

Cómo analizar los sistemas embebidos con osciloscopios de señales mixtas (MSO)

Artículo cedido por Rohde&Schwarz España



www.rohde-schwarz.com

Por el Doctor Wolfgang Herbordt, Project management and oscilloscope-Rohde&Schwarz.

Hoy en día los sistemas embebidos se vuelven cada vez más complejos a medida que abarcan cada vez más tareas. Así mismo, tanto la variedad como el número de interfaces entre los componentes digitales y analógicos aumentan. Un único diseño puede llegar a usar señales de 1 bit, buses de datos paralelos y en serie con reloj y sin reloj, formatos de transmisión estandarizados o exclusivos y una amplia variedad de velocidades de datos.

Cualquiera que desee poder manejar esta creciente complejidad necesita analizar todas estas interfaces en distintos niveles de abstracción. Esto suele requerir configuraciones de medida complejas que incluyen múltiples instrumentos, cada uno operado de una forma diferente. Las formas de onda se analizan con un osciloscopio, las señales digitales con un analizador lógico y los protocolos de transmisión con un analizador de protocolos.

En el pasado, el osciloscopio se empleaba principalmente para visualizar la tensión eléctrica en el tiempo. Hoy en día se ha convertido en un instrumento de medida universal. En su nueva configuración como osciloscopio de señales mixtas, además de los canales analógicos, ofrece canales digitales para analizar los estados digitales y los detalles de protocolo. Como consecuencia, los usuarios pueden analizar los circuitos en los distintos niveles de abstracción con un solo equipo y una sola interfaz de usuario. Esto convierte los osciloscopios de señales mixtas en una herramienta útil sobre todo en el desarrollo de hardware para analizar la integridad de la señal y en el desarrollo de software para analizar el contenido de las señales.

Este artículo investiga el amplio abanico de funciones de un osciloscopio de señales mixtas y cómo éstas se emplean tomando como ejemplo la familia de osciloscopios RTO de Rohde & Schwarz con opción de señales mixtas R&S RTO-B1.

Principio bifásico: adquisición y análisis



El funcionamiento de un osciloscopio digital puede dividirse en dos fases secuenciales, la fase de adquisición seguida por la fase de análisis. Durante la fase de adquisición, las señales de medida registradas son almacenadas en una memoria de datos. La fase de adquisición se caracteriza por la frecuencia de muestreo, la capacidad de adquisición y las opciones de trigger (disparo).

Durante la fase de análisis, las formas de onda adquiridas son analizadas y enviadas al interfaz del usuario, como por ejemplo, la pantalla del equipo o los archivos. Entre las funciones de análisis de datos de un osciloscopio digital se encuentran las funciones de Zoom, Test, Cursor, funciones Matemáticas y de Búsqueda. Los osciloscopios de señales mixtas emplean este principio bifásico tanto para los canales analógicos como digitales. El equipo tiene que seguir funcionando como osciloscopio convencional e integrar la funcionalidad de los canales analógicos y digitales. La cantidad de canales y la amplitud del rango de opciones de configuración crean la necesidad de disponer de un interfaz de usuario claro y sencillo.

Con su estructura plana de menú y diagramas de flujo de señal, el R&S RTO,

junto con la opción de señales mixtas, es muy fácil e intuitivo de manejar. Los menús operativos son transparentes mientras las ventanas de medida permanecen visibles. Como resultado, cualquier cambio de configuración que pueda afectar a las formas de onda, aparece de inmediato. Para una mayor claridad, las formas de onda pueden ser agrupadas en la misma pantalla en ventanas independientes.

Sincronización de tiempo

Los canales analógicos y digitales son adquiridos de forma sincronizada para que las formas de onda analógicas, las señales digitales y los protocolos puedan ser correlados en tiempo y puedan ser analizados en un único punto.

Figura 1. Osciloscopio R&S RTO con opción integrada de señales mixtas, R&S RTO-B1

Es necesaria una compensación del retardo entre los canales analógicos y digitales para la adquisición sincronizada de la señal. Con la opción de señales mixtas, esta compensación del retardo tiene lugar entre la caja de la sonda de los canales digitales y los conectores analógicos de la sonda dentro del equipo. Siempre que el retardo entre las sondas analógicas y las puntas de las sondas en los canales digitales no sea relevante para el usuario, no se necesitarán configuraciones adicionales.

Resolución de tiempo y ciclo de adquisición

Tanto para los canales analógicos como digitales es preferible una alta resolución de tiempo ya que, de esa forma, los eventos que se producen en las señales digitales se analizan con un alto nivel de precisión temporal y es posible detectar con fiabilidad hasta los glitches más pequeños. Incluso cuando se emplean los canales digitales como fuente de disparo, es posible determinar el tiempo de disparo con un alto nivel de precisión, garantizando un jitter mínimo de la forma de onda durante la visualización.

La opción de señales mixtas R&S RTO-B1 ofrece una frecuencia de muestreo de 5 Gmuestras/s para los 16 canales digitales, comparado con las 10 Gmuestras/s de los canales analógicos. El resultado es una resolución de tiempo de 200 ps para los canales digitales. Esta resolución de tiempo para toda la capacidad de adquisición de 200 Mmuestras no es algo habitual en esta clase de instrumentos. Incluso los eventos que se producen mucho tiempo después del disparo aparecen visualizados con un alto nivel de precisión temporal. La memoria de datos para la opción de señales mixtas es independiente de la unidad base. La capacidad de adquisición de 200 Mmuestras no se ve, así, afectada por el número de canales analógico y digitales empleados.

Si la resolución de tiempo en los canales analógicos excede la de los canales digitales, como en el caso en el que la velocidad de muestreo alcanza los 10 Gmuestras/s o durante la interpolación, se emplea la interpolación sample & hold para ajustar los canales digitales a la velocidad de

muestreo de los canales analógicos. De esa forma se garantiza el análisis conjunto de las formas de onda analógicas y de las señales digitales.

La capacidad de adquisición máxima de 200 Mmuestras por canal digital es apta para adquirir largas secuencias de datos desde los buses en serie en muchas aplicaciones. Una tasa de bit de 400 Mbps y una frecuencia de muestreo de 5 Gmuestras/s, por ejemplo, resultará en una capacidad de adquisición de 16 Mbit.

La capacidad de almacenamiento puede ser empleada tanto para adquirir largas secuencias de datos como una amplia número de formas de onda secuenciales.

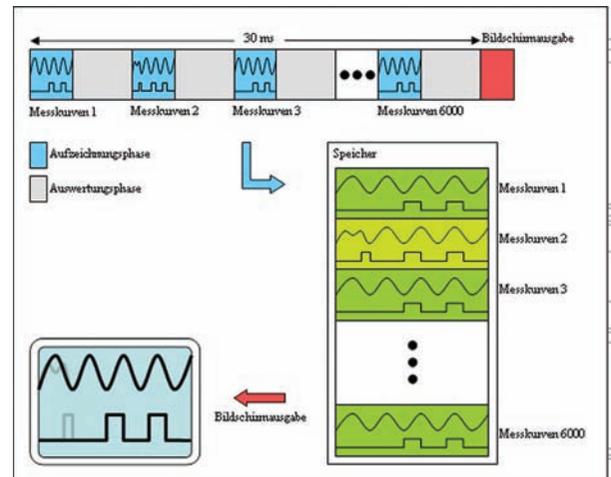
Opciones de disparo

A menudo, para los canales digitales, existen varios tipos de triggers para los que es suficiente un único umbral de amplitud (p.e. el umbral para la transición lógica). La opción de señales mixtas R&S RTO-B1 incluye varios tipos de triggers tales como Edge, Width, Timeout, Pattern, State, Data-to-Clock y Serial Pattern con funcionalidad Holdoff, Time, Event y Random Time. Las fuentes de Trigger son canales digitales independientes, señales bus o cualquier combinación lógica de todos los canales digitales que emplean operadores lógicos tales como AND, OR y XOR. Todas las señales que el usuario puede seleccionar como fuente de trigger, en particular los canales digitales combinados de forma lógica, están disponibles para visualización durante la fase de análisis.

Alta velocidad de medida

Uno de los principales desafíos en el diseño de un osciloscopio digital es la reducción de los "tiempos ciegos". Se trata del tiempo en el que no se produce ninguna adquisición de datos y en el que no se detectan eventos potencialmente importantes. ¿Cómo es posible reducir los tiempos ciegos para que los eventos puedan ser detectados rápidamente?

El tiempo ciego se reduce optimizando la fase de análisis. El osciloscopio R&S RTO integra un ASIC (application-specific integrated circuit) en el que la adquisición y el análisis de



datos se producen de forma simultánea. El resultado es una velocidad del equipo de hasta 1 millón de formas de onda por segundo.

Con la opción de señales mixtas, los canales digitales también están bien integrados. El procesamiento de la señal se realiza dentro de una única FPGA (field programmable gate array) en todo el proceso desde la adquisición y disparo hasta la visualización, funciones de cursores y medidas. El análisis se lleva a cabo en paralelo para todos los 16 canales. Todo esto a una velocidad de hasta 200 000 formas de onda visualizadas por segundo. La velocidad máxima es independiente del número de canales analógicos y digitales analizados.

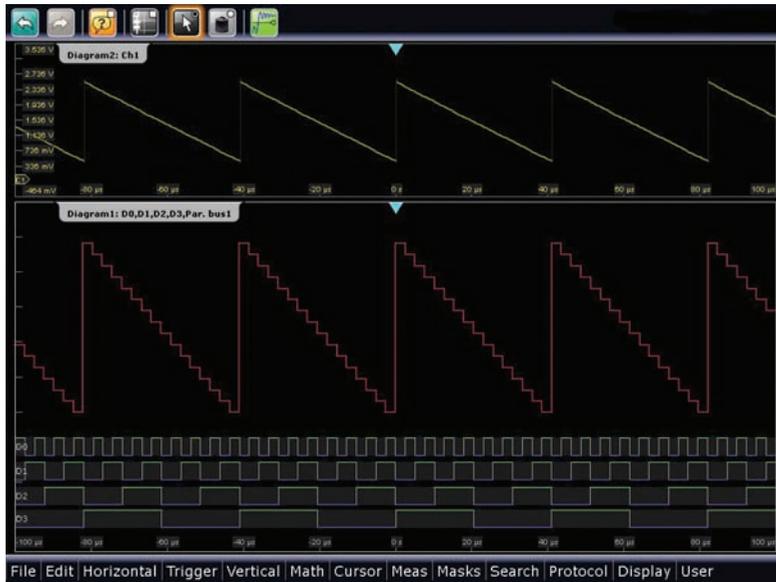
Visualización basada en la señal

Cada 30 ms se toma una imagen para ajustar la percepción visual. Cada dos imágenes, el osciloscopio R&S RTO superpone las formas de onda de los canales analógicos para poder visualizar todas las formas de onda en pantalla. La opción de señales mixtas emplea este método de visualización también para los canales digitales.

Las señales binarias de todas las adquisiciones realizadas entre dos imágenes quedan superpuestas. A una velocidad de adquisición de 200 000 formas de onda por segundo, las 6000 formas de onda adquiridas aparecen en pantalla a la vez. Esto ofrece al usuario una visión general de la frecuencia de los estados binarios y de las transiciones de estado en el periodo de tiempo visualizado. El usuario puede, así, usar las funciones

Figura 2. Visualización de todas las formas de onda adquiridas con una frecuencia de eventos a una velocidad de adquisición de 200 000 formas de onda/s

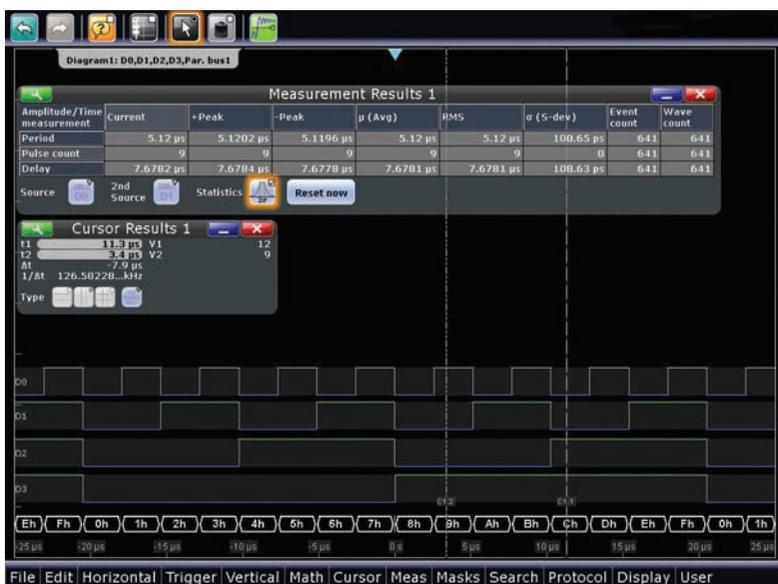
Figura 3. Visualización de una señal bus paralela en formato de forma de onda analógica.



de búsqueda para recuperar cualquier forma de onda de la memoria y analizarla en más detalle.

Las señales bus, sin embargo, no son superpuestas porque incluyen contenido de datos de múltiples señales binarias combinadas. Para poder obtener un análisis claro de las señales bus, el usuario puede adaptar el formato de la pantalla al del bus. Es necesario distinguir entre buses de datos con reloj y sin reloj. Con los buses de datos sin reloj, se determina el estado lógico en cada muestra. Con los buses de datos con reloj, el estado lógico se determina sólo para flancos válidos de reloj. La visualización es en formato bus, tabla o en forma de onda analógica en formato binario, hexadecimal, decimal y fracción numérica.

Figura 4. Medidas y funciones de cursor en los canales digitales.



Análisis de Señal

Factores relevantes para el análisis efectivo y eficiente de las formas de onda son el número y la calidad de las funciones de análisis de las que dispone el osciloscopio. En particular, las medidas de amplitud y tiempo, incluyendo su análisis estadístico, funciones matemáticas y de cursores. En los canales digitales sólo se emplean las medidas de tiempo y los análisis estadísticos asociados. Las funciones matemáticas quedan reducidas a las operaciones lógicas para las señales binarias.

La opción de señales mixtas ofrece una amplia selección de medidas de tiempo y de su análisis estadístico. La señal matemática puede ser cualquier combinación lógica de los

16 canales digitales. También se emplea como señal sobre la que se realizan las funciones de medida. Las funciones de cursores pueden emplearse en señales binarias, en señales bus y en señales digitales lógicas combinadas.

Una visión del Mercado

Hoy en día, los osciloscopios de señales mixtas amplían las funciones básicas de un osciloscopio

para incluir elementos de análisis lógico y de protocolos. Los usuarios consiguen una configuración de medida simplificada, un funcionamiento homogéneo y una visualización de formas de onda analógicas, señales digitales y detalles de protocolo con un único instrumento. Esto le permite al usuario centrarse más rápidamente en el análisis del circuito. Los fabricantes de hardware usan los osciloscopios de señales mixtas para analizar la integridad de la señal, mientras los fabricantes de software los usan para analizar los contenidos de la señal.

Los osciloscopios de señales mixtas estarán siempre a la altura de la creciente complejidad de los circuitos analógicos y digitales futuros. El ancho de banda del canal digital seguirá creciendo, permitiendo a los usuarios analizar interfaces con velocidades de datos cada vez mayores. Se añadirá la funcionalidad de análisis lógico y de protocolos y crecerá el número de funciones de medida y opciones de análisis. Sin embargo, independientemente de los avances registrados, el foco de atención será siempre el manejo sencillo e intuitivo.

La nueva opción de señales mixtas

Además de los canales analógicos de los que dispone la unidad base, es posible introducir una opción de señales mixtas en el osciloscopio R&S RTO para ofrecer 16 canales digitales. Estos están sujetos a un muestreo de 5 Gmuestras/s con un tiempo de resolución de 200 ps. A una frecuencia de muestreo de 5 Gmuestras/s, la capacidad de almacenamiento es de 200 Mmuestras. En caso contrario sería de 100 Mmuestras por canal digital. La máxima frecuencia de entrada es de 400 MHz a una desviación mínima de la señal de 500 mV. En funcionamiento normal, se adquieren hasta 200.000 formas de onda visualizadas por segundo en los canales analógicos y digitales. Los 16 canales digitales están divididos entre dos sondas, cada una con hasta 8 canales digitales. La impedancia de entrada de las sondas es de 100 k 4 pF. Los umbrales pueden establecerse en el rango de ±8 V a intervalos de 25 mV. La histéresis se puede configurar en tres diferentes niveles para eliminar la influencia del ruido. Ω