

Depuración rápida de buses serie en matrices de puertas programables FPGA

Artículo cedido por Agilent Technologies



www.agilent.com

Los buses serie de sub-megabits se encuentran en la mayor parte de los diseños de FPGA integradas. La inclusión de buses serie de multi-gigabits en las FPGA está ganando adeptos. La fácil aplicación, el bajo coste y la compatibilidad con bloques de diseño de versiones anteriores que ofrecen los buses serie los hacen ideales para una amplia variedad de aplicaciones en una gran cantidad de sectores. El uso de buses serie de baja velocidad es frecuente en los sectores de informática, semiconductores, aviación/defensa, comunicaciones, automoción, medicina y medida y prueba. Los buses serie tales como I2C, SPI, CAN, LIN y RS-232 constituyen normalmente puntos fundamentales para depurar diseños con FPGA, cuyos buses serie de mayor velocidad transmiten datos rápidamente de un chip a otro. Históricamente, capturar y descodificar la información implicaba un gran esfuerzo manual si se utilizaba un osciloscopio, o bien la compra de herramientas a medida. Los proveedores de osciloscopios ahora incorporan gran cantidad de aplicaciones que simplifican la depuración de buses serie de baja velocidad.

La naturaleza reprogramable de las FPGA hace efectiva la depuración iterativa y resulta normalmente ventajosa para pasar rápidamente de la simulación a la creación de prototipos. Naturalmente, los osciloscopios digitales (DSO) y los osciloscopios de señales mixtas (MSO) constituyen buenas herramientas para realizar medidas en interfaces serie de baja velocidad. Con una oferta de 16 o más canales digitales además de los canales de osciloscopio, los MSO poseen la ventaja adicional de permitir la depuración de buses de datos paralelos internos, máquinas de estados, señales de control e interfaces paralelas de entrada/salida (E/S) que resultan problemáticas para los DSO, puesto que poseen canales de osciloscopio únicamente.

En cuanto a los buses serie de baja velocidad en las FPGA, existen dos clases de problemas habituales de depuración. La primera está relacionada con las características eléctricas del bus. Muchos ingenieros tienden a bajar la guardia y piensan: "Es un bus muy lento; ¿qué podría salir mal?". Utilizando las técnicas tradicionales de depuración, el uso de canales de osciloscopio puede ayudar a los usuarios a resolver una enorme cantidad de problemas eléctricos que resultan de elegir un componente estándar de E/S inadecuado o a causa de la ausencia de una resistencia de pull-up. Estos problemas son fáciles de detectar y de resolver.

Para la segunda clase de problemas, es necesario visualizar el contenido de un bus serie. Las FPGA interactúan intensamente con el sistema circundante y dichas interacciones son difíciles de simular de forma exhaustiva. Una parte de estas interacciones se aplica normalmente a través de buses serie de baja velocidad que se utilizan para comunicarse con los chips adyacentes. Por ejemplo, ¿el microprocesador integrado en la FPGA transmite los valores correctos al periférico? Los buses serie de baja velocidad también permiten la comunicación entre bloques funcionales con una sola FPGA.

Mediante la observación de los datos capturados con el osciloscopio, los usuarios descodifican manualmente la forma de onda capturada para descubrir el contenido. Tomemos como ejemplo un caso simple en el que se usa un I2C. Después de capturar los datos a través de una adquisición de un solo disparo, el usuario debe determinar manualmente si el flujo de datos en serie es de 1 o 0 en cada flanco de reloj y documentar la secuencia de "1" o "0". Lo más sencillo es imprimir la imagen antes de comenzar para que el usuario pueda escribir "1" o "0" junto a la forma de onda. A continuación, debe segmentar los "1" y "0" para que coincidan con el protocolo del bus

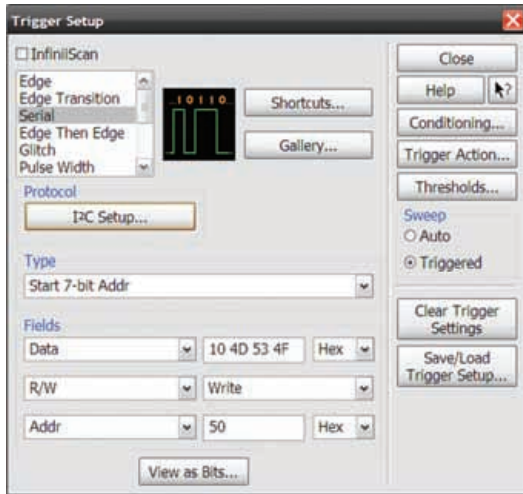
y, por último, convertir cada campo en un equivalente hexadecimal útil. Ahora, el usuario habrá descodificado un solo disparo de pantalla. Este proceso puede llevar horas si se deben descodificar varios paquetes, y la naturaleza aburrida y abrumadora de la tarea la hace propensa a errores. Lo que es peor, es una tarea imposible de realizar de forma manual mientras el osciloscopio está funcionando repetitivamente y, por lo tanto, limita la depuración a medidas estáticas de un solo disparo. No obstante, sigue siendo el método más común en la actualidad para la descodificación del protocolo en serie de baja velocidad. El disparo al contenido del paquete es aún más difícil, ya que requiere una secuencia de fases múltiples que no se encuentra en los osciloscopios.

Recientemente, la mayoría de los proveedores de osciloscopios digitales ha incorporado paquetes de aplicaciones serie. Estos paquetes de aplicaciones se pueden utilizar con canales de osciloscopio o, en el caso de los MSO, los canales digitales se pueden utilizar para la adquisición serie. Esto mantiene los canales de osciloscopio para observar la actividad analógica, ofreciendo una depuración en las áreas analógica, digital y serie.

Estos paquetes de aplicaciones serie normalmente agregan otro 10% al precio del osciloscopio y ahorran horas y hasta días de tiempo cuando se trabaja con buses serie de baja velocidad. Los usuarios deberían considerar seriamente las funciones serie al adquirir nuevos osciloscopios. Estos paquetes de aplicaciones serie, únicos para buses específicos o combinaciones de buses, agregan dos valores fundamentales: el descodificador y el disparo.

Disparo del protocolo

Los usuarios pueden especificar condiciones de protocolo serie en las que se debe producir el disparo. Por ejemplo, se puede configurar el osciloscopio para que dispare ante un



error de CRC del USB, o cuando la dirección I2C es igual a 1F hexadecimal, o cuando el carácter A aparece en la línea receptora de un transmisor-receptor asincrónico universal (UART). Dentro del osciloscopio, el circuito está diseñado para reconocer patrones serie y disparar en condiciones de protocolo específicas. Esto facilita el disparo del protocolo. En la figura 1, se presenta un ejemplo de disparo serie para I2C.

Visualización del protocolo

Los proveedores de osciloscopios utilizan tecnología tanto de hardware como de software para convertir el enlace serie capturado en el contenido del protocolo descodificado, tal como se muestra en la figura 2 para el I2C. El protocolo se puede indicar

en el nivel físico mediante símbolos adyacentes a la forma de onda, o en un enlistador o visualizador de protocolos. Los DSO ofrecen un descodificador de protocolo en canales de osciloscopio, mientras que los MSO ofrecen un descodificador de protocolo mediante la utilización de canales tanto digitales como de osciloscopio, o una combinación de ambos. Los osciloscopios distinguen entre 1 y 0

tomando como referencia el valor de tensión de la señal en un reloj específico para cada canal de osciloscopio o, en el caso de los MSO, se utiliza la configuración del umbral del canal digital. Para los buses serie con relojes integrados como los USB y los PCIe, el circuito del osciloscopio ofrece captura de reloj para un análisis adecuado del protocolo.

Pruebas de bus serie de alta velocidad

La mayoría de las FPGA más nuevas poseen puertos serie de alta velocidad que son compatibles con la velocidad de multi-gigabits. Los grupos de diseño pueden aplicarlas para transmitir datos de forma rápida entre chips o desde una FPGA a una conexión o E/S. Si se interactúa con una interfaz de E/S estándar como PCI-Express o USB, los grupos de di-

seño querrán investigar el software de compatibilidad del osciloscopio que realiza pruebas de forma rápida sobre el cumplimiento de las normas de un sector para garantizar la compatibilidad. Las pruebas de cumplimiento son formuladas por organismos normativos de la industria y luego cada proveedor de osciloscopios debe demostrar el cumplimiento formal respecto a la prueba. Ello garantiza que los usuarios de osciloscopios que adquieren software de compatibilidad tengan plena confianza en las herramientas que se utilizan.

Si el bus de alta velocidad está integrado, la función del osciloscopio de análisis de protocolo constituye una excelente elección. Estos paquetes de aplicaciones ofrecen disparo y descodificador a nivel de protocolo. Para el usuario que utiliza principalmente un osciloscopio para depuración, esto amplía las funciones del osciloscopio e incluye el aislamiento de fallos que sólo podrían observarse a nivel de protocolo, pero cuya causa se debe a un problema del nivel físico como, por ejemplo, la diafonía u otro problema de integridad de la señal.

Sondas de buses serie

Conectarse a buses serie de baja velocidad puede resultar sencillo o difícil dependiendo de cómo estén implementados. Los osciloscopios se pueden utilizar para la sonda midbus no intrusiva, a diferencia de los analizadores de protocolo que vuelven a calcular el tiempo y a transmitir el contenido serie pudiendo ocultar los problemas del nivel físico. La conexión se puede realizar mediante canales de osciloscopio o, para el MSO, mediante canales tanto digitales como de osciloscopio.

Los grupos de desarrollo que incorporan la tecnología FPGA pueden aprovechar su naturaleza reprogramable para enrutar los buses serie a conectores sin usar. Esto se puede realizar modificando el código HDL, utilizando una herramienta especial como, por ejemplo, el editor de FPGA Xilinx o utilizando un sistema asistido por núcleo.

Para el sistema asistido por núcleo, tanto Xilinx como Altera ofrecen núcleos de multiplexor que proporcionan un método para insertar rápidamente un núcleo en la pre o post

Figura 1. Cada estándar serie constituye un conjunto de condiciones predefinidas específicas de protocolo que el usuario puede personalizar rápidamente. En este ejemplo, se presentan las condiciones de disparo de un I2C de muestra en el osciloscopio Infiniium de la serie 9000 de Agilent.

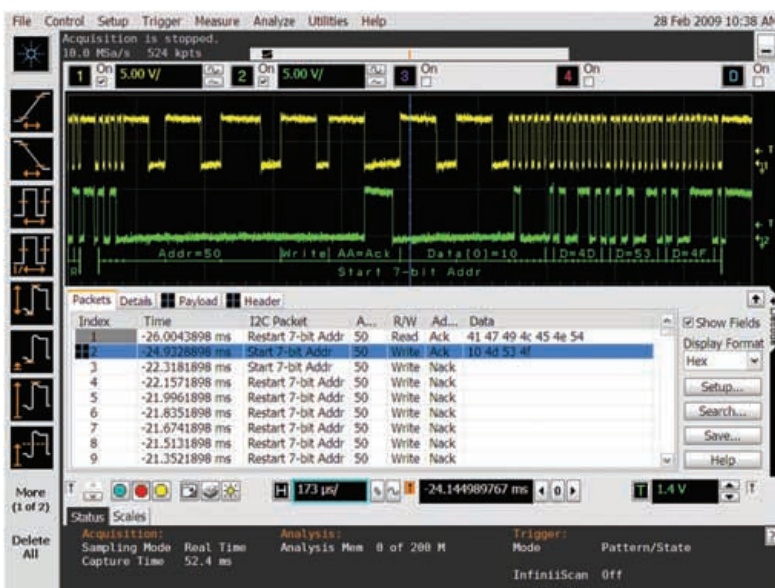


Figura 2. Con su paquete de aplicaciones serie incorporado, el osciloscopio de la serie 9000 de Agilent convierte formas de onda digitales o de osciloscopio capturadas en un descodificador de protocolo en tiempo real. En este ejemplo con I2C, el osciloscopio destaca un comienzo de 7 bits para 50H con un valor de datos de 10 4D 53 4F. Realizar esta tarea de forma manual para una sola captura lleva mucho tiempo y es probable que se cometan errores. Realizar el cálculo de forma manual en tiempo real es imposible.

Figura 3. Los osciloscopios de la serie 9000 de Agilent ofrecen la más amplia variedad de compatibilidad de bus serie, que incluye I2C, SPI, RS-232/UART, CAN, USB y PCI-Express.

síntesis de diseño. Si bien no están diseñados para medidas serie de baja velocidad, los núcleos proporcionan un método simple para acceder a las señales serie sin necesidad de modificar el código HDL.

Por ejemplo, el núcleo ATC2 que se encuentra en Xilinx ChipScope Pro le permite al usuario insertar rápidamente el núcleo del multiplexor para la depuración mediante un osciloscopio de Agilent. El núcleo se puede configurar de forma mínima con señales serie y un multiplexor de 1:1, o se puede multiplexar en un banco del ATC2. Temporizar el núcleo ATC2 con un BUFG que opera a 10X o a más velocidad que el reloj SPI garantiza que el reloj SPI y las señales de datos emitidas desde el núcleo arrojen resultados precisos. Se pueden realizar medidas en las salidas del núcleo a través de los canales de osciloscopio de un DSO, o a través de cualquiera de los canales de un MSO.

Algunos buses tales como CAN y USB poseen una señalización diferencial para aumentar la inmunidad al ruido. Para ellos, una sonda diferencial garantiza un disparo y una decodificación adecuados. Para CAN o USB



de gran velocidad, un método menos costoso y generalmente adecuado pero menos fiable para señales diferenciales consiste en utilizar sondas unipolares. Se debe disponer la configuración del umbral para cada canal cerca del centro del cambio de tensión diferencial positiva. Generalmente, hay

un cambio de señal adecuado para tomar medidas fiables.

La nueva tecnología en osciloscopios para disparo y decodificación serie de baja velocidad ofrece a los grupos de desarrollo de FPGA funciones avanzadas que pueden ahorrar mucho tiempo de depuración.