El tiempo ciego de un osciloscopio digital y su influencia en la detección rápida de fallos

Artículo cedido por Rohde&Schwarz España

ROHDE&SCHWARZ
www.rohde-schwarz.com

Cuando aparecieron los primeros osciloscopios digitales a principios de los 80, comenzó una revolución tecnológica y un giro paradigmático en el modo de analizar y mostrar los datos. Aunque la tecnología digital ofrecía las ventajas de posprocesado de las señales y almacenamiento permanente de los datos, estos beneficios se conseguían a costa de reducir la tasa de actualización de la pantalla. Con el paso del tiempo, los osciloscopios digitales han mejorado enormemente y, como consecuencia, prácticamente has desplazado a los osciloscopios analógicos.

La arquitectura de un osciloscopio digital determina su velocidad de medida. Este artículo se centra en lo que en el lenguaje especializado se conoce como tiempo "ciego" o "muerto" y su impacto en la capacidad para depurar fallos de señales en diseños complejos.

¿Qué es el tiempo ciego?

La Figura 1 muestra los bloques conformantes de un osciloscopio digital

La señal medida a la entrada del canal de un osciloscopio viene condicionada por el sistema vertical. El conversor analógico-digital (ADC) en la sección de adquisición de señal del diagrama muestrea la señal en intervalos regulares de tiempo y convierte su amplitud en valores discretos digitales llamados "muestras".

Según las necesidades del usuario, los datos pueden ser posprocesados – con técnicas como un simple promediado, operaciones matemáticas como FFT, o medidas automáticas - sobre las formas de onda reconstruidas por las muestras adquiridas.

En principio no hay limitación en los pasos de procesamiento realizados sobre las muestras de la señal. Según la arquitectura del osciloscopio, estas funciones de posprocesado se ejecutan en software por el procesador del instrumento o en hardware con FPGAs o ASICs dedicados. El resultado final es entonces presentado en la pantalla del osciloscopio.

Una vez que el ciclo desde el muestreo de la señal hasta la presentación en pantalla se ha completado, el osciloscopio está preparado para medir una nueva forma de onda.

Tiempos ciegos – una característica de los osciloscopios digitales

Los osciloscopios analógicos muestran casi todos los detalles de la señal medida. El brillo del fósforo de la pantalla proporciona una persistencia natural utilizada para detectar fallos de la señal.

Mientras que los osciloscopios analógicos sólo necesitan reiniciar el sistema horizontal para el próximo barrido del haz de electrones, los osciloscopios digitales se pasan postprocesando la mayor parte del ciclo de adquisición las muestras de la señal. Durante este tiempo, el osciloscopio digital está "ciego" y no puede monitorar la señal de entrada, lo que da lugar a que sólo se tomen breves capturas de la señal medida.

Aunque muchos usuarios no son conscientes de este hecho, lo cierto es que tiene un impacto significativo en la señal mostrada.

Tiempo ciego frente a tasa de adquisición

La Figura 2 muestra un ejemplo de un ciclo de adquisición. El ciclo de adquisición consiste en un tiempo activo de adquisición y un tiempo ciego. Durante el tiempo activo el osciloscopio adquiere un número definido de muestras y las escribe en memoria.

El tiempo ciego de un ciclo depende de la arquitectura específica del instrumento, así como de la información a procesar (tamaño de la captura y número de canales activos) y del número de opciones de posprocesado activas (como interpolación, funciones matemáticas etc.). Como último paso en el periodo de tiempo ciego, el procesador gráfico prepara las muestras para la presentación y el osciloscopio rearma su disparo para preparar una nueva adquisición.

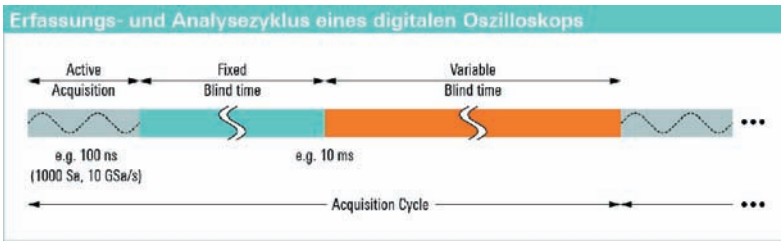


Figura 2. Ciclo de adquisición de un osciloscopio digital

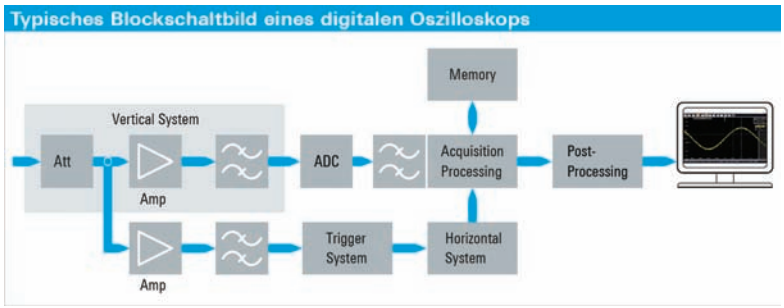


Figura 1. Típico diagrama de bloques de un osciloscopio digital

La relación entre el tiempo de adquisición y el tiempo ciego es una importante característica de un osciloscopio digital. Se puede definir como tasa de tiempo ciego o como tasa de adquisición.

- Tasa de tiempo ciego = tiempo ciego / tiempo del ciclo de adquisición total
- Tasa de adquisición = 1 / tiempo del ciclo de adquisición total

Por ejemplo, si el tiempo de adquisición activo es de 100ns y el tiempo ciego es de 10ms entonces el ciclo de adquisición total es 10.0001 ms, resultando en una tasa de tiempo ciego del 99.999% y una tasa de adquisición de algo menos de 100 wfm/s (formas de onda por segundo).

El impacto del tiempo ciego

La cuestión es: ¿cómo influyen los tiempos ciegos en las medidas del osciloscopio?

Fallos de señal invisibles

La Figura 3 muestra que los eventos que ocurran durante los tiempos ciegos no serán capturados ni, por tanto, mostrados. Éstos permanecerán imperceptibles para el usuario.

En tales casos la única esperanza para el éxito es que el fallo se repita en el tiempo. De esta manera un tiempo de observación suficientemente largo incrementa la probabilidad de que el comportamiento anómalo de la señal coincida con el tiempo activo de adquisición del osciloscopio. El modo de persistencia puede ser utilizado para destacar los eventos raros de la señal con diferente brillo o color.

Una vez que el usuario conoce la forma del fallo, se pueden establecer condiciones apropiadas de disparo para un mejor análisis. Sin embargo, este procedimiento en dos pasos es sólo posible si el comportamiento es repetitivo. Depurar un único evento desconocido es prácticamente imposible.

Para un osciloscopio digital, el tiempo activo de adquisición está muy por debajo del 1%. El usuario confía por tanto en condiciones repetitivas de la señal y largos tiempos de espera.

Funciones de análisis tales como medidas, test de máscaras, histogramas y FFT requieren procesado adicional y por tanto extienden el tiempo ciego de cada ciclo de adquisición. Un tiempo ciego mayor entra en conflicto con el requisito fundamental de que un número grande de señales deben ser capturadas para obtener resultados estadísticos de gran fiabilidad.

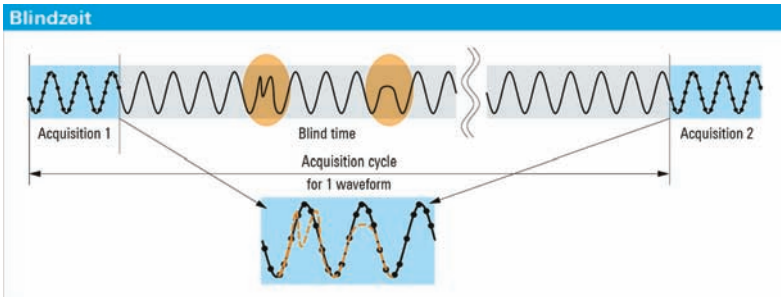


Figura 3. Eventos de señal que ocurren durante el tiempo ciego de los osciloscopios permanecen imperceptibles para el usuario

Tiempo de medida para capturar eventos raros de la señal

Si se asume que el comportamiento anómalo de la señal se repite en el tiempo, se puede realizar un análisis estadístico para calcular el tiempo medio necesario para capturar y visualizar tales eventos.

Dado un tiempo de adquisición de señal, una tasa de adquisición y una tasa de eventos de señal (como la tasa de repetición de un glitch), la probabilidad de capturar y mostrar el evento de la señal mejorará según se aumente el tiempo de medida.

Ejemplo del tiempo de medida necesario para visualizar un error de señal

Asumamos una señal con un comportamiento erróneo que se repite 10 veces por segundo. La señal es una señal de datos que se muestra en el osciloscopio con una escala de tiempos de 10 ns/div. Si la pantalla tiene 10 divisiones horizontales, esto da lugar a un tiempo activo de adquisición de 100 ns. Para asegurar un gran nivel de seguridad en la captura del evento, utilizaremos una probabilidad del 99.99% en la siguiente ecuación:

$$t_{measure} = \frac{\log(1-\frac{P}{100})}{AcqRate * \log(1-GlitchRate * T)}$$

P: probabilidad de capturar un evento anómalo [%]
GlitchRate: Tasa de ocurrencia del evento (ej. glitch repetitivo)
T: Tiempo activo de adquisición (Tamaño de captura * tasa de muestreo, o 10 * escala de tiempo por división)
AcqRate: tasa de adquisición
tmeasure: tiempo de medida

El tiempo de medida necesario depende ahora de la tasa de adquisición del osciloscopio. La siguiente tabla muestra el tiempo de medida requerido para diferentes tasas de adquisición.

Tasa de adquisición [wfms / s]	Tiempo de medida
100	19 hours: 11 min : 08 s
10,000	11 min : 31 s
100,000	1 min : 09 s
1,000,000	7 s

Tabla 1. Tiempo medio de medida para capturar fallos repetitivos de señal (P=99.99 %, T=100 ns,

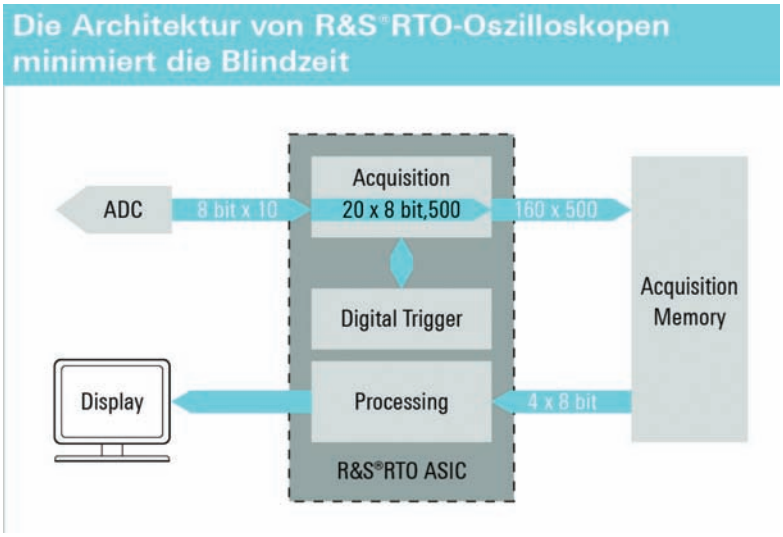
La propuesta del osciloscopio RTO de R&S

La discusión anterior muestra que los mayores responsables de los tiempos ciegos son el procesamiento de datos y la preparación para su presentación. Por tanto la arquitectura del RTO busca optimizar los caminos de procesamiento y las tareas del controlador gráfico.

La Figura 4 muestra que el flujo de datos entre el ADC y la memoria de adquisición es de 80Gbits/s. Es crucial para los osciloscopios digitales escribir las muestras en tiempo real en la memoria de adquisición. La diferencia entre arquitecturas de osciloscopios yace en las capacidades de procesamiento que pueden añadirse a este flujo en tiempo real. El bloque de adquisición del RTO, por ejemplo, incluye capacidades de "deskew", filtrado digital y funciones matemáticas entre canales en el camino de tiempo real. También dispone de un bloque de diezmado que puede obtener tres formas de onda con diferentes modos de diezmado (Sample, HighRes, PeakDetect, RMS) en paralelo. La clave para mantener una alta tasa de datos es el procesamiento paralelo.

El camino de procesamiento entre la memoria y la pantalla consta de múltiples caminos. Así, se consiguen tiempos ciegos muy cortos incluso con opciones adicionales de procesamiento de señal activas.

Figure 4. La arquitectura del osciloscopio RTO minimiza los tiempos ciegos



El RTO realiza la mayor parte del procesamiento de señal y funciones de medidas en un ASIC dedicado. Al contrario que soluciones basadas en software, no se necesita acceso a CPU ni transferencias de datos asociadas. Adicionalmente, los cuatro caminos de procesamiento paralelo en el ASIC del RTO minimizan el tiempo de procesado. Con esta arquitectura el camino de procesamiento después de la memoria de adquisición puede alcanzar tasas de datos máximas de 1/5 la tasa del camino en tiempo real de adquisición antes de la memoria. Esto se traduce en un tiempo activo teórico del 20%. Carga adicional para el manejo de datos reduce el tiempo activo al 10% en el instrumento real cuando se opera a la tasa máxima de muestreo de 10 Gmuestras/s.

A pesar de todo, ésta es una figura alta sin precedentes y que proporciona una mejora de velocidad en un factor de 20 veces lo que hacen otros osciloscopios digitales. Los instrumentos de alta gama actuales sólo proporcionan un tiempo activo de adquisición del 0.5% y a una menor tasa de muestreo máxima de 5 Gmuestras/s. De hecho, la mayoría de los osciloscopios digitales están incluso por debajo del 0.01%.

Entre las ventajas de esta alta tasa de adquisición y tiempos ciegos cortos se encuentran:

- Detección rápida de fallos de señal infrecuentes.
- Buena respuesta del instrumento incluso con funciones de análisis y gran memoria en uso
- Resultados de medida con gran fiabilidad estadística
- Menor tiempo total de pruebas para depuración y medidas

Estas ventajas combinadas con otras características únicas como el disparo digital, gran rango dinámico (ENOB) y un interfaz de usuario intuitivo diferencian a los osciloscopios RTO.