda y visualizarlas posteriormente. A tal efecto, suele haber una o más teclas en el panel frontal que permiten iniciar y detener el sistema de adquisición para poder analizar formas de onda a voluntad. Además, se puede hacer que el osciloscopio deje de adquirir información automáticamente después de completar una adquisición o después de que un conjunto de registros se haya convertido en una forma de onda envolvente o promediada. Esta característica se denomina habitualmente barrido único o secuencia única, y sus controles se encuentran normalmente junto a los otros controles de adquisición o junto a los controles de disparo.

Muestreo

El **muestreo** es el proceso de convertir una porción de una señal de entrada en un número de valores eléctricos individualizados con fines de almacenamiento, procesamiento o presentación de los mismos. La magnitud de cada punto muestreado es igual a la amplitud de la señal de entrada en el instante del muestreo de la señal en el tiempo.

El muestreo es como una toma de instantáneas. Cada instantánea corresponde a un punto específico en el tiempo en la forma de onda. Estas instantáneas pueden ser luego dispuestas en un orden específico en el tiempo con el fin de poder reconstruir la señal de entrada.

En la pantalla de un osciloscopio digital, se reconstruye un conjunto de puntos muestreados, mostrando la amplitud medida en el eje vertical, y el tiempo en el eje horizontal, tal como se ilustra en la Figura 28.

La señal de la forma de onda en la Figura 28 aparece como una serie de puntos en la pantalla. Si los puntos están ampliamente espaciados y es difícil interpretarlos como una forma de onda, pueden ser conectados utilizando un proceso denominado interpolación. La interpolación interconecta los puntos con líneas o vectores. Se dispone de determinados métodos de interpolación que se pueden utilizar para crear una precisa representación continua de una señal de entrada.

Controles de muestreo

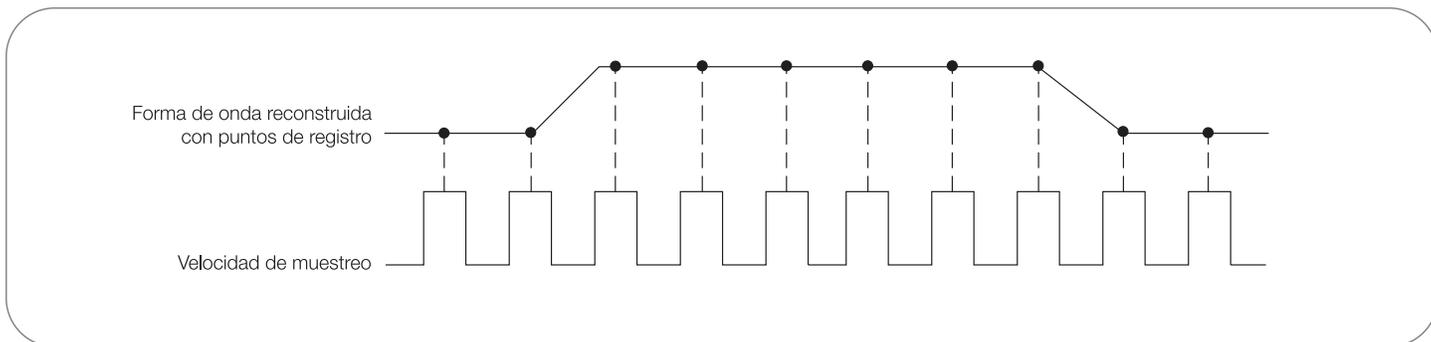
Algunos osciloscopios digitales proporcionan una alternativa en el método de muestreo —bien en tiempo real o en tiempo equivalente. Los controles de adquisición disponibles en estos osciloscopios permiten seleccionar un método de muestreo para la adquisición de las señales. Tenga en cuenta que esta alternativa resulta indiferente para configuraciones lentas de la base de tiempos y solamente produce efectos cuando el CAD no puede realizar muestreos lo suficientemente rápidos como para completar el registro en un barrido con puntos de la forma de onda.

Métodos de muestreo

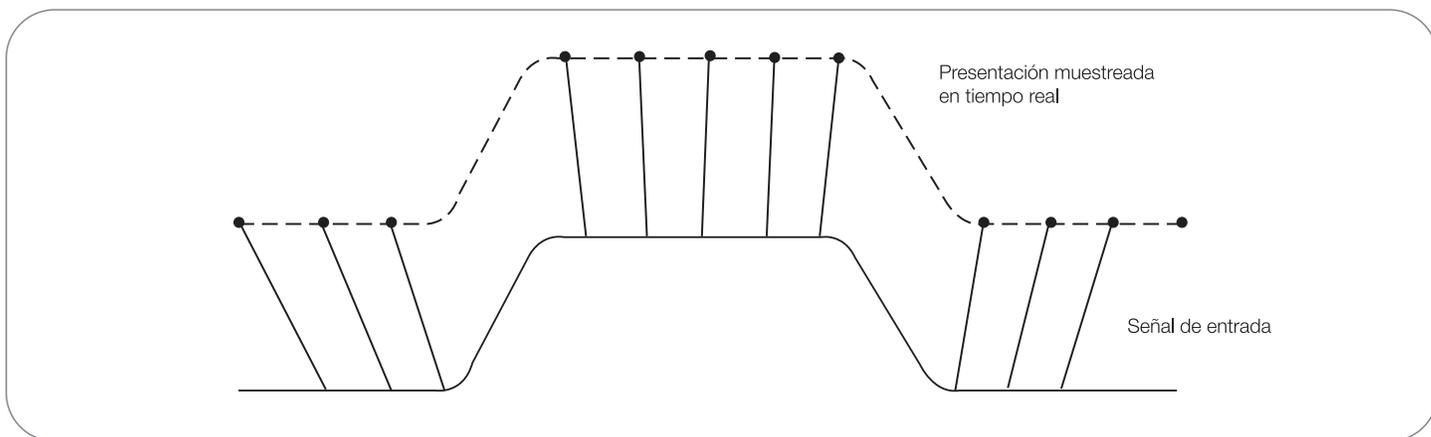
Aunque existe un número determinado de diferentes formas de aplicar la tecnología de muestreo, los osciloscopios digitales actuales utilizan dos métodos básicos de muestreo: muestreo en tiempo real y muestreo en tiempo equivalente. A su vez, el muestreo en tiempo equivalente puede dividirse en dos subcategorías: aleatorio y secuencial. Cada método posee diferentes ventajas, dependiendo del tipo de medidas que se desee realizar.

El XYZ de los osciloscopios

► Conceptos básicos



► **Figura 29.** Método de muestreo en tiempo real.

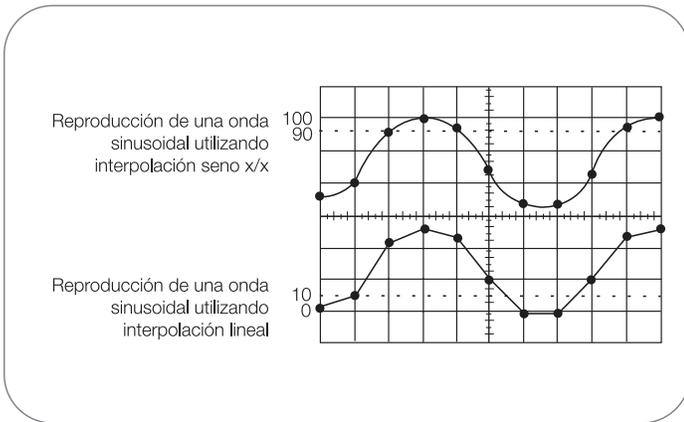


► **Figura 30.** Con el fin de capturar el pulso de 10 ns en tiempo real, la velocidad de muestreo debe ser lo suficientemente elevada como para definir los flancos con precisión.

Muestreo en tiempo real

El **muestreo en tiempo real** resulta ideal para señales cuyo rango de frecuencia es menor que la mitad de la velocidad máxima de muestreo del osciloscopio. En este caso, el osciloscopio puede adquirir puntos más que suficientes con un solo "barrido" de la forma de onda como para conformar una imagen precisa, como se indica en la Figura 29. El muestreo en tiempo real es la única forma de capturar señales transitorias rápidas de ocurrencia única con un osciloscopio digital.

El muestreo en tiempo real representa una gran dificultad para los osciloscopios digitales debido a la velocidad de muestreo que se requiere para digitalizar con precisión eventos transitorios de alta frecuencia, como se indica en la Figura 30. Estos eventos ocurren solamente una vez, y deben ser muestreados en el mismo intervalo de tiempo en que ocurren. Si la velocidad de muestreo no es lo suficientemente rápida, las componentes de alta frecuencia pueden "descender" a una frecuencia menor, produciendo aliasing en la pantalla. Adicionalmente, el muestreo en tiempo real se complica aún más por las memorias de alta velocidad necesarias para almacenar la forma de onda una vez que se la ha digitalizado. Vea las secciones **Velocidad de muestreo** y **longitud de registro**, en el apartado **Términos y consideraciones acerca de las prestaciones** para obtener detalles adicionales sobre la velocidad de muestreo y longitud de registro necesarios para caracterizar con precisión las componentes de alta frecuencia.



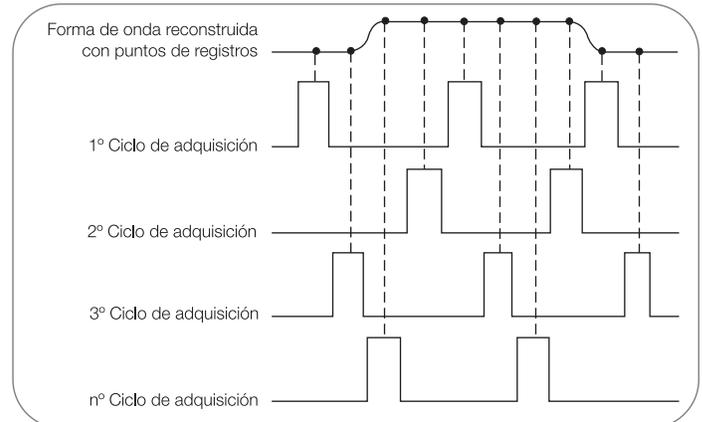
▶ **Figura 31.** Interpolación lineal y seno x/x.

Muestreo en tiempo real con interpolación. Los osciloscopios digitales toman muestras individuales de la señal que puede ser presentada. Sin embargo, puede resultar difícil visualizar la señal representada por puntos, sobre todo porque puede haber solamente unos pocos puntos representando porciones de alta frecuencia de la señal. Para ayudar en la visualización de las señales, los osciloscopios digitales típicamente tienen modos de presentación con interpolación.

En términos simples, la **interpolación** "conecta los puntos" para que una señal que solamente se ha muestreado unas pocas veces en cada ciclo pueda ser presentada de forma precisa. Al utilizar muestreo en tiempo real con interpolación, el osciloscopio recoge unos pocos puntos de muestreo de la señal en un solo barrido y en modo de tiempo real, y utiliza la interpolación para rellenar los espacios intermedios. La interpolación es una técnica de procesamiento que se utiliza para estimar el aspecto de la forma de onda, basándonos tan solo en unos pocos puntos.

La interpolación lineal conecta los puntos de las muestras mediante líneas rectas. Este método está limitado a la reconstrucción de señales de flancos rectos, tales como las ondas cuadradas, según se ilustra en la Figura 31.

La interpolación seno x/x más versátil conecta los puntos de las muestras mediante curvas, como se muestra en la Figura 31. La interpolación seno x/x es un proceso matemático en el que se calculan los puntos que rellenarán el espacio entre las muestras reales. Este tipo de interpolación se presta más a formas de señales curvadas e irregulares, que son mucho más habituales en el mundo real que las puras ondas cuadradas y los pulsos. En consecuencia, la interpolación seno x/x es el método preferido para aplicaciones donde la velocidad de muestreo es de 3 a 5 veces el ancho de banda del sistema.



▶ **Figura 32.** Algunos osciloscopios utilizan muestreo en tiempo equivalente para capturar y presentar señales repetitivas muy rápidas.

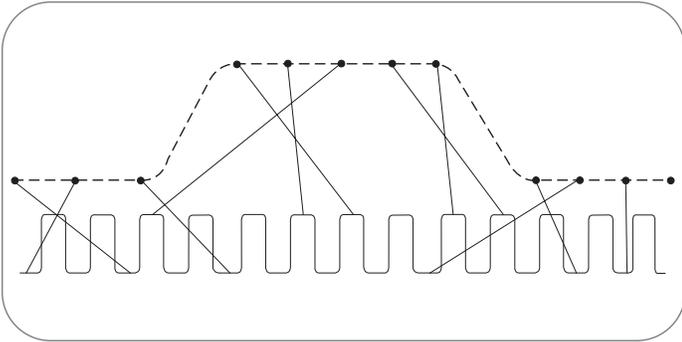
Muestreo en tiempo equivalente

Cuando se miden señales de alta frecuencia, el osciloscopio puede no ser capaz de recoger suficientes muestras en un barrido. El muestreo en tiempo equivalente se puede utilizar entonces para adquirir con precisión señales cuya frecuencia excede la mitad de la velocidad de muestreo del osciloscopio, como se ilustra en la Figura 32. Los digitalizadores (sistemas de muestreo) en tiempo equivalente se aprovechan de la circunstancia de que la mayoría de los eventos naturales y los producidos por el hombre son repetitivos. El muestreo en tiempo equivalente construye una imagen de una señal repetitiva, capturando tan solo una parte de la información en cada repetición. La forma de onda se va creando lentamente como una cadena de puntos luminosos, que se ilumina uno a uno. Este modo permite al osciloscopio capturar con precisión señales cuyas componentes de frecuencia son mucho más elevadas que la velocidad de muestreo del osciloscopio.

Existen dos tipos de muestreo en tiempo equivalente: aleatorio y secuencial. Cada uno tiene sus ventajas. El **muestreo en tiempo equivalente** aleatorio permite la presentación de la señal de entrada antes del punto de disparo, sin la utilización de una línea de retardo. El **muestreo en tiempo equivalente secuencial** proporciona una resolución en tiempos y una precisión mucho mayores. Ambos métodos necesitan que la señal de entrada sea repetitiva.

El XYZ de los osciloscopios

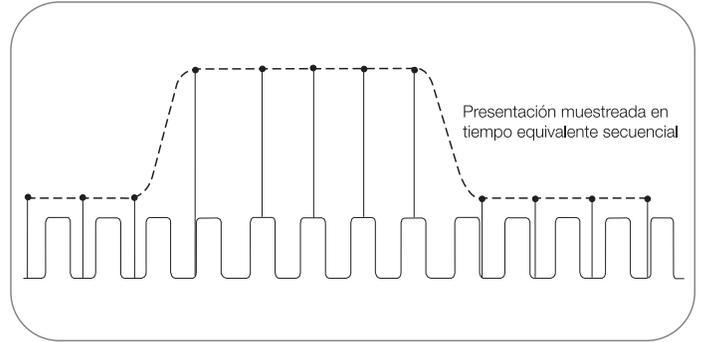
► Conceptos básicos



► **Figura 33.** En el muestreo en tiempo equivalente aleatorio, el reloj de muestreo ocurre de forma asíncrona con la señal de entrada y con el disparo.

Muestreo en tiempo equivalente aleatorio. Los digitalizadores (sistemas de muestreo) en tiempo equivalente aleatorio utilizan un reloj interno que funciona de forma asíncrona con respecto a la señal de entrada y al disparo de la señal, según se ilustra en la Figura 33. Las muestras se adquieren de forma continua, independientemente de la posición del disparo, y su presentación está basada en la diferencia de tiempo existente entre la muestra y el disparo. Aunque las muestras se adquieren de forma secuencial en el tiempo, son aleatorias con respecto al disparo —de aquí el nombre de muestreo "aleatorio" en tiempo equivalente. Los puntos de muestreo aparecen aleatoriamente a lo largo de la forma de onda cuando se muestran en la pantalla del osciloscopio.

La ventaja principal de esta técnica de muestreo es su capacidad de adquirir y presentar muestras antes del punto de disparo, eliminando así la necesidad de señales externas de predisparo o de líneas de retardo. Dependiendo de la velocidad de muestreo y de la ventana temporal de la presentación, el muestreo aleatorio puede también permitir la adquisición de más de una muestra por evento de disparo. Sin embargo, a velocidades de barrido muy rápidas, la ventana de adquisición se reduce hasta que el digitalizador no es capaz de muestrear en cada disparo. Es en estas velocidades de barrido más rápidas donde, a menudo, se efectúan medidas muy precisas de tiempos, y donde la extraordinaria resolución de tiempos del muestreo en tiempo equivalente secuencial resulta más beneficiosa. El límite de ancho de banda en el muestreo aleatorio en tiempo equivalente es menor que en el muestreo en tiempo secuencial.



► **Figura 34.** En el muestreo secuencial en tiempo equivalente, se adquiere una muestra por cada disparo reconocido después de un retardo de tiempo que se incrementa en cada ciclo.

Muestreo en tiempo equivalente secuencial. El sistema de muestreo en tiempo equivalente secuencial adquiere una muestra por disparo, independientemente de la configuración tiempo/div o de la velocidad de barrido, como se ilustra en la Figura 34. Cuando se detecta un disparo, se adquiere una muestra después de un retardo muy corto, pero muy bien definido. Cuando se produce el próximo disparo, se añade un pequeño incremento de tiempo —delta t— a este retardo y el digitalizador adquiere otra muestra. Este proceso se repite muchas veces, añadiéndose un "delta t" a cada adquisición previa, hasta que se completa la ventana de tiempos. Los puntos de las muestras aparecen de izquierda a derecha de forma secuencial a lo largo de la forma de onda en la pantalla del osciloscopio.

Desde un punto de vista tecnológico, es más fácil generar un "delta t" muy corto y preciso que medir con precisión las posiciones horizontal y vertical de una muestra con relación al punto de disparo, conforme requieren los sistemas de muestreo aleatorios. Este retardo tan precisamente medido es lo que proporciona a los sistemas de muestreo secuenciales su inigualable resolución de tiempos. Puesto que con el muestreo secuencial la muestra se adquiere una vez que se ha detectado el nivel de disparo, el punto de disparo no puede ser presentado sin una línea analógica de retardo que puede, a su vez, reducir el ancho de banda del instrumento. Si se puede proporcionar un predisparo externo, el ancho de banda no se verá afectado.

Posición y segundos por división

El control de posición horizontal mueve la forma de onda de izquierda a derecha para colocarla exactamente donde se desee en la pantalla.

La configuración de segundos por división (normalmente escrito como sec/div) permite seleccionar la velocidad a la que se traza la forma de onda en la pantalla (también conocida como configuración de la base de tiempos o velocidad de barrido). Esta configuración es un factor de escala. Si la configuración es 1 ms, cada división horizontal representa 1 ms y la totalidad del ancho de la pantalla representará 10 ms, o diez divisiones. El cambio de la configuración sec/div permite ver intervalos de tiempo más largos o más cortos de la señal de entrada.

Al igual que la escala vertical de volts/div, la escala horizontal de sec/div puede tener una escala de tiempo variable, permitiendo ajustar la escala de tiempo horizontal entre los valores discretos de la configuración.

Selecciones de la base de tiempos

El osciloscopio tiene una **base de tiempos**, normalmente conocida como la base de tiempos principal. Muchos osciloscopios tienen también lo que se denomina **base de tiempos retardada** —una base de tiempos con un barrido que puede empezar (o ser disparada para empezar) con relación a un tiempo predeterminado en el barrido de la base de tiempos principal. La utilización del barrido de la base de tiempos retardada permite ver los eventos más claramente o, incluso, ver eventos que sería imposible ver solamente con el barrido de base de tiempos principal.

La base de tiempos retardada requiere la configuración del retardo de tiempo y la posible utilización de modos de disparo retardado, así como otras configuraciones que no se describen en este manual. Consulte el manual suministrado con su osciloscopio para informarse acerca de cómo utilizar estas características.

Zoom

El osciloscopio puede tener configuraciones especiales de magnificación (zoom) que permiten mostrar en pantalla una ampliación de una sección de la forma de onda. La operación en un osciloscopio de memoria digital (DSO) se realiza con los datos digitalizados y almacenados.

Modo XY

La mayoría de los osciloscopios analógicos tienen un modo XY que les permite mostrar una señal de entrada, en vez de la base de tiempos, en el eje horizontal. Este modo de operación abre un área totalmente nueva de técnicas de medida de desplazamiento de fase, que se explican en la sección **Técnicas de medida** de este manual.

Eje Z

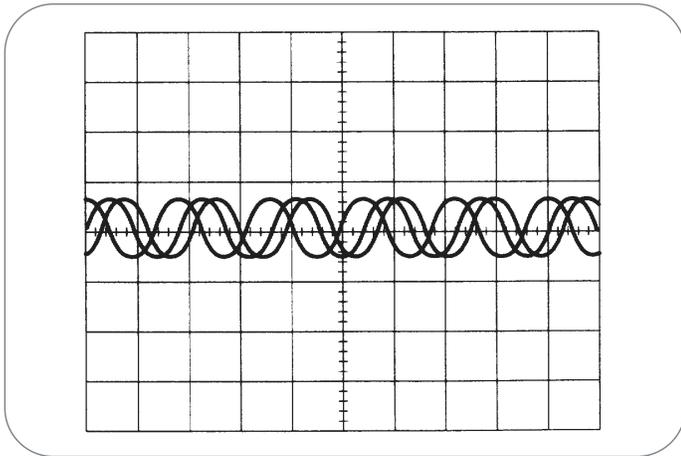
Un osciloscopio de fósforo digital (DPO) tiene una alta densidad de presentación de muestras y una capacidad innata de capturar la información de intensidad. Con su eje de intensidad (eje Z), el DPO es capaz de proporcionar una presentación tridimensional en tiempo real, similar a la de un osciloscopio analógico. Cuando se observa la traza de la forma de onda de un DPO, se pueden ver áreas brillantes —las áreas donde la señal ocurre con más frecuencia. Esta presentación permite distinguir la forma básica de la señal de un transitorio que ocurre sólo intermitentemente —la señal básica aparecería mucho más brillante. Una aplicación del eje Z consiste en enviar señales temporales especiales a la entrada independiente Z para crear "marcas" de puntos realzados a intervalos conocidos en la forma de onda.

Modo XYZ

Algunos DPO pueden utilizar la entrada Z para crear una presentación XY con gradación de intensidad. En este caso, el DPO muestrea el valor de los datos instantáneos en la entrada Z y utiliza esos valores para cualificar una parte específica de la forma de onda. Una vez que se obtienen las muestras cualificadas, éstas se pueden acumular, dando como resultado una presentación XYZ con gradación de intensidad. El modo XYZ es especialmente útil para mostrar patrones polares comúnmente utilizados en pruebas de dispositivos de telefonía móvil, por ejemplo, un diagrama de constelación.

El XYZ de los osciloscopios

► Conceptos básicos



► **Figura 35.** Presentación no disparada.

Sistema de disparo y controles

La función de **disparo** de un osciloscopio sincroniza el barrido horizontal en el punto correcto de la señal, función esencial para una clara caracterización de la señal. Los controles de disparo permiten estabilizar las formas de onda repetitivas y capturar formas de onda de ocurrencia única.

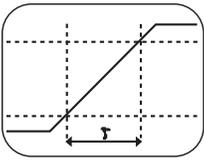
El disparo hace que las formas de onda repetitivas aparezcan inmóviles en la pantalla del osciloscopio, mostrando repetidamente la misma sección de la señal de entrada. No es difícil imaginar la confusión que se produciría si cada barrido empezara en un punto diferente de la señal, como se ilustra en la Figura 35.

El disparo por flanco, disponible en los osciloscopios analógicos y digitales, es el tipo de disparo básico y más común. Además del umbral de disparo que ofrecen los osciloscopios analógicos y digitales, muchos osciloscopios digitales ofrecen un conjunto de configuraciones de disparos especializados que no ofrecen los instrumentos analógicos. Estos disparos responden a condiciones específicas de la señal de entrada y facilitan la detección, por ejemplo, de un pulso que sea más estrecho de lo que debería ser. Sería imposible detectar tal condición con un disparo de umbral de voltaje solamente.

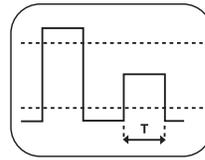
Los controles de disparos avanzados permiten aislar eventos específicos de interés para optimizar la velocidad de muestreo del osciloscopio y la longitud de registro. Las capacidades de disparos avanzados de algunos osciloscopios proporcionan un control altamente selectivo. Se puede disparar en pulsos definidos por su amplitud (tales como pseudopulsos), cualificados por tiempo (ancho de pulso, espurio ("glitch"), velocidad de transición, tiempos de establecimiento y retención, y lapso de tiempo o "time-out"), y definidos por su estado lógico o patrón (disparo lógico).

Los controles de disparo opcional en algunos osciloscopios están específicamente diseñados para examinar las señales de comunicaciones. La interfaz intuitiva de usuario disponible en algunos osciloscopios permite también una rápida configuración de los parámetros de disparo, con una amplia flexibilidad en la configuración de test para maximizar la productividad.

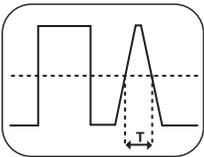
Cuando se utilizan más de cuatro canales para el disparo sobre señales, la herramienta ideal es un analizador lógico. Por favor, consulte el *XYZ de los Analizadores Lógicos* de Tektronix, si desea más información acerca de estos valiosos instrumentos de test y medida.



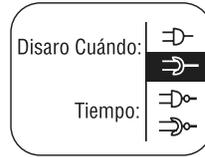
Disparo por velocidad de transición. Las señales de alta frecuencia con velocidades de transición más rápidas de lo esperado o de lo necesario, pueden radiar energía causante de problemas. El disparo por velocidad de transición supera al disparo por flanco convencional, añadiendo el elemento tiempo y permitiendo el disparo selectivo sobre flancos lentos o rápidos.



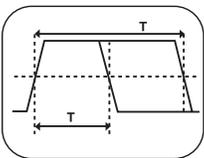
Disparo por pseudopulso ("runt"). El disparo por pseudopulso permite capturar y examinar pulsos que cruzan un umbral lógico, pero no ambos.



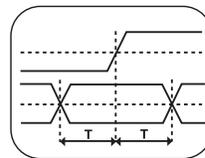
Disparo por espurios ("glitch"). El disparo por espurios permite disparar en pulsos digitales que son más estrechos o más anchos que un límite de tiempo definido por el usuario. Este control de disparo permite examinar las causas de los más infrecuentes espurios y sus efectos sobre otras señales.



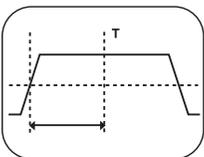
Disparo lógico. El disparo lógico permite disparar en cualquier combinación lógica de canales de entrada disponibles, siendo especialmente útil en la verificación de operaciones de lógica digital.



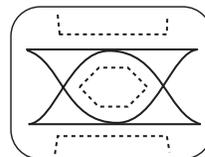
Disparo por ancho de pulso. Utilizando el disparo por ancho de pulso se puede monitorizar indefinidamente una señal y efectuar el disparo en la primera ocurrencia de un pulso cuya duración (ancho de pulso) esté fuera de los límites permisibles.



Disparo por tiempo de establecimiento y retención ("Setup" y "Hold"). Solamente el disparo por tiempo de establecimiento y retención permite capturar de forma determinística una transición aislada de los tiempos de establecimiento y retención de un dispositivo que, casi con toda seguridad, no sería posible capturar utilizando otros modos de disparo. Este modo facilita la captura de detalles específicos de calidad de la señal y de temporización cuando una señal de datos síncronos no llega a cumplir las especificaciones de los tiempos de establecimiento y retención.



Disparo por lapso de tiempo (timeout). El disparo por lapso de tiempo permite disparar en un evento sin necesidad de esperar a que termine el pulso del disparo, disparando en base a un lapso de tiempo especificado.



Disparo de comunicaciones. Disponible opcionalmente en ciertos modelos de osciloscopios, estos modos de disparo cubren la necesidad de adquirir una amplia variedad de señales de comunicaciones tales como Inversión Alternada de Marca (AMI), Inversión de Código y Marca (CMI) y No Retorno a Cero (NRZ).

Posición del disparo

El control de la posición del disparo horizontal solamente está disponible en los osciloscopios digitales. El control de la posición del disparo puede estar ubicado en la sección de controles horizontales del osciloscopio. De hecho, éste representa la posición horizontal del disparo en el registro de la forma de onda.

La variación de la posición del disparo horizontal permite capturar lo que ocurrió en una señal **antes** de un evento de disparo, lo que se conoce como **visualización del predisparo**. De esta forma, determina la cantidad de señal visible antes y después del punto de disparo.

Los osciloscopios digitales pueden proporcionar una visualización del predisparo porque procesan constantemente la señal de entrada, independientemente de que se haya recibido un disparo o no. Un flujo estable de datos entra a través del osciloscopio; el disparo solamente le indica al osciloscopio que almacene los datos existentes en ese momento en la memoria. Por el contrario, los osciloscopios analógicos solamente presentan la señal, es decir, la dibujan en el tubo de rayos catódicos (TRC), después de recibir el disparo. Por lo tanto, la visualización del predisparo no está disponible en los osciloscopios analógicos, con la excepción de una pequeña porción de predisparo proporcionada por una línea de retardo en el sistema vertical.

La visualización del predisparo es una valiosa ayuda para el diagnóstico. Si un problema ocurre de forma intermitente, se podrá disparar en el problema, almacenar los eventos que lo originaron y, posiblemente, localizar la causa.

El XYZ de los osciloscopios

► Conceptos básicos

Nivel y pendiente de disparo

Los controles de **nivel** y **pendiente de disparo** proporcionan la definición básica del punto de disparo y determinan cómo se presentará una forma de onda, según se ilustra en la Figura 36.

El circuito de disparo actúa como un comparador. Usted mismo selecciona la pendiente y el nivel de voltaje en una entrada del comparador. Cuando la señal de disparo en la otra entrada del comparador iguala los parámetros seleccionados, el osciloscopio genera un disparo.

- El control de la pendiente determina si el punto de disparo está en el flanco de subida o en el de bajada. Un flanco de subida es una pendiente positiva, y un flanco de bajada es una pendiente negativa.
- El control del nivel determina en qué punto del flanco ocurre el punto de disparo.

Fuentes de disparo

El osciloscopio no necesita disparar en la señal que se está mostrando. Varias fuentes pueden disparar el barrido:

- Cualquier canal de entrada
- Una fuente externa distinta de la señal aplicada a un canal de entrada
- La señal de alimentación
- Una señal definida internamente por el osciloscopio a partir de uno o más canales de entrada

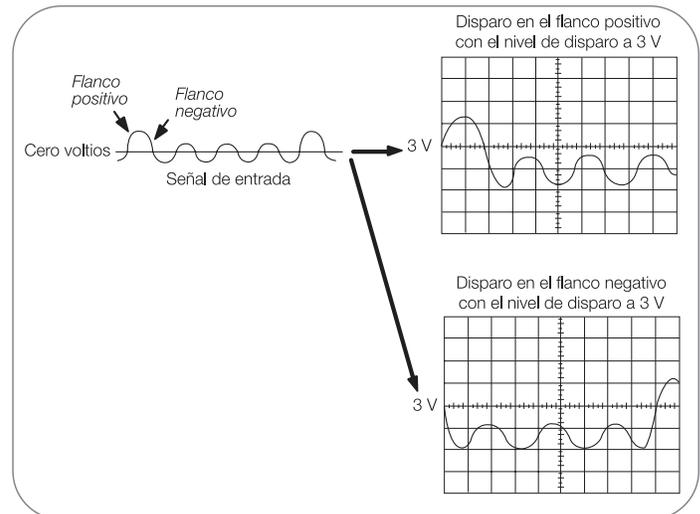
La mayoría de las veces se podrá dejar el osciloscopio configurado para disparar con el canal mostrado. Algunos osciloscopios proporcionan una salida de disparo para poder enviar la señal de disparo a otro instrumento.

El osciloscopio puede utilizar una fuente de disparo alternativa, esté o no presentada, por lo que se deberá cuidar de no disparar inadvertidamente en el canal 1 mientras se está mostrando el canal 2, por ejemplo.

Modos de disparo

El **modo de disparo** determina si el osciloscopio traza o no una forma de onda basándose en una condición de señal. Los modos habituales de disparo incluyen el **normal** y el **automático**.

En el modo normal, el osciloscopio solamente genera un barrido si la señal de entrada alcanza el punto de disparo establecido; de lo contrario, no aparecerá la traza en la pantalla (en un osciloscopio analógico) o la última forma de onda adquirida quedará congelada (en un osciloscopio digital). El modo normal puede desorientar al usuario, puesto que en un principio no se verá la señal si el control de nivel no está correctamente ajustado.



► **Figura 36.** Disparo en los flancos positivo y negativo.

El modo automático hace que el osciloscopio genere un barrido, incluso sin que haya disparo. Si no hay una señal presente, un temporizador en el osciloscopio disparará el barrido. Esto asegura que la traza no desaparezca de la pantalla si la señal no genera un disparo.

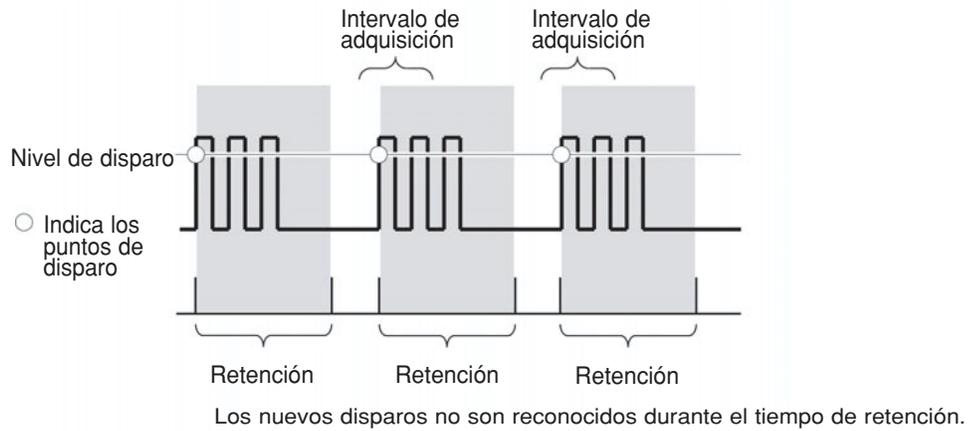
En la práctica, probablemente se utilizarán los dos modos: el modo normal, porque permite ver exactamente la señal de interés, incluso cuando el disparo ocurre a una velocidad lenta, y el modo automático, porque requiere menos ajustes.

Muchos osciloscopios incluyen también modos especiales para barridos individuales, disparo en señales de vídeo, o configuración automática del nivel de disparo.

Acoplamiento del disparo

Así como se puede seleccionar el acoplamiento de CA o CC para el sistema vertical, también se puede seleccionar el tipo de acoplamiento para la señal de disparo.

Además del acoplamiento de CA y CC, el osciloscopio también puede disponer de acoplamientos de disparo de rechazo a la alta frecuencia, rechazo a la baja frecuencia, y rechazo al ruido. Estas configuraciones especiales son útiles para eliminar el ruido en la señal de disparo y evitar así falsos disparos.



▶ **Figura 37.** Retención del disparo ("holdoff").

Retención del disparo ("holdoff")

A veces se requiere una gran habilidad para conseguir que el osciloscopio dispare en la parte deseada de una señal. Muchos osciloscopios tienen características especiales para facilitar esta tarea.

La **retención** del disparo es un período de tiempo ajustable después de un disparo válido durante el cual el osciloscopio no puede disparar. Esta característica es útil cuando se está disparando sobre formas de onda complejas, de manera que el osciloscopio solamente pueda disparar sobre un punto de disparo válido. La Figura 37 muestra cómo la utilización de la retención del disparo ayuda a crear una presentación útil.

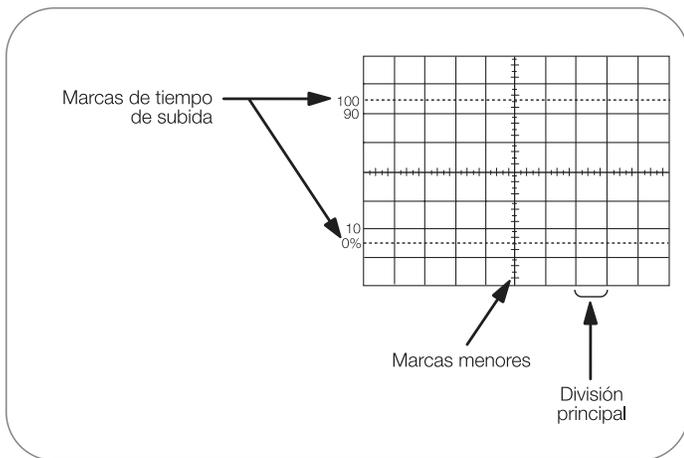
Sistema de presentación y controles

El panel frontal de un osciloscopio incluye la pantalla de presentación y los controles, teclas, interruptores, e indicadores, utilizados para el control de la adquisición de la señal y de su presentación. Como se menciona al comienzo de esta sección, los controles del panel frontal generalmente están divididos en las secciones **horizontal**, **vertical** y de **disparo**. El panel frontal incluye también los conectores de entrada.

Echemos un vistazo a la pantalla del osciloscopio. Observe las marcas de la rejilla en la pantalla —estas marcas crean la **retícula**. Cada línea vertical y horizontal constituye una **división principal**. La retícula se presenta usualmente en un patrón de 8 por 10 divisiones. La rotulación en los controles del osciloscopio (p. ej., volt/div y sec/div) siempre se refiere a divisiones principales. Las acotaciones en las líneas verticales y horizontales de la retícula, como se indica en la Figura 38 (vea página siguiente), se denominan divisiones menores. Muchos osciloscopios muestran en la pantalla los voltios que representa cada división vertical y los segundos que representa cada división horizontal.

El XYZ de los osciloscopios

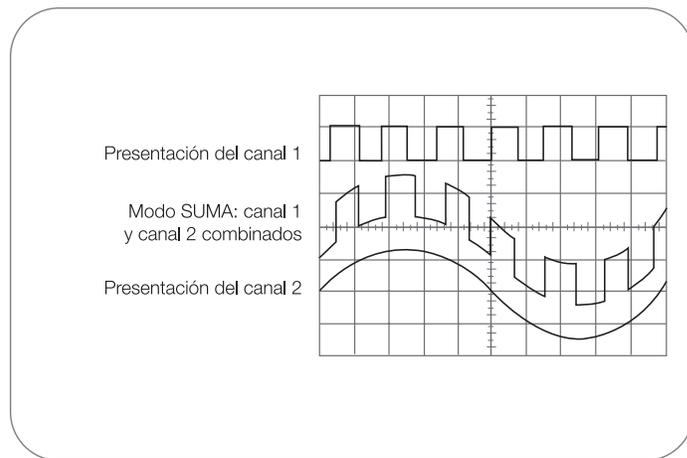
► Conceptos básicos



► **Figura 38.** Retícula de un osciloscopio.

Los sistemas de disparo varían entre los osciloscopios analógicos y los osciloscopios digitales. Entre los controles habituales se incluyen:

- Un control de intensidad, para ajustar el brillo de la forma de onda. Conforme se incrementa la velocidad de barrido de un osciloscopio analógico, se necesita aumentar el nivel de intensidad.
- Un control de enfoque, para ajustar la nitidez de la forma de onda, y un control de rotación de la traza, para alinear la traza de la forma de onda con el eje horizontal de la pantalla. La posición del osciloscopio con relación al campo magnético de la tierra afecta a la alineación de la forma de onda. Los osciloscopios digitales, que utilizan pantallas basadas en barrido y LCD, pueden no disponer de estos controles porque el total de la pantalla está predeterminado como en la pantalla de un ordenador personal. Por el contrario, los osciloscopios analógicos utilizan una pantalla de haz electrónico directo o vectorial.
- En muchos DSO y en los DPO, una paleta de color controla la selección de colores de la traza y los niveles de color de gradación de intensidad.
- Otros controles de presentación pueden permitir el ajuste de la intensidad de iluminación de la retícula y la presentación o ausencia de cualquier información en la pantalla, tales como los menús.



► **Figura 39.** Suma de canales.

Otros controles del osciloscopio

Operaciones matemáticas y medidas

El osciloscopio puede también realizar operaciones que permiten sumar dos formas de onda, creando así una nueva forma de onda. Los osciloscopios analógicos combinan las señales, mientras que los osciloscopios digitales crean una nueva forma de onda matemáticamente. Otra operación matemática es la resta de formas de onda. En osciloscopios analógicos, se puede restar utilizando la función inversora de canal en una señal y luego utilizando la operación de suma. Los osciloscopios digitales suelen disponer típicamente de una operación de resta. La Figura 39 ilustra una tercera forma de onda creada sumando dos señales diferentes.

Utilizando la potencia de los procesadores internos, los osciloscopios digitales ofrecen muchas operaciones matemáticas avanzadas: multiplicación, división, integración, Transformada Rápida de Fourier (FFT), etc.

Hemos descrito lo que un principiante necesita saber acerca de los controles básicos de un osciloscopio. Tal vez su osciloscopio disponga de otros controles para diversas funciones. Algunos de estos controles podrían incluir:

- Medidas paramétricas automáticas
- Cursores de medida
- Teclados para operaciones matemáticas o introducción de datos
- Capacidades de impresión
- Interfaces para la conexión del osciloscopio a un ordenador o directamente a Internet

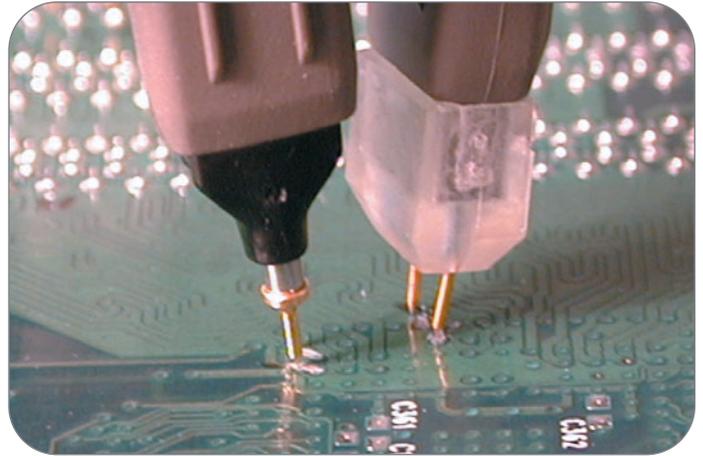
Observe las opciones disponibles en su osciloscopio y consulte el manual del mismo para obtener más información acerca de éstos y otros controles.

El sistema completo de medida

Sondas

Incluso el instrumento más avanzado sólo puede ser tan preciso como los datos que recibe. Una **sonda** funciona conjuntamente con un osciloscopio como parte de un sistema de medida. La precisión de las medidas comienza en la punta de la sonda. Las sondas adecuadas adaptadas al osciloscopio y al dispositivo bajo prueba (DUT) no sólo permiten que la señal sea llevada al osciloscopio limpiamente, sino que también amplifican y preservan la señal para conseguir una mayor integridad y precisión de la medida.

- **Para asegurar una precisa reconstrucción de la señal, trate de elegir una sonda que, junto con el osciloscopio, supere en cinco veces el ancho de banda de la señal.**

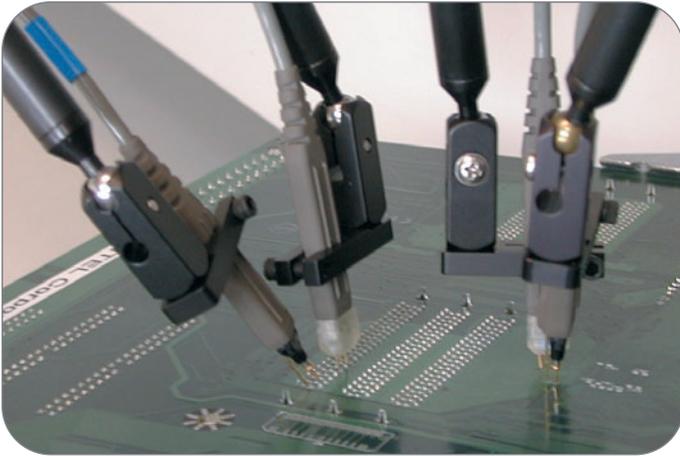


► **Figura 40.** Los dispositivos y sistemas de elevada densidad requieren sondas de pequeño tamaño.

En realidad, las sondas se convierten en parte del circuito, introduciendo **cargas** resistivas, capacitivas e inductivas que, inevitablemente, alteran la medida. Para lograr los resultados más precisos, se intentará seleccionar una sonda que ofrezca una carga mínima. La adaptación ideal de la sonda con el osciloscopio minimizará esta carga y permitirá tener acceso a toda la potencia, características y capacidades del osciloscopio.

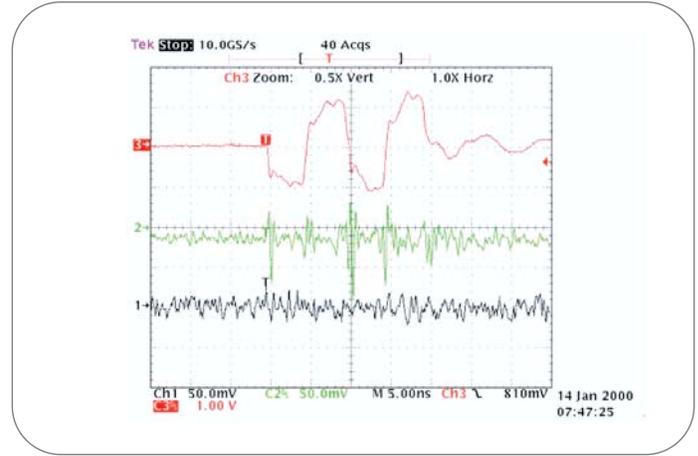
Otra consideración en la selección de la importante conexión al DUT es el tamaño de la sonda. Las sondas de pequeño tamaño facilitan el acceso a las circuiterías con densos encapsulados de la actualidad (vea la Figura 40).

A continuación, se describen los diferentes tipos de sondas. Por favor, consulte el manual del *ABC de las Sondas* de Tektronix para obtener más información acerca de este componente esencial del sistema general de medida.



► **Figura 42.** Las sondas de altas prestaciones son críticas cuando se miden los rápidos relojes y flancos que se encuentran en los buses de los ordenadores y líneas de transmisión actuales.

Las sondas pasivas proporcionan excelentes soluciones para pruebas de tipo general. Sin embargo, las sondas pasivas de tipo general no pueden medir con exactitud señales con flancos de subida extremadamente rápidos, y pueden cargar excesivamente ciertos circuitos sensibles. Este constante incremento en las velocidades de señal de reloj y velocidades de flanco requiere sondas de mayor velocidad con menores efectos de carga. Las sondas **diferenciales** y **activas** de alta velocidad proporcionan una solución ideal para la medida de señales de alta velocidad o diferenciales.



► **Figura 43.** Las sondas diferenciales pueden separar el ruido en modo común del contenido de la señal de interés, en las actuales aplicaciones de alta velocidad y bajo voltaje, una característica especialmente importante conforme las señales digitales siguen acercándose a los umbrales típicos de ruido que se encuentran en los circuitos integrados.

Sondas activas y diferenciales

El aumento de las velocidades de la señal y de las familias lógicas de más bajo voltaje dificulta la obtención de resultados exactos en las medidas. La fidelidad de una señal y la carga del dispositivo son factores críticos. Una completa solución de medida a estas altas velocidades incluirá soluciones de sondas de alta velocidad y alta fidelidad que se adapten a las prestaciones del osciloscopio (vea la Figura 42).

Las sondas **activas** y **diferenciales** utilizan circuitos especialmente desarrollados para conservar la señal durante su acceso y transmisión al osciloscopio, asegurando la integridad de las mismas. Para medidas de señales con tiempos de subida rápidos, una sonda activa o diferencial de alta velocidad proporcionará resultados más precisos.

El XYZ de los osciloscopios

► Conceptos básicos



► **Figura 44.** La interfaz TekConnect™ de Tektronix conserva la integridad de la señal hasta más de 10 GHz, cubriendo las necesidades de ancho de banda actuales y futuras.

Accesorios de las sondas

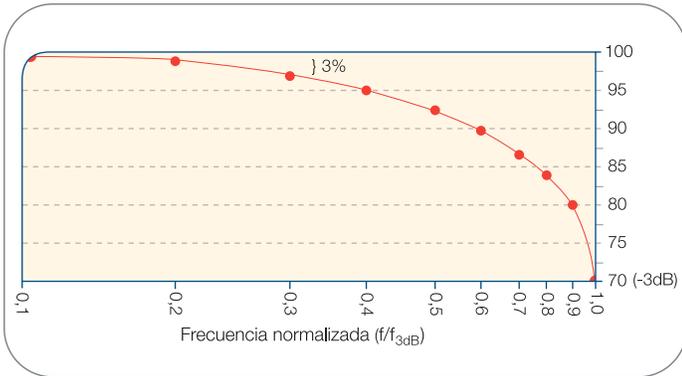
Muchos osciloscopios actuales proporcionan características especiales automáticas, integradas en el cuerpo de la sonda y en los conectores de entrada. En el caso de interfaces de sonda inteligentes, el acto de conectar la sonda al instrumento informará al osciloscopio acerca del factor de atenuación de la sonda, lo que, a su vez, ampliará la presentación, para que la atenuación de la sonda sea considerada en las lecturas en pantalla. Algunas interfaces de sonda también reconocen el tipo de sonda, es decir, si es sonda activa, pasiva o de corriente. También la interfaz puede actuar como una fuente de alimentación de CC para las sondas. Las sondas activas tienen su propio amplificador y circuitos de buffer que requieren una alimentación de CC.



► **Figura 45.** Los adaptadores de la serie SureFoot™ SF200A y SF500 de Tektronix proporcionan una conexión de punta de sonda fiable y muy corta hasta un pin específico en un circuito integrado.

También se dispone de accesorios de toma de tierra y para punta de sonda, con el fin de mejorar la integridad de la señal en la medida de señales de alta velocidad. Los adaptadores de toma de tierra proporcionan flexibilidad para el espacio existente entre las conexiones de la punta de sonda y la conexión a tierra en el DUT, a la par que mantienen longitudes muy cortas de cable desde la punta de sonda al DUT.

Consulte el manual *ABC de las Sondas* de Tektronix para obtener más información acerca de los accesorios para sondas.



▶ **Figura 46.** El ancho de banda de un osciloscopio es la frecuencia a la que una señal sinusoidal se presenta atenuada en un 70,7% respecto a la verdadera amplitud de la señal. Este punto se conoce como el punto a -3 dB.

Términos y consideraciones acerca de las prestaciones

Como ya se ha comentado anteriormente, un osciloscopio es análogo a una cámara que captura imágenes de señal que se pueden observar e interpretar. La velocidad del obturador, condiciones de iluminación, abertura y el tipo ASA de la película, afectan a la capacidad de la cámara para la captura de una imagen clara y precisa. Del mismo modo, los sistemas básicos de un osciloscopio y las consideraciones de sus prestaciones afectan de forma significativa a su capacidad para conseguir la necesaria integridad de la señal.

El aprendizaje de una nueva habilidad implica, a menudo, el aprendizaje de un nuevo vocabulario. Esto es cierto en el aprendizaje de la utilización de un osciloscopio. Esta sección describe algunos términos útiles de medidas y prestaciones de un osciloscopio. Estos términos se utilizan para describir el criterio esencial para la elección del osciloscopio adecuado para su aplicación. La comprensión de estos términos le servirá de ayuda para la evaluación y comparación de un modelo de osciloscopio con otros.

Ancho de banda

El **ancho de banda** determina la capacidad básica de un osciloscopio para medir una señal. Conforme aumenta la frecuencia de la señal, disminuye la capacidad del osciloscopio para presentar la señal con exactitud. Esta especificación indica el rango de frecuencia que el osciloscopio puede medir con precisión.

El ancho de banda de un osciloscopio se define como la frecuencia a la cual una señal sinusoidal se presenta atenuada un 70,7% respecto a la amplitud real de la señal. Este punto se conoce como el punto a -3 dB, término basado en una escala logarítmica (vea la Figura 46).



▶ **Figura 47.** Cuanto mayor es el ancho de banda, mayor es la precisión en la reproducción de la señal, según se ilustra con una señal capturada a niveles de ancho de banda de 250 MHz, 1 GHz y 4 GHz.

Sin un ancho de banda adecuado, el osciloscopio no podrá resolver los cambios de alta frecuencia. La amplitud se distorsionará. Los flancos se desvanecerán. Los detalles se perderán. Sin un ancho de banda adecuado, todas las características y prestaciones de un osciloscopio no tendrán ningún valor.

- ▶ **Regla de las 5 veces**
Ancho de banda requerido del osciloscopio = Componente de más alta frecuencia de la señal a medir x 5

Para determinar el ancho de banda del osciloscopio necesario para caracterizar con precisión la amplitud de la señal en una aplicación específica, aplique la "Regla de las 5 veces".

Un osciloscopio que se haya seleccionado utilizando la Regla de las 5 veces presentará menos del +/-2% de error en las medidas —típicamente suficiente para las aplicaciones actuales. Sin embargo, conforme aumenten las velocidades de la señal, puede que no sea posible alcanzar estas condiciones. Hay que tener siempre en cuenta que un mayor ancho de banda proporcionará siempre una reproducción más precisa de la señal (vea la Figura 47).

El XYZ de los osciloscopios

► Conceptos básicos



► **Figura 48.** Caracterización del tiempo de subida de una señal digital de alta velocidad.

Tiempo de subida

En el mundo digital, las medidas de tiempos de subidas son críticas. El tiempo de subida puede ser una consideración de prestaciones más apropiada cuando se van a medir señales digitales, tales como pulsos y escalones. El osciloscopio deberá tener un tiempo de subida suficientemente pequeño para capturar con precisión los detalles de las transiciones rápidas.

El **tiempo de subida** describe el rango de frecuencia útil de un osciloscopio. Para el cálculo del tiempo de subida requerido en un osciloscopio, se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Tiempo de subida requerido en el osciloscopio} = \frac{\text{Tiempo de subida más rápido de la señal medida}}{5}$$

Familia lógica	Señal típica Tiempo de subida	Ancho de banda calculado de la señal
TTL	2 ns	175 MHz
CMOS	1,5 ns	230 MHz
GTL	1 ns	350 MHz
LVDS	400 ps	875 MHz
ECL	100 ps	3,5 GHz
GaAs	40 ps	8,75 GHz

► **Figura 49.** Algunas familias lógicas producen tiempos de subida inherentemente más rápidos que otras.

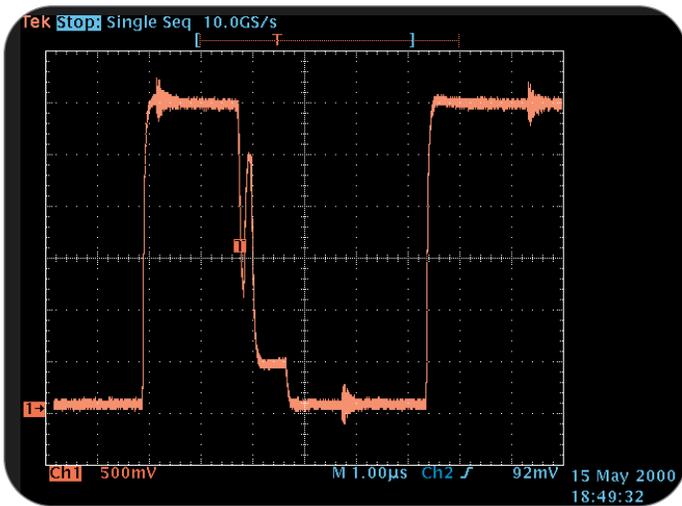
Observe que esta regla para la selección del tiempo de subida de un osciloscopio es similar a la del ancho de banda. Como en el caso del ancho de banda, la consecución de esta regla práctica puede no siempre ser posible dada la alta velocidad de las señales actuales. Hay que recordar siempre que un osciloscopio con tiempos de subida más rápidos capturarán más precisamente los detalles críticos de las transiciones rápidas.

En algunas aplicaciones, sólo se puede conocer el tiempo de subida de una señal. El ancho de banda y el tiempo de subida de un osciloscopio se pueden relacionar mediante una constante, utilizando la ecuación:

$$\text{Ancho de banda} = \frac{k}{\text{Tiempo de subida}}$$

donde k es un valor entre 0,35 y 0,45, dependiendo de la forma de la curva de respuesta de frecuencia del osciloscopio y de la respuesta del tiempo de subida. Los osciloscopios con un ancho de banda <1 GHz típicamente tienen un valor de 0,35, mientras que los osciloscopios con un ancho de banda >1 GHz tienen habitualmente valores entre 0,40 y 0,45.

Algunas familias lógicas producen tiempos de subida inherentemente más rápidos que otras, según se ilustra en la Figura 49.



► **Figura 50.** Una mayor velocidad de muestreo proporciona una mayor resolución de la señal, asegurando así la observación de eventos intermitentes.

Velocidad de muestreo

La **velocidad de muestreo** —especificada en muestras ("Samples") por segundo (S/s)— especifica con qué frecuencia un osciloscopio digital tomará una instantánea, o una muestra, de la señal, de forma análoga a los fotogramas de una cámara de cine. Cuanto más rápida es la velocidad de muestreo de un osciloscopio, mayores serán la resolución y el detalle de la forma de onda presentada, y menor la probabilidad de que se pierda información crítica o eventos de interés, como se muestra en la Figura 50. La velocidad de muestreo mínima también puede ser importante si se necesitan ver señales que cambian lentamente a lo largo de grandes períodos de tiempo. Típicamente, la velocidad de muestreo presentada cambia con los cambios realizados en el control de la escala horizontal con el fin de mantener un número constante de puntos en el registro de la forma de onda presentada.

¿Cómo se pueden calcular los requerimientos de velocidad de muestreo? El método difiere en función del tipo de forma de onda que se esté midiendo y del método de reconstrucción de señal utilizado por el osciloscopio.

Con el fin de reconstruir con precisión una señal y evitar el aliasing (presentación de señales no existentes), el teorema de Nyquist dice que hay que muestrear la señal al menos dos veces más rápido que su componente de frecuencia más elevada. Este teorema, sin embargo, da por supuesto una longitud de registro infinita y una señal continua. Puesto que ningún osciloscopio ofrece una longitud de registro infinita y, por definición, los espurios no son continuos, el muestreo a solamente dos veces la velocidad de la componente de frecuencia más elevada generalmente no será suficiente.

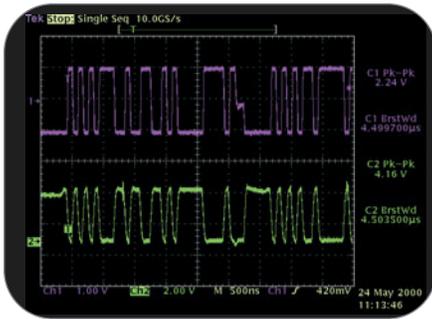
En realidad, la reconstrucción precisa de una señal depende de la velocidad de muestreo y del método de interpolación utilizado para rellenar los espacios entre las muestras. Algunos osciloscopios permiten seleccionar una interpolación seno (x)/x para la medida de señales sinusoidales, o bien una interpolación lineal para señales cuadradas, pulsos y otros tipos de señal.

- **Para una reconstrucción precisa utilizando la interpolación seno (x)/x, el osciloscopio deberá tener una velocidad de muestreo de al menos 2,5 veces la componente de frecuencia más elevada de la señal. Utilizando la interpolación lineal, la velocidad de muestreo deberá ser al menos 10 veces la componente de frecuencia más elevada de la señal.**

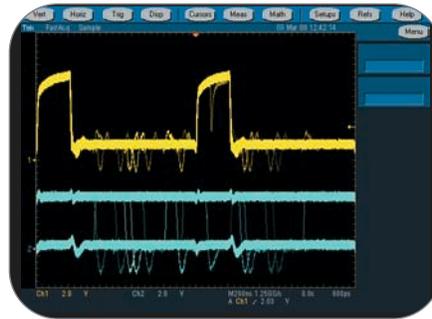
Algunos sistemas de medida con velocidades de muestreo de hasta 20 GS/s y anchos de banda de hasta 4 GHz están optimizados para capturar eventos muy rápidos, de ocurrencia única, y transitorios, muestreando en exceso (sobremuestreo) hasta una velocidad de 5 veces el ancho de banda.

El XYZ de los osciloscopios

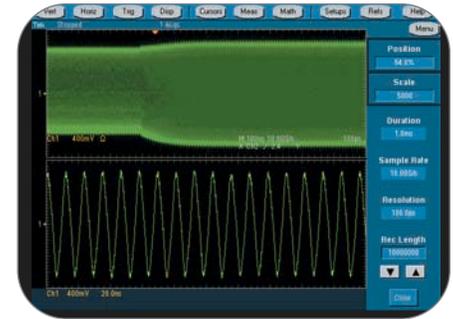
► Conceptos básicos



► **Figura 51.** Un DSO es la solución ideal para aplicaciones de diseño digital con requerimientos multicanal, de alta velocidad y de señal no repetitiva.



► **Figura 52.** Un DPO permite un nivel superior de observación del comportamiento de la señal, proporcionando velocidades de captura de forma de onda mucho más grandes y una presentación tridimensional, convirtiéndose en la mejor herramienta de diagnóstico y localización de fallos en diseños de tipo general para un amplio rango de aplicaciones.



► **Figura 53.** La captura en detalle de las altas frecuencias en esta portadora de señal modulada de 85 MHz requiere una elevada resolución de muestreo (100 ps). La observación de la envolvente completa de modulación de la señal requiere un gran período de tiempo (1 ms). Utilizando una gran longitud de registro (10 MB), el osciloscopio podrá mostrar ambos elementos de la señal.

Velocidad de captura de formas de onda

Todos los osciloscopios parpadean, es decir, todos abren y cierran "sus ojos" un determinado número de veces por segundo para capturar la señal. Esto es la **velocidad de captura de formas de onda**, expresada en formas de onda por segundo (wfms/s). Mientras que la velocidad de muestreo indica con qué frecuencia el osciloscopio toma muestras de la señal de entrada dentro de una forma de onda o ciclo, la velocidad de captura indica la rapidez con la que un osciloscopio adquiere formas de onda completas.

Las velocidades de captura de forma de onda varían ampliamente, dependiendo del tipo y nivel de prestaciones del osciloscopio. Los osciloscopios con altas velocidades de captura de forma de onda ofrecen una profundidad visual más completa acerca del comportamiento de la señal, y aumentan extraordinariamente la probabilidad de que el osciloscopio capture rápidamente anomalías transitorias tales como inestabilidades, seudopulsos, espurios o errores de transición. (Consulte las Figuras 51 y 52).

Los osciloscopios de memoria digital (DSO) utilizan una arquitectura de procesado en serie para capturar entre 10 y 5.000 wfms/s. Algunos DSO poseen un modo especial que captura una ráfaga de múltiples señales sobre una gran memoria, proporcionando temporalmente velocidades muy elevadas de captura de formas de onda, seguidas por largos períodos de tiempo de procesado, que reducen la probabilidad de capturar eventos esporádicos e intermitentes.

La mayoría de los osciloscopios de fósforo digital (DPO) utilizan una arquitectura de procesado en paralelo para proporcionar velocidades de captura de forma de onda muchísimo más elevadas. Algunos DPO pueden adquirir millones de formas de onda en cuestión de segundos, lo cual aumenta de forma significativa la probabilidad de captura de eventos infrecuentes e intermitentes, permitiendo ver más rápidamente los posibles problemas en la señal. Además, la capacidad del DPO para adquirir y presentar tres dimensiones del comportamiento de la señal en tiempo real —amplitud, tiempo y distribución de la amplitud en el tiempo— da como resultado un nivel superior de análisis del comportamiento de la señal.

Longitud de registro

La longitud de registro, expresada como el número de puntos que conforman un registro completo de longitud de onda, determina la cantidad de datos que se pueden capturar en cada canal. Puesto que un osciloscopio puede almacenar solamente un número limitado de muestras, la duración (el tiempo) de la forma de onda será inversamente proporcional a la velocidad de muestreo del osciloscopio.

$$\text{Intervalo de tiempo} = \frac{\text{Longitud de registro}}{\text{Velocidad de muestreo}}$$

Los actuales osciloscopios permiten seleccionar la longitud de registro para optimizar el nivel de detalle necesario en su aplicación. Si se está analizando una señal sinusoidal extremadamente estable, puede que una longitud de registro de 500 puntos sea suficiente, pero si se están aislando las causas de anomalías de tiempo en una trama compleja de datos digitales, pueden ser necesarios un millón de puntos o más para una longitud de registro determinada.

Capacidades del disparo

La función de **disparo** de un osciloscopio sincroniza el barrido horizontal con el punto correcto de la señal, siendo esencial para una clara caracterización de la señal. Los controles de disparo permiten estabilizar las formas de onda repetitivas y la captura de formas de onda de ocurrencia única.

Consulte la sección de **Disparo**, en el apartado **Consideraciones y condiciones de las prestaciones**, para obtener más información acerca de las capacidades del disparo.

Bits efectivos

Los **bits efectivos** representan un baremo de la capacidad de un osciloscopio digital para reconstruir con precisión el aspecto de una señal sinusoidal. Este baremo compara el error real del osciloscopio con el de un digitalizador teórico "ideal". Dado que los errores actuales incluyen ruido y distorsión, se deberán especificar la frecuencia y la amplitud de la señal.

Respuesta en frecuencia

El ancho de banda por sí solo no es suficiente para asegurar que un osciloscopio pueda capturar con precisión una señal de alta frecuencia. El objetivo en el diseño del osciloscopio es un tipo específico de respuesta de frecuencia: **Planitud Máxima del Retardo de Envolvente** (MFED, "Maximally Flat Envelope Delay"). Una respuesta de frecuencia de este tipo proporciona una excelente fidelidad a los pulsos, con un mínimo de sobreimpulso y oscilación. Puesto que un osciloscopio digital está compuesto de amplificadores, atenuadores, ADC, interconexiones y relés reales, la respuesta MFED es un objetivo al que sólo nos podemos aproximar. La fidelidad de los pulsos varía según el modelo y el fabricante (la Figura 46 ilustra este concepto).

Sensibilidad vertical

La **sensibilidad vertical** indica hasta qué punto el amplificador vertical puede amplificar una señal débil —medida habitualmente en milivoltios (mV) por división. El voltaje más pequeño que puede detectar un osciloscopio de tipo general es, típicamente, de alrededor de 1 mV por división vertical de la pantalla.

Velocidad de barrido

La **velocidad de barrido** indica la rapidez con la que la traza puede barrer la pantalla del osciloscopio, permitiendo ver la imagen con total nitidez. La velocidad de barrido de un osciloscopio se mide en tiempo (segundos) por división.

Precisión de la ganancia

La **precisión de la ganancia** indica la precisión con que el sistema vertical atenúa o amplifica una señal, habitualmente indicada como un porcentaje de error.

Precisión horizontal (base de tiempos)

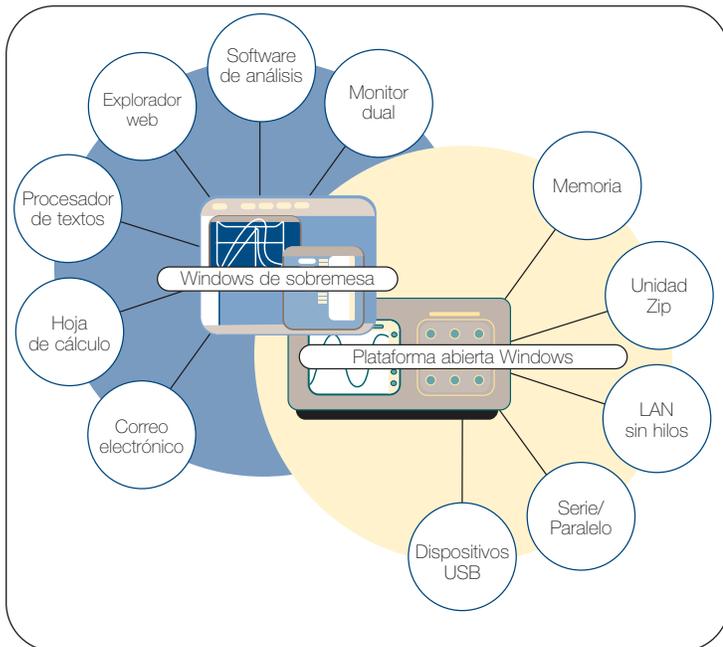
La **precisión horizontal** (o de la **base de tiempos**) indica con qué precisión el sistema horizontal presenta la temporización de una señal, habitualmente indicada como un porcentaje de error.

Resolución vertical (convertidor analógico/digital)

La resolución vertical del ADC, y por lo tanto, del osciloscopio digital, indica la precisión con la que el instrumento puede convertir señales de voltaje a valores digitales. La resolución vertical se mide en bits. Las técnicas de cálculo pueden mejorar la resolución efectiva, como en los ejemplos con modo de adquisición de alta resolución. Consulte Sistema horizontal y controles, en la sección **Sistemas y controles de un osciloscopio**.

El XYZ de los osciloscopios

► Conceptos básicos



► **Figura 54.** Un osciloscopio de la Serie TDS7000 pone en comunicación a equipos y personas para ahorrar tiempo e incrementar la productividad total del grupo.

Conectividad

La necesidad de análisis de los resultados de medida sigue siendo de máxima importancia. La necesidad de documentar y compartir la información y resultados de medida de forma fácil y frecuente a través de las redes de comunicaciones de alta velocidad ha crecido también en importancia.

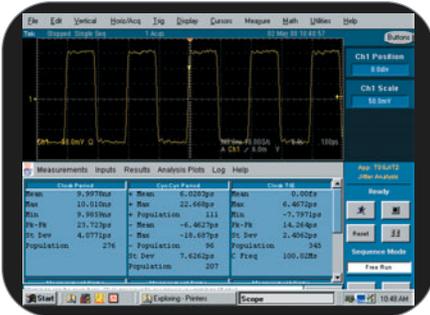
La conectividad de un osciloscopio proporciona capacidades avanzadas de análisis y simplifica la documentación y la posibilidad de compartir los resultados. Las interfaces estándar (GPIB, RS-232, USB, Ethernet) y módulos de comunicación en red permiten a algunos osciloscopios proporcionar un amplio conjunto de funcionalidad y control.



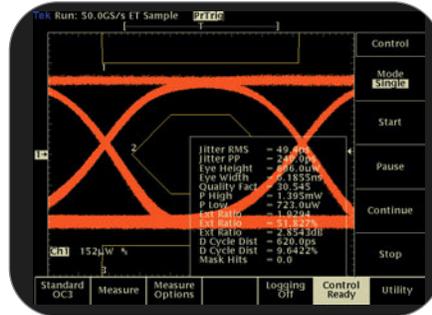
► **Figura 55.** Un osciloscopio de la Serie TDS3000 proporciona un amplio conjunto de interfaces de comunicaciones, tales como puerto estándar Centronics y módulos opcionales Ethernet/RS-232, GPIB/RS-232, y VGA/RS-232.

Algunos osciloscopios avanzados también permiten:

- Crear, editar y compartir documentos en el osciloscopio —todo ello, a la vez que se continúa trabajando con el osciloscopio en su entorno particular
- Acceder a los recursos de impresión y compartir ficheros en la red
- Acceder al entorno Windows®
- Ejecutar software de análisis y documentación
- Enlace a redes
- Acceso a Internet
- Enviar y recibir correo electrónico



▶ **Figura 56.** El paquete de software opcional TDS.JIT2 para los osciloscopios de la Serie TDS7000 está específicamente diseñado para cubrir las necesidades de medida de inestabilidad de los actuales ingenieros de diseño digital de alta velocidad.



▶ **Figura 57.** Equipe los osciloscopios de la Serie TDS700 con el módulo de aplicación TDSCM1 para test de conformidad de más-caras de comunicaciones.



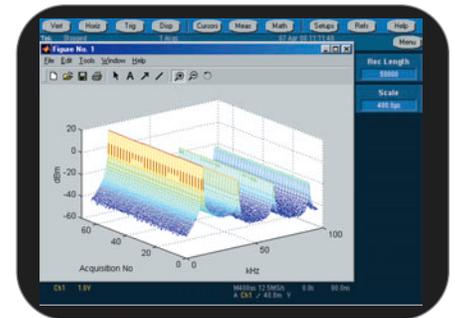
▶ **Figura 58.** El módulo de vídeo TDS3SD1 hace del osciloscopio de la Serie TDS3000 una herramienta rápida y completa para diagnóstico de vídeo.

Capacidades de expansión

Un osciloscopio debe ser capaz de adaptarse a sus necesidades conforme éstas van evolucionando. Algunos osciloscopios permiten:

- ▶ Añadir memoria a los canales para análisis con mayores longitudes de registro
- ▶ Añadir capacidades específicas de aplicaciones de medida
- ▶ Complementar la potencia del osciloscopio con un amplio rango de sondas y módulos
- ▶ Trabajar con software genérico para análisis y productividad, compatible con Windows
- ▶ Añadir accesorios, tales como paquetes de baterías y kits de montaje en bastidor

Los módulos de aplicación y el software pueden permitir la transformación de un osciloscopio en una herramienta de análisis altamente especializada, capaz de realizar funciones tales como análisis de inestabilidad ("jitter") y tiempo, verificación del sistema de memoria de un microprocesador, test de estándares de comunicaciones, medidas de unidades de disco, medidas de vídeo, medidas de potencia, y mucho más.



▶ **Figura 59.** El software avanzado de análisis y productividad, tal como MATLAB®, puede ser instalado en los osciloscopios de la Serie TDS7000 para realizar análisis local de señal.

El XYZ de los osciloscopios

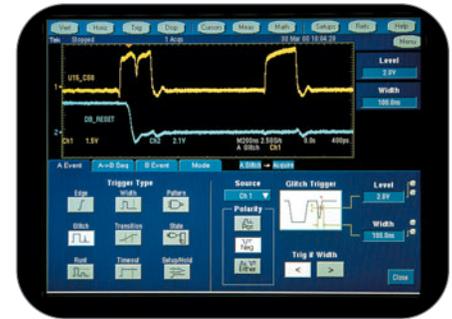
► Conceptos básicos



► **Figura 60.** Los mandos tradicionales de estilo analógico controlan la posición, escala, intensidad, etc., exactamente como usted esperaría.



► **Figura 61.** Obviamente, la pantalla sensible al tacto resuelve los problemas de espacio con bancos de trabajo y carros abarrotados, a la vez que proporciona un acceso a teclas en pantalla autoexplicativas.



► **Figura 62.** Utilice las ventanas de control gráfico para acceder a las más sofisticadas funciones con confianza y facilidad.

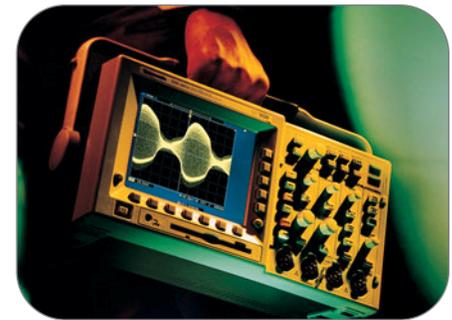
Facilidad de utilización

Tanto el aprendizaje como la utilización de un osciloscopio deben resultar fácil, y el instrumento debe ayudarle a trabajar con el máximo de eficacia y productividad. Del mismo modo que no existe un conductor de automóvil típico, tampoco existe un usuario típico de osciloscopios. Actualmente, existen tanto usuarios tradicionales del instrumento como aquellos que han crecido en la era Windows®/Internet. La clave para satisfacer a tan variado grupo de usuarios es la flexibilidad en el estilo de operación.

Muchos osciloscopios ofrecen un equilibrio entre prestaciones y simplicidad, proporcionando al usuario muchas formas de utilizar el instrumento. Una determinada disposición del panel frontal proporciona controles dedicados para los sistemas horizontal, vertical y de disparo. Una interfaz gráfica de usuario, rica en iconos, ayuda a entender y a utilizar de forma intuitiva capacidades avanzadas. Una pantalla sensible al tacto resuelve los problemas en espacios con bancos de trabajo y carros abarrotados, a la vez que proporciona un acceso a teclas en pantalla autoexplicativas. La ayuda en línea proporciona un adecuado manual de referencia integrado. Los controles intuitivos permiten, incluso a los usuarios ocasionales del osciloscopio, sentirse tan cómodo manejando un osciloscopio como conduciendo un automóvil, a la vez que proporcionan a los usuarios experimentados un fácil acceso a las características más avanzadas del osciloscopio. Además, muchos osciloscopios son portátiles, haciendo que el instrumento resulte eficaz en muchos y diferentes entornos de operación, en laboratorio o en campo.

Sondas

Una sonda funciona como un componente crítico en un sistema de medida, asegurando la integridad de la señal y permitiendo disponer de toda la potencia y prestaciones del osciloscopio. Consulte **El sistema completo de medida** en la Sección **Sistemas y controles de un osciloscopio**, o el manual del ABC de las Sonidas de Tektronix, para obtener información adicional.



► **Figura 63.** La portabilidad de muchos osciloscopios hace de ellos un instrumento eficaz en muchos entornos operativos.

Operación del osciloscopio

Configuración

Esta sección explica brevemente cómo configurar y empezar a utilizar un osciloscopio —en concreto, cómo hacer la conexión a tierra, cómo dejar los controles en su posición normal, y cómo compensar la sonda.

Una conexión a tierra adecuada es un paso importante al preparar el osciloscopio para adquirir muestras o para trabajar sobre un circuito. Una adecuada conexión a tierra del osciloscopio le protegerá de una descarga peligrosa, y la conexión a tierra del usuario protegerá de daños a los circuitos con los que trabaja.

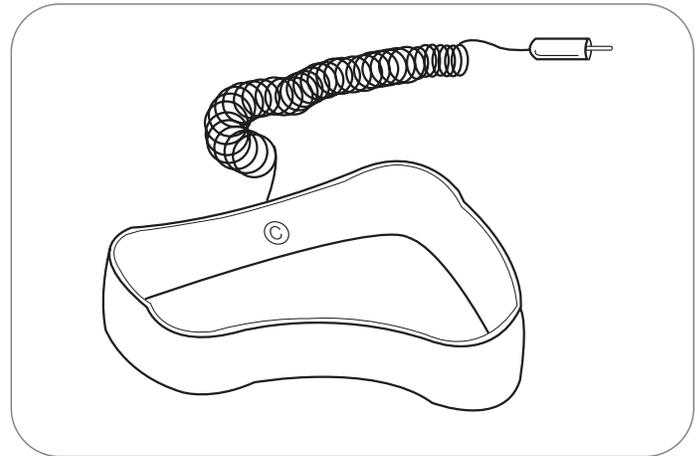
Conexión a tierra del osciloscopio

Conectar el osciloscopio a tierra significa conectarlo a un punto de referencia eléctricamente neutro (tal como una toma de tierra). Conéctelo enchufando un cable de alimentación de tres hilos a un enchufe con toma de tierra.

La conexión a tierra del osciloscopio es necesaria por una cuestión de seguridad. Si un alto voltaje entra en contacto con el chasis de un osciloscopio sin conexión a tierra, cualquier parte del chasis, incluyendo los controles que parecen aislados, puede provocarle una descarga eléctrica. Sin embargo, con el osciloscopio debidamente conectado a tierra, la corriente pasará por el camino de retorno a tierra y no a través del usuario a tierra.

La conexión a tierra también es necesaria para realizar medidas precisas. El osciloscopio necesita compartir la misma conexión a tierra que los circuitos que va a comprobar.

Algunos osciloscopios no necesitan una conexión a tierra por separado. Estos osciloscopios tienen chasis y controles aislados, que protegen al usuario contra cualquier peligro de descarga.



▶ **Figura 64.** Típica muñequera de conexión a tierra.

Conéctese a tierra

Si está trabajando con circuitos integrados (CI), usted también necesitará estar conectado a tierra. Los circuitos integrados poseen débiles rutas de conducción susceptibles de dañarse por la electricidad estática que se acumula en su cuerpo. Simplemente caminar sobre una alfombra o quitarse un jersey antes de tocar los contactos puede destruir un costoso CI. Para resolver este problema, utilice una muñequera de conexión a tierra, como se indica en la Figura 64. Esta muñequera permite que las cargas eléctricas acumuladas en su cuerpo pasen libremente a tierra.

El XYZ de los osciloscopios

► Conceptos básicos

Configuración de los controles

Después de encender el osciloscopio, observe al panel frontal. Como se ha descrito anteriormente, el panel frontal está típicamente dividido en tres secciones principales, denominadas vertical, horizontal y de disparo. Es posible que su osciloscopio tenga otras secciones, dependiendo del modelo y del tipo —analógico o digital.

Observe los conectores de entrada del osciloscopio —ahí es donde se conectan las sondas. La mayoría de los osciloscopios tiene al menos dos canales de entrada, y cada canal puede mostrar una forma de onda en la pantalla. Los canales múltiples son muy útiles para la comparación de formas de onda.

Algunos osciloscopios tienen teclas de autoconfiguración (AUTOSET) y/o POR DEFECTO (DEFAULT SETUP) que pueden configurar los controles automáticamente para adaptarse a la señal de entrada. Si su osciloscopio no dispone de esta capacidad, resultará útil disponer los controles en posiciones normales antes de empezar a realizar medidas.

Las instrucciones generales para configurar el osciloscopio en sus posiciones normales son:

- Configure el osciloscopio para presentar el canal 1
- Configure la escala de voltios/división y posicione los controles en su punto medio
- Apague/inhabilite la función voltios/división variable
- Apague/inhabilite la función de amplificación
- Configure el acoplamiento de entrada del canal 1 a CC
- Configure el modo de disparo en automático
- Configure la fuente de disparo para el canal 1
- Desconecte o ponga al mínimo la retención de disparo
- Ponga los controles de intensidad a un nivel de presentación normal, si es posible
- Ajuste el control de enfoque para una presentación nítida, si es posible
- Configure el tiempo/división horizontal y los controles de posición en su punto medio

Consulte el manual que acompaña a su osciloscopio para obtener instrucciones más detalladas. La sección **Sistemas y controles de un osciloscopio** describe estos controles con más detalle.

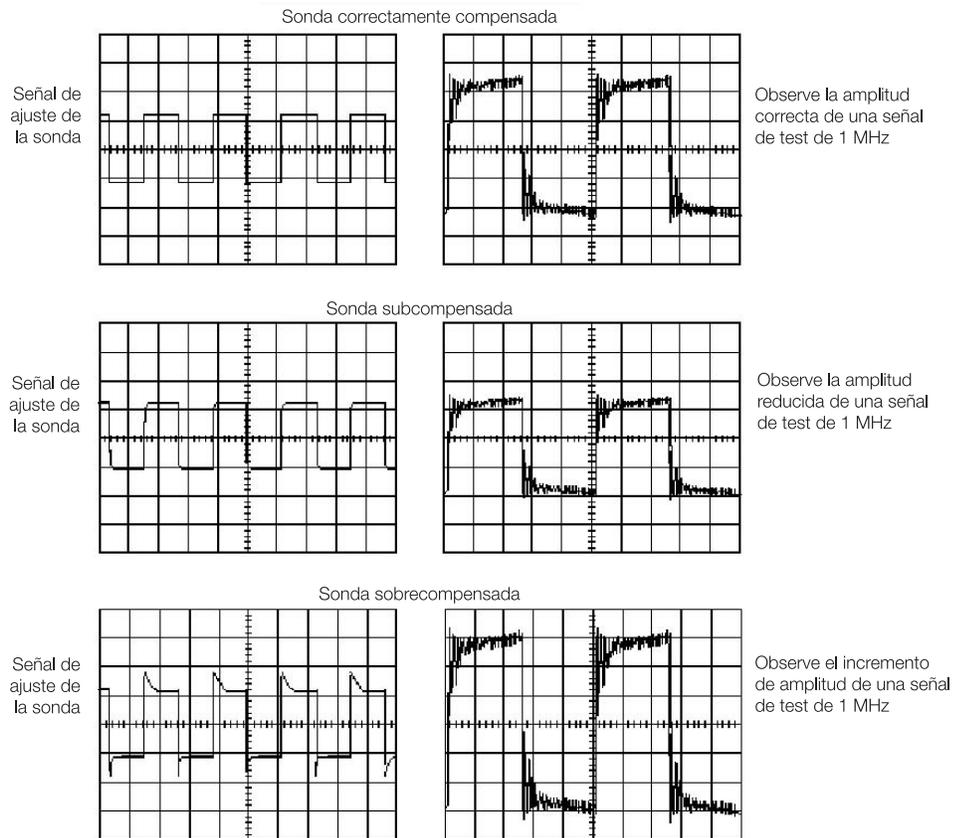
Utilización de las sondas

Ahora ya puede conectar una sonda al osciloscopio. Una sonda, si está bien adaptada al osciloscopio, permitirá acceder a toda la potencia y prestaciones del osciloscopio, y asegurará la integridad de la señal a medir.

Consulte el **Sistema completo de medida**, en la sección **Sistemas y controles de un osciloscopio**, o el *ABC de la Sondas* de Tektronix, para obtener información adicional.

Conexión de la pinza de toma de tierra

La medida de una señal requiere realizar dos conexiones: la conexión de la punta de la sonda y la conexión a tierra de la sonda. Las sondas disponen de una pinza de cocodrilo para conectarla al circuito bajo prueba. En la práctica, la pinza de tierra se conecta a un punto de tierra conocido en el circuito, tal como el chasis de metal de un equipo estéreo que se esté reparando, y se toca con la punta de la sonda en los puntos de prueba del circuito.



► **Figura 65.** Efectos de una inadecuada compensación de la sonda.

Compensación de la sonda

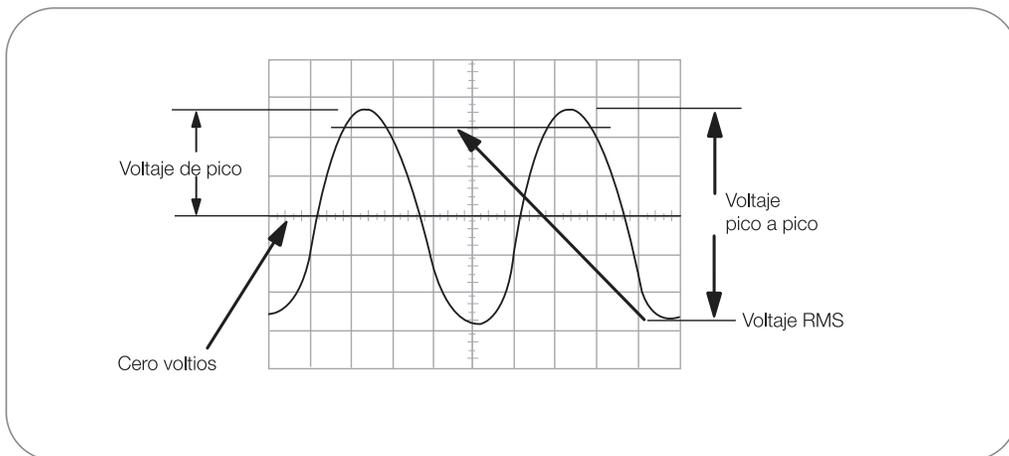
Las sondas pasivas de atenuación de tensión deben ser compensadas con el osciloscopio. Antes de utilizar una sonda pasiva, será necesario compensarla, es decir, balancear sus propiedades eléctricas con las de un osciloscopio en particular. Se debería tener la costumbre de compensar la sonda cada vez que se configura un osciloscopio. Una sonda mal compensada puede significar que las medidas sean menos precisas. La Figura 65 ilustra los efectos de una señal de test de 1 MHz cuando se utiliza una sonda que no está adecuadamente compensada.

La mayoría de los osciloscopios disponen de una señal de referencia de onda cuadrada en un terminal del panel frontal, que se utiliza para compensar la sonda de la siguiente forma:

- Conecte la sonda a un canal vertical.
- Conecte la punta de la sonda al punto de compensación de la sonda, por ejemplo, a la señal de referencia de onda cuadrada.
- Conecte la pinza de tierra de la sonda a un punto de tierra.
- Visualice la señal de referencia de onda cuadrada.
- Realice los ajustes adecuados en la sonda para que las esquinas de la onda cuadrada sean un ángulo recto.

El XYZ de los osciloscopios

► Conceptos básicos



► **Figura 66.** Voltaje de pico (V_p) y voltaje pico a pico (V_{p-p}).

Cuando se compensa una sonda, hay que conectar siempre los accesorios que se vayan a utilizar y conectar la sonda al canal vertical que se piense utilizar. Esto asegurará que el osciloscopio tenga las mismas propiedades eléctricas que tendrá cuando se realicen las medidas.

Técnicas de medida con osciloscopios

Esta sección describe las técnicas básicas de medida. Las dos medidas más básicas que se pueden realizar son medidas de voltaje y medidas de tiempo. Casi todas las demás medidas están basadas en una de estas dos técnicas fundamentales.

Esta sección expone métodos para realizar medidas visuales en la pantalla del osciloscopio. Ésta es una técnica habitual con instrumentos analógicos, y puede también resultar útil en interpretaciones a primera vista de las pantallas de los DSO y DPO.

Tenga en cuenta que la mayoría de los osciloscopios digitales incluyen herramientas automáticas de medida. Saber cómo realizar estas medidas manualmente, según se describe aquí, le ayudará a comprender y contrastar las medidas automáticas de los DPO y DSO. Las medidas automáticas también se explican más adelante en esta sección.

Medidas de voltaje

El voltaje es la cantidad de potencial eléctrico, expresada en voltios, entre dos puntos de un circuito. Normalmente, uno de estos puntos es una conexión a tierra (cero voltios), pero no siempre. Los voltajes también pueden medirse pico a pico desde el punto máximo de una señal hasta su punto mínimo. Se debe tener cuidado al especificar qué voltaje se va a medir.

Básicamente, el osciloscopio es un dispositivo de medida de voltaje. Una vez que se ha medido un voltaje, algún cálculo más es suficiente para medir otras cantidades. Por ejemplo, la ley de Ohm dice que el voltaje entre dos puntos de un circuito es igual a la corriente multiplicada por la resistencia. A partir de cualquiera de estas dos cantidades, se puede calcular la tercera utilizando la siguiente fórmula:

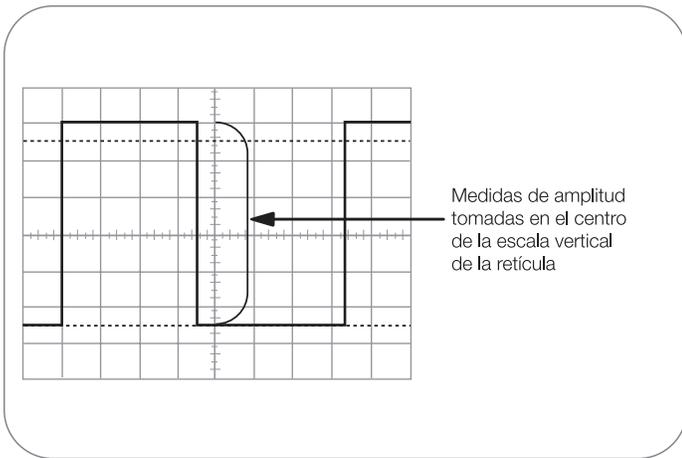
► **Voltaje = Corriente * Resistencia**

$$\text{Corriente} = \frac{\text{Voltaje}}{\text{Resistencia}}$$

$$\text{Resistencia} = \frac{\text{Voltaje}}{\text{Corriente}}$$

Ley de potencia: Potencia = Voltaje * Corriente

Otra fórmula útil es la Ley de la potencia: la potencia de una señal de CC es igual al voltaje multiplicado por la corriente. Para señales de CA, los cálculos son más complicados, pero lo importante aquí es que la medida del voltaje es el primer paso que conduce al cálculo de otros parámetros. La Figura 70 muestra el voltaje de pico (V_p) y el voltaje pico a pico (V_{p-p}).



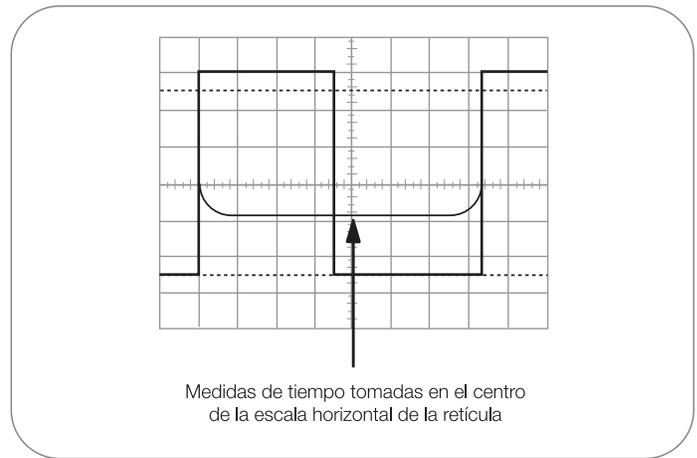
► **Figura 67.** Medida de voltaje en el centro de la escala vertical de la retícula.

El método más básico para realizar medidas de voltaje es contar el número de divisiones que ocupa una forma de onda en la escala vertical del osciloscopio. Ajustando la señal para cubrir la mayor parte de la pantalla vertical, permitirá obtener las mejores medidas de voltaje (vea la Figura 67). Cuanta más área de pantalla se utilice, más precisa será la lectura en la pantalla.

Muchos osciloscopios poseen líneas de **cursores** en la pantalla que permiten realizar medidas automáticas de la forma de onda sin necesidad de contar las divisiones de la retícula. Un cursor es simplemente una línea que se puede desplazar de un lado a otro de la pantalla. Las dos líneas de cursor horizontales se pueden desplazar hacia arriba y hacia abajo para fijar la amplitud de una forma de onda en medidas de voltaje, y las dos líneas (cursores) verticales se pueden desplazar a derecha e izquierda para medir tiempos. Una lectura en pantalla indicará el voltaje o el tiempo para cada una de sus posiciones.

Medidas de tiempo y frecuencia

Las medidas de tiempo se pueden realizar utilizando la escala horizontal del osciloscopio. Las medidas de tiempo incluyen la medida del período y del ancho de pulso. La frecuencia es la recíproca del período; por lo tanto, una vez que se conoce el período, la frecuencia será 1 dividido por el período. Al igual que en las medidas de voltaje, las medidas de tiempo son más precisas cuando se ajusta la porción de la señal que se va a medir de forma que cubra una amplia zona de la pantalla, como se ilustra en la Figura 68.



► **Figura 68.** Medida de tiempo en el centro de la escala horizontal de la retícula.

Medidas de ancho de pulso y de tiempos de subida

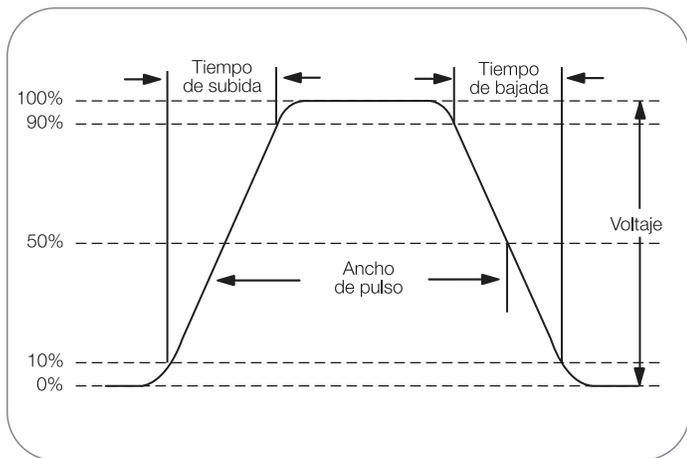
En muchas aplicaciones, los detalles de la forma de los pulsos son importantes. Los pulsos pueden experimentar distorsiones y hacer que un circuito funcione incorrectamente, y la temporización en un tren de pulsos es, con frecuencia, muy significativa.

Las medidas habituales de pulsos son el **ancho del pulso** y el **tiempo de subida**. El tiempo de subida es la cantidad de tiempo que tarda un pulso en cambiar desde su voltaje bajo al alto. Por convención, el tiempo de subida se mide desde el 10% al 90% del voltaje total del pulso. Esto elimina cualquier irregularidad en las esquinas de transición del pulso. El ancho de pulso es la cantidad de tiempo que el pulso tarda desde una transición de voltaje bajo a alto hasta una transición de voltaje alto a bajo, o viceversa. Por convención, el ancho del pulso se mide al 50% del voltaje total. La Figura 69 (vea la siguiente página) ilustra estos puntos de medida.

Las medidas de pulsos con frecuencia necesitan una configuración minuciosa del disparo. Para convertirse en un experto en la captura de pulsos, se deberá aprender a utilizar la retención del disparo y a configurar el osciloscopio digital para capturar datos anteriores al disparo, según se describe en la sección **Sistemas y controles de un osciloscopio**. La magnificación horizontal es otra característica útil para medir pulsos, puesto que permite ver los sutiles detalles de un pulso rápido.

El XYZ de los osciloscopios

► Conceptos básicos

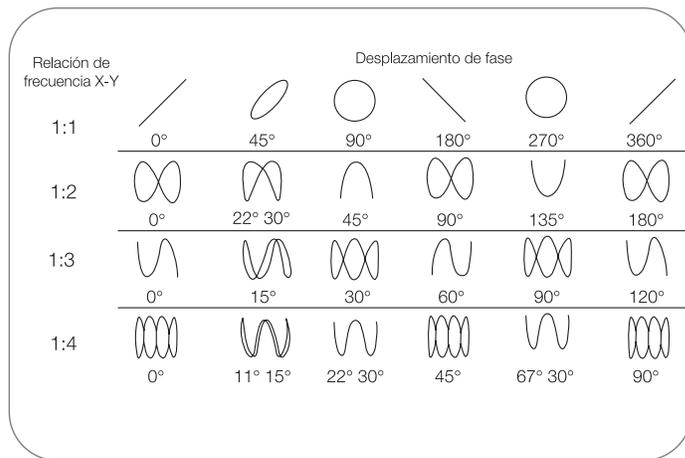


► **Figura 69.** Puntos de medida del tiempo de subida y del ancho de pulso.

Medidas de desplazamiento de fase

Un método para medir el desplazamiento de fase —la diferencia en tiempo entre dos señales periódicas que, por lo demás, son idénticas— es utilizar el modo XY. Esta técnica de medida implica introducir una señal en el sistema vertical de la forma habitual, y la segunda señal en el sistema horizontal. Esto se denomina medida XY, porque tanto el eje X como el eje Y del osciloscopio representan sendos voltajes. La forma de onda resultante de esta configuración se denomina Figura de Lissajous (en referencia al físico francés Jules Antoine Lissajous). De la forma de la Figura de Lissajous se puede determinar la diferencia de fase entre las dos señales. También se puede determinar la relación de frecuencia. La figura 70 muestra Figuras de Lissajous para varias relaciones de frecuencia y diferencias de fase.

La técnica de medida XY tiene su origen en los osciloscopios analógicos. Los DSO pueden tener dificultades para crear presentaciones XY en tiempo real. Algunos DSO crean una imagen XY acumulando datos de las señales en el tiempo y mostrando luego dos canales como una presentación XY.



► **Figura 70.** Figuras de Lissajous.

Los DPO, por el contrario, pueden adquirir y presentar una verdadera imagen en modo XY en tiempo real, utilizando una trama continua de datos digitalizados. Los DPO pueden también mostrar una imagen XYZ con áreas intensificadas. Contrariamente a las presentaciones XY de los DSO y DPO, este tipo de presentaciones en los osciloscopios analógicos están típicamente limitadas a unos pocos megaciclos de ancho de banda.

Otras técnicas de medida

Esta sección ha explicado diversas técnicas básicas de medidas. Otras técnicas de medida involucran la configuración del osciloscopio para verificar componentes eléctricos en una línea de ensamblaje, capturar señales transitorias infrecuentes, etc. Las técnicas de medida que se utilicen dependerán mucho de la aplicación, pero lo aprendido hasta el momento es suficiente para comenzar. Practique utilizando el osciloscopio y documéntese más sobre todo ello. Muy pronto, la operación de un osciloscopio le resultará sumamente sencilla.

Ejercicios escritos

Esta sección contiene ejercicios escritos que cubren la información presentada en este manual. Los ejercicios están divididos en dos partes, Parte I y Parte II.

- ▶ La Parte I cubre la información presentada en las siguientes secciones:

El osciloscopio

Términos y consideraciones acerca de las prestaciones

- ▶ La Parte II cubre la información presentada en las siguientes secciones:

Sistemas y controles de un osciloscopio

Operación del osciloscopio

Técnicas de medida

Los siguientes ejercicios cubren el vocabulario e información sobre aplicaciones.

Compruebe lo que ha aprendido de la información en estas secciones haciendo este breve autotest. Las respuestas comienzan en la página 55.

Parte I

- ▶ El osciloscopio
- ▶ Términos y consideraciones acerca de las prestaciones

Ejercicio de vocabulario - Escriba junto a cada término en la columna de la izquierda la letra de la definición correspondiente en la columna de la derecha.

Término	Definición
1. <u>Adquisición</u>	A La unidad de diferencia de potencial eléctrico.
2. <u>Analógico</u>	B Una medida de rendimiento que indica la precisión de un ADC medida en bits.
3. <u>Ancho de banda</u>	C Término utilizado para referirse a los puntos en grados del período de una señal.
4. <u>Fósforo digital</u>	D El número de veces que una señal se repite en un segundo.
5. <u>Frecuencia</u>	E La cantidad de tiempo que una onda tarda en completar un ciclo.
6. <u>Espurio</u>	F Un valor digital almacenado, que representa el voltaje de una señal en un punto específico en el tiempo sobre la pantalla.
7. <u>Período</u>	G Una forma de onda habitual que tiene un flanco de subida, un ancho y un flanco de bajada.
8. <u>Fase</u>	H Una medida del rendimiento que indica la rapidez del flanco de subida de un pulso.
9. <u>Pulso</u>	I Circuito del osciloscopio que controla la temporización del barrido.
10. <u>Punto de forma de onda</u>	J Un pico intermitente en un circuito.
11. <u>Tiempo de subida</u>	K Una señal medida por el osciloscopio que solamente ocurre una vez.
12. <u>Punto de muestreo</u>	L El proceso del osciloscopio de toma de puntos de muestreo del ADC, su procesado y almacenamiento en memoria.
13. <u>Memoria digital</u>	M Algo que opera con valores continuamente cambiantes.
14. <u>Base de tiempos</u>	N Osciloscopio digital que captura 3 dimensiones de la información de la señal en tiempo real.
15. <u>Transitorio</u>	O Osciloscopio digital con procesado en serie.
16. <u>Resolución del ADC</u>	P Un rango de frecuencias sinusoidales definido por el punto a -3dB.
17. <u>Voltio</u>	Q Los datos sin procesar de un ADC utilizados para el cálculo y presentación de los puntos de forma de onda.

El XYZ de los osciloscopios

► Conceptos básicos

Parte I

► El osciloscopio

► Términos y consideraciones acerca de las prestaciones

Ejercicio de aplicación

Trace un círculo alrededor de las respuestas correctas para cada frase.

Algunas frases tienen más de una respuesta correcta.

1. Con un osciloscopio, se puede:

- Calcular la frecuencia de una señal.
- Localizar componentes eléctricos con funcionamiento defectuoso.
- Analizar los detalles de una señal.
- Todo lo anterior.

2. La diferencia entre osciloscopios analógicos y osciloscopios digitales es que:

- Los osciloscopios analógicos no tienen menús en pantalla.
- Los osciloscopios analógicos aplican un voltaje de medida directamente al sistema de presentación, mientras que los osciloscopios digitales primero convierten el voltaje a valores digitales.
- Los osciloscopios analógicos miden datos analógicos, mientras que los osciloscopios digitales miden dígitos.
- Los osciloscopios analógicos no tienen sistema de adquisición.

3. La sección vertical de un osciloscopio:

- Adquiere puntos de muestreo con un ADC.
- Inicia un barrido horizontal.
- Permite ajustar el brillo de la pantalla.
- Atenúa o amplifica la señal de entrada.

4. El control de la base de tiempos de un osciloscopio:

- Ajusta la escala vertical.
- Muestra la hora actual del día.
- Configura la cantidad de tiempo representado por el ancho horizontal de la pantalla.
- Envía un pulso de reloj a la sonda.

5. En la pantalla de un osciloscopio:

- El voltaje está en el eje vertical y el tiempo está en el eje horizontal.
- Una traza recta en diagonal indica que el voltaje está cambiando a una velocidad estable.
- Una traza recta horizontal significa que el voltaje es constante.
- Todo lo anterior.

6. Todas las ondas repetitivas tienen las siguientes propiedades:

- Una frecuencia que se mide en ciclos.
- Un período que se mide en segundos.
- Un ancho de banda que se mide en ciclos.
- Todo lo anterior.

7. Si se explora el interior de un ordenador con un osciloscopio, es muy probable encontrar los siguientes tipos de señal:

- Trenes de pulsos.
- Ondas en rampa.
- Ondas sinusoidales.
- Todo lo anterior.

8. Al evaluar las prestaciones de un osciloscopio analógico, algunos de los detalles que se debe tener en cuenta son:

- El ancho de banda.
- La sensibilidad vertical.
- La resolución del ADC.
- La velocidad de barrido.

9. La diferencia entre los osciloscopios de memoria digital y los osciloscopios de fósforo digital es que:

- El DSO tiene un mayor ancho de banda.
- El DPO captura tres dimensiones de información de la forma de onda en tiempo real.
- El DSO tiene una pantalla en color.
- El DSO captura más detalles de la señal.

Parte II

- ▶ Sistemas y controles de un osciloscopio
- ▶ Operación del osciloscopio
- ▶ Técnicas de medida

Ejercicio de vocabulario - Escriba junto a cada término en la columna de la izquierda la letra de la definición correspondiente en la columna de la derecha.

Término	Definición
1. __ Modo promediado	A La interacción no intencionada de la sonda y el osciloscopio con el circuito bajo prueba, lo cual distorsiona una señal.
2. __ Carga del circuito	B Un conductor que conecta la corriente eléctrica a tierra.
3. __ Compensación	C Un método de muestreo en el que el osciloscopio digital recoge tantas muestras como sea posible conforme ocurre la señal, y después construye una visualización de ésta utilizando la interpolación si fuera necesario.
4. __ Acoplamiento	D Un método de muestreo en el que el osciloscopio digital construye una imagen de una señal repetitiva, capturando tan solo un bit de información en cada repetición.
5. __ Toma de tierra	E Un dispositivo que convierte un estímulo físico específico, tal como el sonido, la presión, el esfuerzo, o la intensidad de la luz, en una señal eléctrica.
6. __ Tiempo equivalente	F Un dispositivo de prueba para introducir una señal a la entrada de un circuito.
7. __ Retícula	G Una técnica de procesado utilizada por los osciloscopios digitales para eliminar el ruido en la presentación de una señal.
8. __ Interpolación	H Un método para conectar dos circuitos entre sí.
9. __ Tiempo real	I Una técnica de procesado para "conectar los puntos" y estimar el aspecto de una forma de onda rápida, basándose solamente en unos pocos puntos de muestreo.
10. __ Generador de señal	J Las líneas de la retícula para medir formas de onda con el osciloscopio.
11. __ Barrido único	K Un modo de disparo que inicia el barrido una vez y debe restaurarse para aceptar un nuevo evento de disparo.
12. __ Transductor	L Un ajuste de la sonda para sondas atenuadoras 10X que balancea las propiedades eléctricas de la sonda con las propiedades eléctricas del osciloscopio.

El XYZ de los osciloscopios

► Conceptos básicos

Parte II

► Sistemas y controles de un osciloscopio

► Operación del osciloscopio

► Técnicas de medida - Parte II

► Sistemas y controles de un osciloscopio

► Operación del osciloscopio

► Técnicas de medida

Ejercicio de aplicación

Trace un círculo alrededor de las respuestas correctas para cada frase. Algunas frases tienen más de una respuesta correcta.

1. Para operar con seguridad un osciloscopio, se debe:

- Conectar el osciloscopio a tierra con el cable de alimentación de tres hilos adecuado.
- Aprender a reconocer los componentes eléctricos potencialmente peligrosos.
- Evitar tocar conexiones expuestas en un circuito bajo prueba, incluso si la alimentación está desconectada.
- Todo lo anterior.

2. La conexión a tierra de un osciloscopio es necesaria:

- Por razones de seguridad.
- Para proporcionar un punto de referencia a las medidas.
- Para alinear la traza con el eje horizontal de la pantalla.
- Todo lo anterior.

3. La carga de un circuito está provocada por:

- Una señal de entrada con un voltaje demasiado elevado.
- La interacción del osciloscopio y la sonda con el circuito bajo prueba.
- Una sonda atenuadora 10X que no está compensada.
- Poner demasiado peso en un circuito.

4. La compensación de una sonda es necesaria para:

- Balancear las propiedades de la sonda atenuadora 10X con el osciloscopio.
- Prevenir daños en el circuito bajo prueba.
- Mejorar la precisión de las medidas.
- Todo lo anterior.

5. El control de rotación de traza es útil para:

- Cambiar de escala las formas de onda en la pantalla.
- Detectar señales de onda sinusoidal.
- Alinear la traza de la forma de onda con el eje horizontal de la pantalla de un osciloscopio analógico.
- Medir el ancho de un pulso.

6. El control de voltios por división se utiliza para:

- Ajustar la escala vertical de una forma de onda.
- Posicionar una forma de onda verticalmente.
- Atenuar o amplificar la señal de entrada.
- Ajustar el número de voltios que representa cada división.

7. Al poner a tierra el acoplamiento de entrada vertical:

- Se desconecta la señal de entrada al osciloscopio.
- Hace que aparezca una línea horizontal con el disparo automático.
- Permite ver dónde se encuentra el punto de cero voltios sobre la pantalla.
- Todo lo anterior.

8. El disparo es necesario para:

- Estabilizar en pantalla formas de onda repetitivas.
- Capturar formas de onda de ocurrencia única.
- Definir un punto específico de una adquisición.
- Todo lo anterior.

9. La diferencia entre el modo de disparo automático y el normal es que:

- En el modo normal, el osciloscopio barre solamente una vez y luego se detiene.
- En el modo normal, el osciloscopio barre solamente si la señal de entrada alcanza el punto de disparo y, en caso contrario, no aparece nada en pantalla.
- El modo automático hace que el osciloscopio barra continuamente, incluso sin ser disparado.
- Todo lo anterior.

10. El modo de adquisición que mejor reduce el ruido en una señal repetitiva es el:

- Modo de muestreo.
- Modo de detección de picos.
- Modo envolvente.
- Modo promediado.

- 11. Las dos medidas más básicas que se pueden hacer con un osciloscopio son:**
- Medidas de tiempo y frecuencia.
 - Medidas de tiempo y voltaje.
 - Medidas de voltaje y ancho de pulso.
 - Medidas de ancho de pulso y desplazamiento de fase.
- 12. Si los voltios/división están configurados a 0,5, la señal más grande que se puede mostrar en la pantalla (suponiendo que sea de 8 x 10 divisiones) es:**
- 62,5 milivoltios pico a pico.
 - 8 voltios pico a pico.
 - 4 voltios pico a pico.
 - 0,5 voltios pico a pico.
- 13. Si los segundos/división están configurados a 0,1 ms, la cantidad de tiempo representada por el ancho de la pantalla es:**
- 0,1 ms.
 - 1 ms.
 - 1 segundo.
 - 0,1 kHz.
- 14. Por convención, el ancho de un pulso se mide:**
- Al 10% del voltaje pico a pico (p-p) del pulso.
 - Al 50% del voltaje pico a pico (p-p) del pulso.
 - Al 90% del voltaje pico a pico (p-p) del pulso.
 - Al 10% y 90% del voltaje pico a pico (p-p) del pulso.
- 15. Usted conecta una sonda al circuito bajo prueba pero no aparece nada en pantalla. Deberá:**
- Comprobar que la intensidad de la pantalla está habilitada.
 - Comprobar que el osciloscopio está configurado para mostrar el canal al que está conectada la sonda.
 - Configurar el modo de disparo en automático, ya que el modo normal no muestra nada en pantalla
 - Poner el acoplamiento de entrada vertical a CA y configurar los voltios/división a su mayor valor, puesto que una señal grande de CC podría salirse por el borde superior o inferior de la pantalla.
 - Comprobar que la sonda no tiene un cortocircuito y asegurarse de que está adecuadamente conectada a tierra.
 - Comprobar que el osciloscopio está configurado para disparar en el canal de entrada que se está utilizando.
 - Todo lo anterior.

Clave de respuestas

Esta sección facilita las respuestas a todos los ejercicios escritos de las secciones anteriores.

Parte I: Respuestas a los ejercicios de vocabulario

1. L	5. D	9. G	13. O
2. M	6. J	10. F	14. I
3. P	7. E	11. H	15. K
4. N	8. C	12. Q	16. B
			17. A

Parte I: Respuestas a los ejercicios de aplicación del osciloscopio

1. D	3. D	5. D	7. A
2. B,D	4. C	6., A,B	8. A,B,D
			9. B

Parte II: Respuestas a los ejercicios de vocabulario

1. G	4. H	7. J	10. F
2. A	5. B	8. I	11. K
3. L	6. D	9. C	12. E

Parte II: Respuestas a los ejercicios de aplicación del osciloscopio

1. D	5. C	9. B,C	13. B
2. A,B	6. A,C,D	10. D	14. B
3. B	7. D	11. B	15. G
4. A,C	8. D	12. C	

El XYZ de los osciloscopios

► Conceptos básicos

Glosario

Acoplamiento – El método de conectar dos circuitos entre sí. Los circuitos conectados con un hilo conductor son acoplados directamente (CC).

Los circuitos conectados a través de un condensador o de un transformador son conectados indirectamente (CA).

Amplificación – Un incremento en la amplitud de la señal durante su transmisión de un punto a otro.

Amplitud – La magnitud de una cantidad o energía de una señal. En electrónica, la amplitud suele referirse al voltaje o a la potencia.

Analizador lógico – Un instrumento utilizado para presentar los estados lógicos de muchas señales digitales en el tiempo. Analiza los datos digitales y puede representarlos como una ejecución de software en tiempo real, como valores de flujo de datos, como secuencias de estados, etc.

Ancho de banda – Un rango de frecuencias, habitualmente con un límite a -3 dB.

Ancho de pulso – La cantidad de tiempo que dura un pulso desde su flanco descendente hasta el ascendente, o viceversa. Medido por regla general al 50% del voltaje máximo.

Atenuación – Una disminución de la amplitud de la señal durante su transmisión de un punto a otro.

Barrido – Una exploración horizontal de izquierda a derecha del haz de electrones de un osciloscopio a lo ancho de la pantalla del TRC.

Barrido horizontal – La acción del sistema horizontal que produce el trazado de la forma de onda.

Barrido único – Un modo de disparo para visualizar una pantalla disparada de una señal y después pararla.

Base de tiempos – Circuito del osciloscopio que controla el tiempo del barrido. La base de tiempos está configurada por el control de segundos/división.

Base de tiempos retardada – Una base de tiempos con un barrido que puede empezar (o puede ser disparada para empezar) con relación a un tiempo predeterminado respecto del barrido principal de la base de tiempos. Permite ver los eventos más detalladamente y ver eventos que no son visibles con el simple barrido principal de la base de tiempos.

Bits efectivos – Un baremo de la capacidad de un osciloscopio digital para reconstruir con precisión la forma de una señal de onda sinusoidal. Este baremo compara el error actual del osciloscopio con el de un digitalizador teórico "ideal".

Carga – La interacción no intencionada de la sonda y el osciloscopio con el circuito bajo prueba, que distorsiona una señal.

Carga de un circuito – La interacción no intencionada de la sonda y el osciloscopio con el circuito bajo prueba, que distorsiona la señal.

Ciclo (Hz) – Un ciclo por segundo; la unidad de frecuencia.

Precisión horizontal (Base de tiempos) – Una indicación de la precisión con la que el sistema horizontal presenta la temporización de la señal, y se representa habitualmente como un porcentaje de error.

Compensación – Un ajuste de sonda para sondas de atenuación pasiva, que equilibra la capacitancia de la sonda con la capacitancia del osciloscopio.

Convertidor analógico/digital (ADC) – Un componente electrónico digital que convierte una señal eléctrica en valores binarios discretos.

Corriente alterna (CA) – Una señal en la que la corriente y el voltaje cambian conforme a un patrón repetitivo a lo largo del tiempo. También se utiliza para indicar un tipo de acoplamiento.

Corriente continua (CC) – Una señal con un voltaje y/o corriente constante. También se utiliza para indicar un tipo de acoplamiento de la señal.

Cursor – Una línea en la pantalla que se puede alinear con una forma de onda para hacer medidas más precisas.

Desplazamiento de fase – La diferencia en temporización entre dos señales similares.

Detección de picos – Un modo de adquisición disponible en los osciloscopios digitales, que permite la observación de detalles de la señal que, de otra forma, podrían no ser percibidos. Resulta particularmente útil para la observación de pulsos estrechos muy espaciados en el tiempo.

Digitalizar – El proceso por el cual un convertidor analógico digital (ADC) en el sistema horizontal muestrea una señal en puntos separados en el tiempo y convierte el voltaje de la señal en estos puntos a valores digitales, denominados puntos de muestreo.

Disparo – El circuito que determina un barrido horizontal en un osciloscopio.

División – Marcas de medida en la retícula del tubo de rayos catódicos (TRC) del osciloscopio.

Eje Z – El atributo de presentación de un osciloscopio, que muestra variaciones de brillo conforme se va formando la traza.

Enfoque – El control del osciloscopio que ajusta el haz de electrones del tubo de rayos catódicos (TRC) para controlar la nitidez de la presentación.

Envolvente – El contorno de los picos más altos y más bajos de una señal, adquiridos a lo largo de muchas repeticiones de la forma de onda presentada.

Espurio – Un error intermitente de alta velocidad que ocurre en un circuito.

Exploración – Un tipo de presentación.

Fase – La cantidad de tiempo que transcurre desde el principio de un ciclo hasta el principio del ciclo siguiente, medido en grados.

Forma de onda – Una representación gráfica de un voltaje que cambia con el tiempo.

Frecuencia – El número de veces que una señal se repite en un segundo, medida en Hertzios (ciclos por segundo). La frecuencia es igual a $1/\text{período}$.

Fuente de señal – Un dispositivo de test utilizado para inyectar una señal a la entrada de un circuito; la salida del circuito será leída por un osciloscopio. También conocida como generador de señal.

Gigahertzio (GHz) – Una unidad de frecuencia de 1.000.000.000 de Hertzios.

Gradación de intensidad – Información de la frecuencia de ocurrencia, esencial para entender lo que está sucediendo realmente en la forma de onda.

Integridad de la señal – La reconstrucción exacta de una señal. Está determinada por los sistemas y prestaciones de un osciloscopio, además de la sonda utilizada para la adquisición de la señal.

Interpolación – Una técnica de procesado para "conectar los puntos" y estimar mejor el aspecto de una forma de onda rápida, basándose solamente en unos pocos puntos de muestreo. Existen dos tipos; lineal y seno x/x .

Kilociclo (kHz) – 1.000 ciclos; una unidad de frecuencia.

Longitud de registro – El número de puntos de forma de onda utilizados para crear el registro de una señal.

Megaciclo (MHz) – 1.000.000 ciclos; una unidad de frecuencia.

Megamuestras por segundo (MS/s) – Una unidad de velocidad de muestreo igual a un millón de muestras por segundo.

Microsegundo (μs) – Una unidad de tiempo equivalente a 0,000,001 segundos.

Milisegundo (ms) – Una unidad de tiempo equivalente a 0,001 segundos.

Modo alternado – Un modo de operación de la presentación en el que el osciloscopio completa el trazado de un canal antes de comenzar el trazado de otro canal.

Modo de adquisición – Modos que controlan los puntos de forma de onda que se adquieren a partir de los puntos de muestreo. Entre los tipos se incluyen los de muestreo, detección de picos, alta resolución, envolvente, y promediado.

Modo troceado – Un modo de operación de la presentación en el que se trazan secuencialmente pequeñas partes de tiempo de cada canal para que pueda aparecer en pantalla más de una forma de onda simultáneamente.

Modos de disparo – Un modo que determina si el osciloscopio traza o no una forma de onda cuando no detecta un disparo. Los modos comunes de disparo son el normal y el automático.

Muestra – Los datos en bruto provenientes de un ADC utilizados para calcular los puntos de la forma de onda.

Muestreo – La conversión de una porción de la señal de entrada a un número discreto de valores eléctricos con el fin de almacenarlo, procesarlo y/o presentarlo en un osciloscopio. Existen dos tipos de muestreo: muestreo en tiempo real y muestreo en tiempo equivalente.

Muestreo en tiempo equivalente – Un método de muestreo en el que el osciloscopio construye una imagen de una señal repetitiva capturando algunas muestras de información en cada repetición. Existen dos tipos de muestreo equivalente: aleatorio y secuencial.

Muestreo en tiempo real – Un modo de muestreo en el que el osciloscopio recoge tantas muestras como le es posible en cada disparo de adquisición. Ideal para señales cuyo rango de frecuencia es menor que la mitad de la velocidad máxima de muestreo del osciloscopio.

Nanosegundo (ns) – Una unidad de tiempo equivalente a 0,000,000,001 segundos.

Nivel de disparo – El nivel de voltaje que una señal de fuente de disparo debe alcanzar antes de que el circuito de disparo inicie un barrido.

Ocurrencia única – Una señal medida por un osciloscopio, que solamente ocurre una vez (también denominada evento transitorio).

El XYZ de los osciloscopios

► Conceptos básicos

Onda – El término genérico para un patrón que se repite en el tiempo. Los tipos comunes son sinusoidal, cuadrada, rectangular, en diente de sierra, triangular, en escalón, pulsos, periódica, no periódica, síncrona, asíncrona.

Onda cuadrada – Una forma de onda habitual consistente en pulsos cuadrados repetitivos.

Onda sinusoidal – Una forma de onda curva habitual, que está definida matemáticamente.

Osciloscopio – Un instrumento utilizado para hacer visibles los cambios de voltaje en el tiempo. La palabra osciloscopio proviene de "oscilar", puesto que los osciloscopios se utilizan con frecuencia para medir voltajes oscilantes.

Osciloscopio analógico – Un instrumento que crea una presentación de la forma de onda aplicando la señal de entrada (condicionada y amplificada) al eje vertical de un haz de electrones que se mueve horizontalmente a lo largo de un tubo de rayos catódicos (TRC) sobre la pantalla de izquierda a derecha. Un fósforo químico que reviste el TRC y crea una traza brillante en cualquier lugar donde incide el haz.

Osciloscopio de fósforo digital (DPO) – Un tipo de osciloscopio digital que emula con fidelidad las características de presentación de un osciloscopio analógico, a la vez que proporciona las ventajas de un osciloscopio digital tradicional (almacenamiento de formas de onda, medidas automáticas, etc.). El DPO utiliza una arquitectura de procesamiento en paralelo para enviar la señal a la pantalla de tipo exploración, que proporciona una visualización de las características de la señal con gradación de intensidad en tiempo real. El DPO presenta las señales en tres dimensiones: amplitud, tiempo y distribución de la amplitud en el tiempo.

Osciloscopio de memoria digital (DSO) – Un osciloscopio digital que adquiere las señales a través del muestreo digital (utilizando un convertidor analógico digital). Utiliza una arquitectura de procesamiento en serie para controlar la adquisición, la interfaz de usuario y la pantalla de exploración.

Osciloscopio de muestreo digital – Un tipo de osciloscopio digital que utiliza un método de muestreo en tiempo equivalente para capturar y presentar muestras de una señal y que resulta ideal para capturar con precisión señales cuyas componentes de frecuencia son mucho más elevadas que la velocidad de muestreo del osciloscopio.

Osciloscopio digital – Un tipo de osciloscopio que utiliza un convertidor analógico digital (ADC) para convertir en información digital el voltaje medido. Existen tres tipos: osciloscopios de memoria digital (o simplemente osciloscopios digitales), de fósforo digital y de muestreo.

Pantalla – La superficie de presentación en la que se produce un patrón visible; el área de presentación.

Pendiente – En un gráfico o en una pantalla de osciloscopio, la relación de una distancia vertical con una distancia horizontal. Una pendiente positiva aumenta de izquierda a derecha, mientras que una pendiente negativa disminuye de izquierda a derecha.

Pendiente de disparo – La pendiente que una señal de fuente de disparo debe alcanzar antes de que el circuito de disparo inicie un barrido.

Período – La cantidad de tiempo que tarda una onda en completar un ciclo. El período es igual a $1/\text{frecuencia}$.

Pico (V_p) – El nivel máximo de voltaje medido a partir de un punto de referencia cero.

Pico a Pico (V_{p-p}) – El voltaje medido desde el punto máximo de una señal hasta el punto mínimo de la misma.

Precisión de ganancia – Una indicación de la precisión con la que el sistema vertical atenúa o amplifica una señal, y se representa habitualmente como un porcentaje de error.

Promediado – Una técnica de procesamiento utilizada por los osciloscopios digitales para reducir el ruido en la presentación de una señal.

Pulso – Un aspecto común de forma de onda formado por un flanco rápido de subida, un ancho, y un flanco rápido de bajada.

Punto de forma de onda – Un valor digital que representa el voltaje de una señal en un punto específico en el tiempo. Los puntos de forma de onda se calculan a partir de los puntos de muestreo y se almacenan en la memoria.

Rampas – Transiciones entre los niveles de voltaje de las ondas sinusoidales que cambian a una velocidad constante.

Resolución vertical (convertidor analógico-digital) – Una indicación, medida en bits, de la precisión con la que un convertidor analógico-digital (ADC) en un osciloscopio digital puede convertir voltajes de entrada a valores digitales. Las técnicas de cálculo, tales como el modo de adquisición en alta resolución, pueden aumentar la resolución efectiva.

Respuesta de frecuencia – Gráfica de Bode de la respuesta entrada/salida de un amplificador o atenuador para ondas sinusoidales de amplitud constante a diferentes frecuencias sobre un rango de frecuencias determinado.

Retención del disparo ("holdoff") – Un control que permite ajustar el período de tiempo después de un disparo válido durante el cual el osciloscopio no puede disparar de nuevo.

Retícula – Las líneas de la rejilla en pantalla para la medida de trazas en el osciloscopio.

Ruido – Un voltaje o corriente no deseado en un circuito eléctrico.

Señal analógica – Una señal con voltajes que varían de forma continua.

Señal digital – Una señal cuyas muestras de voltaje están representadas por números binarios discretos.

Sensibilidad vertical – Una indicación de la cantidad que un amplificador vertical puede amplificar una señal débil, habitualmente medida en millivoltios (mV) por división.

Sonda – Un dispositivo de entrada al osciloscopio, que habitualmente tiene una punta de metal para hacer contacto eléctrico con un elemento de un circuito, un cable para conexión a la referencia a tierra del circuito, y un cable flexible para transmisión de la señal al osciloscopio.

Tiempo de subida – El tiempo que tarda el flanco ascendente de un pulso en cambiar de su valor mínimo al máximo. Medido típicamente del 10% al 90%.

Tierra –

1. Una conexión conductora por la cual un equipo o circuito eléctrico está conectado a tierra para establecer y mantener un nivel de referencia de voltaje.
2. El punto de voltaje de referencia en un circuito.

Toma de tierra – Un conductor que envía las corrientes eléctricas a tierra.

Traza – Las formas visibles dibujadas en un TRC por el movimiento del haz de electrones.

Tren de pulsos – Un conjunto de pulsos que viajan juntos.

Tubo de rayos catódicos (TRC) – Un tubo de haz de electrones en el que el haz puede ser concentrado en una pantalla luminiscente y variar en posición e intensidad para producir un patrón visible. La pantalla de un televisor es un TRC.

Velocidad de barrido – Igual que base de tiempos.

Velocidad de captura de forma de onda – Se refiere a la velocidad con que un osciloscopio adquiere formas de onda, expresada en formas de onda por segundo (wfms/s).

Velocidad de escritura – La capacidad de un osciloscopio analógico para proporcionar una traza visible del movimiento de una señal de un punto a otro. Esta capacidad es restrictiva para señales de baja repetición que tienen detalles rápidos de movimiento, tales como las señales lógicas digitales.

Velocidad de muestreo – Indica las veces que un osciloscopio digital toma muestras de la señal. Especificada en muestras por segundo (S/s).

Visualización del predisparo – La capacidad de un osciloscopio digital para capturar lo que ocurrió en una señal antes de un evento de disparo. Determina la longitud de la señal visible tanto antes como después del punto de disparo.

Voltaje – La diferencia en potencial eléctrico, expresada en voltios, entre dos puntos.

Voltio – La unidad de diferencia de potencial eléctrico.

El XYZ de los osciloscopios

▶ Conceptos básicos

Notas:

Otros manuales disponibles de Tektronix

Generalidades de la tecnología y aplicaciones de las fuentes de señal

El ABC de las sondas

Introducción al análisis lógico: Tutorial de depuración de hardware

El XYZ de los analizadores lógicos

Protocolos UMTS y test de protocolos

Test de protocolo GPRS en comunicaciones móviles

Diagnóstico cdmaOne™ BTS de transmisores en campo

Test de interferencias

Estándares SDH de telecomunicaciones

Estándares SONET de telecomunicaciones

Test de conformidad y prestaciones DWDM

Guía para medidas de calidad de imagen

Guía de fundamentos MPEG

Guía para medidas de vídeo digital estándar y de alta definición

Trazabilidad del servicio al cliente

► www.tektronix.com

Osciloscopios

Analizadores lógicos

Fuentes de señal

Equipos de test de comunicaciones

Equipos de test de televisión

Sondas

Accesorios

Otros equipos de test y medida

Comuníquese con Tektronix

Alemania +49 (221) 94 77 400

Austria +43 2236 8092 262

Bélgica +32 (2) 715 89 70

Brasil y Sudamérica 55 (11) 3741-8360

Canadá 1 (800) 661-5625

Dinamarca +45 44 850 700

EE.UU. 1 (800) 426-2200

EE.UU. (Venta de exportaciones) 1 (503) 627-1916

España +34 (91) 372 6055

Europa Central y Grecia +43 2236 8092 301

Finlandia +358 (9) 4783 400

Francia y Norte de África +33 (0) 1 69 86 80 34

Hong Kong (852) 2585-6688

India (91) 80-22275577

Italia +39 (02) 25086 1

Japón 81 (3) 6714-3010

México, América Central y Caribe 52 (55) 56666-333

Noruega +47 22 07 07 00

Países de la ASEAN, Australasia y Pakistán (65) 6356-3900

Países Bajos +31 (0) 23 569 5555

Polonia +48 (0) 22 521 53 40

Reino Unido e Irlanda +44 (0) 1344 392400

República de Corea 82 (2) 528-5299

República Popular China 86 (10) 6235 1230

Rusia, CEI y Países Bálticos +358 (9) 4783 400

Sudáfrica +27 11 254 8360

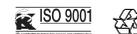
Suecia +46 8 477 6503/4

Taiwan 886 (2) 2722-9622

Desde otras zonas, póngase en contacto con Tektronix, Inc.:

1 (503) 627-7111

Updated March 01, 2004



Copyright © 2001 Tektronix, Inc. Todos los derechos reservados. Los productos Tektronix están amparados por patentes de los Estados Unidos y extranjeras, otorgadas o en trámite. La información de esta publicación reemplaza a toda la publicada con anterioridad. Tektronix se reserva el derecho de modificar las especificaciones y los precios. TEKTRONIX y TEK son marcas registradas de Tektronix, Inc. Todas las otras marcas a las que se hace referencia son marcas de servicio, marcas comerciales o marcas registradas de sus respectivos propietarios.
05/01 HB/WWW 035-8605-2

Tektronix