

Cómo realizar medidas de jitter FlexRay y de diagrama de ojo empleando un osciloscopio

Por Johnnie Hancock

Agilent Technologies

Para evaluar errores de jitter y temporización en señales de comunicaciones de datos serie los ingenieros suelen emplear un osciloscopio que les permite ver intervalos de bits superpuestos en un diagrama de ojo. Sin embargo, para crear un diagrama de ojo repetitivo en la pantalla de un osciloscopio se requiere una señal de disparo de referencia como, por ejemplo, un reloj. Sin embargo, en muchos de los protocolos de comunicaciones serie actuales, como FlexRay, el reloj de referencia no es explícito, sino que está incorporado en la señal de datos serie. La cuestión que se plantea es: ¿cómo pueden los diseñadores de hardware FlexRay crear diagramas de ojo en sus osciloscopios sin una señal de reloj explícita como referencia?

En primer lugar analizaremos una técnica común, aunque imperfecta, que utilizan actualmente algunos ingenieros de FlexRay. A continuación exploraremos dos nuevas técnicas de medida recomendadas que muestran con mayor fiabilidad el jitter FlexRay del peor caso.

Creación de un diagrama de ojo FlexRay: método de ciclo a ciclo repetitivo

En ausencia de una señal de reloj explícita de referencia que sirva como fuente de disparo del osciloscopio para crear una pantalla de diagramas de ojo repetitivo quizá tenga la tentación de configurar el osciloscopio para que dispare en los flancos de subida y bajada de la señal diferencial FlexRay. En un intento por asegurar el disparo en todos los flancos sucesivamente, es posible que también configure

el tiempo de retención de disparo del osciloscopio exactamente en el tiempo del ciclo de programación FlexRay.

La figura 1 muestra un ejemplo de diagrama de ojo FlexRay repetitivo de ciclo a ciclo que hemos creado empleando el modo de pantalla de persistencia infinita del osciloscopio. El mayor problema que plantea esta técnica de medida de diagrama de ojo es que cuando disparamos ante la señal FlexRay diferencial propiamente dicha, se elimina la mayor parte del jitter medido. El único componente de jitter que permanece en la medida es el jitter de ciclo a ciclo.

En segundo lugar, con el nivel de disparo del osciloscopio establecido cerca del 50% del umbral de la señal diferencial FlexRay, algo necesario para crear un diagrama de ojo equilibrado verticalmente, el osciloscopio disparará ocasionalmente en caso de sobreoscilación (overshoot) u oscilación transitoria (ringing) del pulso de la secuencia de fin de trama (FES). Además, el osciloscopio puede disparar en situaciones de ruido durante el tiempo de reposo entre tramas. De este modo se produce una situación en la que se puede capturar el tiempo de reposo entre tramas y mostrarlo en el ojo. Si desea realizar una prueba de máscaras de aceptación/fallo en este ojo, la máscara FlexRay deberá incluir una "zona muerta" alrededor de la línea base (nivel de reposo) de la señal, como se muestra en la figura 1.

Creación de un diagrama de ojo FlexRay: método de BSS repetitiva

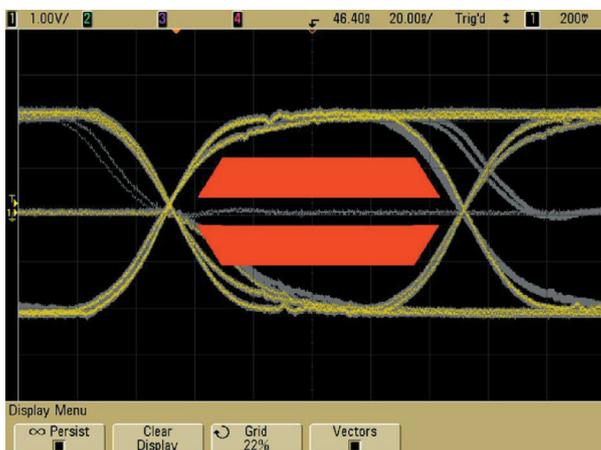
En lugar de disparar ante cualquier flanco de la señal FlexRay como se ha descrito, se puede crear un diagrama de ojo FlexRay válido de forma más conveniente configurando el osciloscopio para que dispare ante una señal en cada evento de secuencia de inicio de bytes (BSS), que es el punto de referencia de temporización para la transmisión del byte siguiente. Sin embargo, no todos los osciloscopios ofrecen el rendimiento necesario para realizar esta medida. El disparo ante un pulso BSS requiere disparo por anchura de pulso con cualificación temporal, además de retención de disparo. Asimismo, el osciloscopio deberá brindar una gran velocidad de actualización/tiempo de rearme de las formas de onda y una adquisición pseudoaleatorizada que garantice el disparo en la mayor parte de los bytes.

La figura 2 muestra un diagrama de temporización de una única trama diferencial FlexRay.

La figura 3 presenta una imagen de temporización similar con una captura de formas de onda repetitivas de los nueve primeros bytes de una trama FlexRay empleando un osciloscopio. Tenga en cuenta que con la base de tiempos del osciloscopio establecida en 1 μ s/div podemos ver que los eventos BSS se producen una vez cada 1 μ s (con una separación de 1 división).

Puede disparar adquisiciones ante el flanco de bajada de pulsos BSS utilizando la función de disparo por anchura de pulso del osciloscopio, además de retención de disparo. Como muestra el diagrama de temporización de la figura 2, para una velocidad de transmisión de FlexRay de 10 Mbps, la anchura del primer pulso positivo que contiene el primer flanco de bajada BSS anterior al byte número 0 es de 200 ns (periodos de 2 bits). La anchura del pulso positivo de todos los pulsos sucesivos anteriores a los flancos de bajada BSS puede osci-

Figura 1



lar entre 100 y 900 ns. Por ejemplo, si un determinado byte contiene sólo ceros, la anchura del pulso que contiene el siguiente flanco de bajada BSS sería de 100 ns (periodo de un bit). Pero si el byte sólo contiene unos, la anchura del pulso que contiene el siguiente flanco de bajada BSS sería de 900 ns (periodos de ocho bits más el pulso BSS).

Con el disparo por anchura de pulso del osciloscopio configurado para disparar ante pulsos positivos de una anchura entre 50 ns (lo que ayuda a evitar disparos por ruido/glitches aleatorios) y 950 ns, el osciloscopio sólo disparará ante flancos de bajada del pulso BSS, pero sólo si el tiempo de retención de disparo del osciloscopio también se establece en 950 ns. Este ajuste de retención de disparo garantizará que el osciloscopio no se dispare ante pulsos de datos de anchura variable en cada byte. Cuando el osciloscopio haya sincronizado el disparo en el primer pulso BSS, la retención de disparo armará siempre el siguiente evento de disparo 50 ns antes del siguiente flanco de bajada del evento BSS. Hay que tener en cuenta que el siguiente evento BSS siempre deberá producirse 1.000 ns después del evento BSS anterior, a menos que el evento BSS siguiente sea la última BSS de la trama.

La figura 4 muestra un ejemplo de disparo ante eventos BSS utilizando disparo por anchura de pulso y retención de disparo. Si bien puede parecer que se trata de un diagrama de ojo no estándar, ya que se compone de ocho ojos de forma de onda, es una técnica perfectamente válida para ver los ocho campos de bits individuales.

Deberá seguir algunos pasos más para mostrar un diagrama de ojo repetitivo más convencional compuesto de un solo ojo con los ocho campos de bits superpuestos entre sí.

Empleando la misma condición de disparo del osciloscopio, escale la base de tiempos del osciloscopio para mostrar sólo el primer campo de bits (bit 0), tal como se muestra en la figura 5. En este ejemplo, hemos configurado la escala de la base de tiempos a 20 ns/div (5 divisiones = anchura de 1 bit) y la retención de adquisición en 140 ns en relación con la pantalla central. Tenga en cuenta que el primer evento de disparo BSS se produce 7 divisiones (140 ns = 20 ns/div X 7 divisiones) a la izquierda de la pantalla central.

A continuación, active el modo

de pantalla de persistencia infinita del osciloscopio para recoger decenas de miles de adquisiciones del bit número 0, lo que sólo requiere unos segundos si el osciloscopio tiene una rápida velocidad de actualización de las formas de onda. Después de recoger un número suficiente de adquisiciones, desactive el modo de pantalla de persistencia infinita, pero no cierre la pantalla de persistencia infinita del bit 0.

A continuación, cambie el tiempo de retención de adquisición del osciloscopio otros 100 ns (anchura de un bit), hasta 240 ns. Seguidamente, vuelva a activar el modo de pantalla de persistencia infinita para recoger miles de adquisiciones superpuestas del bit número 1, superpuestas a las formas de onda del bit número 0 capturadas anteriormente, tal como se muestra en la figura 6.

Repita el proceso anterior con valores de retención de adquisición de 340 a 840 ns para crear un diagrama de ojo repetitivo de los ocho campos de bits basándose en los eventos BSS de referencia, como se muestra en la figura 7.

Para que esta medida en varios pasos cree un diagrama de ojo superpuesto de los ocho campos de bits, necesitará un osciloscopio con una velocidad de actualización de las formas de onda muy rápida y adquisiciones repetitivas con oscilaciones de pequeña amplitud, utilizando muestreo de tiempo equivalente, además de disparo preciso por anchura de pulso y retención de disparo.

Las velocidades de actualización de formas de onda son importantes por dos razones. En primer lugar, es necesario recoger miles de adquisiciones de todos los campos de bits para garantizar la validez estadística de la medida de diagrama de ojo. En segundo lugar, se necesita una gran velocidad de actualización de las formas de onda para garantizar el disparo del osciloscopio en múltiples bytes en cada trama. Si el osciloscopio actualiza las adquisiciones con lentitud, siempre sincronizará su adquisición sólo en la primera BSS de cada trama.

Las adquisiciones deben comenzar con oscilaciones de pequeña amplitud para evitar que el osciloscopio se dispare en cada enésimo evento de disparo BSS, omitiendo de este modo múltiples bytes.

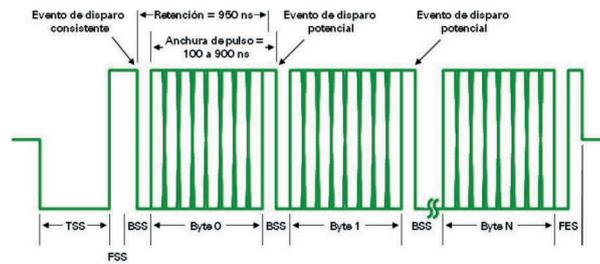


Figura 2

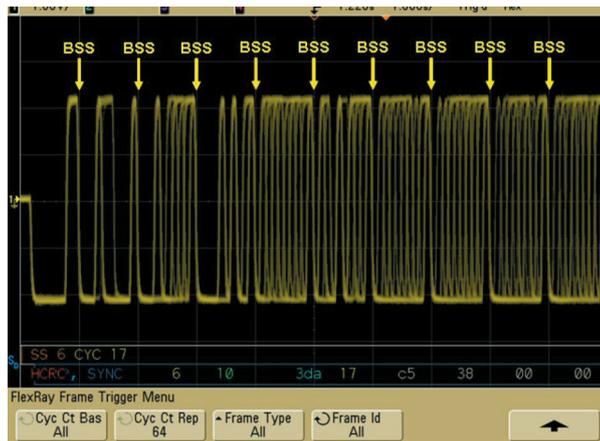


Figura 3

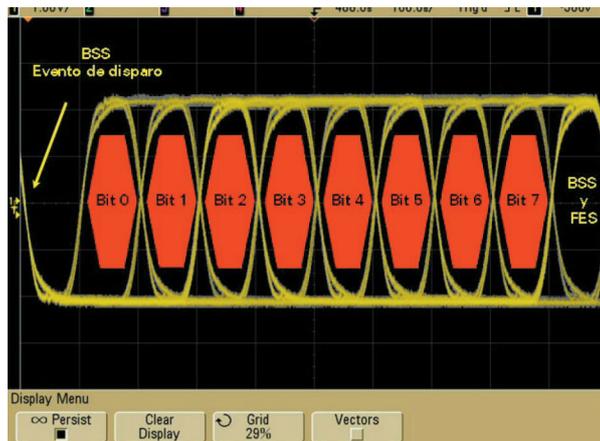


Figura 4

Creación de un diagrama de ojo FlexRay: método de tiempo real

Otra técnica de medida para crear diagramas de ojo FlexRay es el "ojo" de tiempo real. Para crear un ojo de tiempo real se precisa un osciloscopio de memoria profunda de tiempo real con opción de medida de ojo de tiempo real que recupere el reloj integrado en el bus mediante un algoritmo de recuperación del reloj de software. Para algunos estándares de bus serie de alta velocidad, el algoritmo de recuperación del reloj de software del osciloscopio puede resultar bastante complejo, por ejemplo a la

hora de recuperar relojes de sistemas basados en hardware de recuperación de lazo de enganche de fase (PLL) y relojes de espectro ensanchado. Sin embargo, para el protocolo FlexRay, el algoritmo de recuperación del reloj de software es muy simple. Este algoritmo asume un reloj de 10 MHz fijo sincronizado con cada evento BSS. A continuación, "divide" los campos de bits de cada byte en perfectos minirregistros de 100 ns. A continuación, estos minirregistros de 100 ns se superponen entre sí para recrear el ojo de tiempo real a partir de una única adquisición.

Las funciones de medida de ojo de tiempo real sólo se encuentran en osciloscopios de alto rendimiento basados en Windows, como los Infiniium de la Serie 8000 de Agilent. Además de realizar medidas de ojo de tiempo real, estos osciloscopios pueden realizar automáticamente análisis de jitter, incluida la separación de diversos componentes aleatorios y deterministas del error de temporización. Si bien en la actualidad ningún proveedor de osciloscopios proporciona ojos de tiempo real y análisis de jitter basados en el protocolo FlexRay, esta función de medida podrá estar disponible en un futuro próximo.

Resumen

Actualmente, las herramientas principales que emplean los ingenieros para evaluar el jitter en señales transmitidas en serie son las pantallas de diagramas de ojo de los osciloscopios. Sin embargo, el protocolo FlexRay presenta algunas dificultades a la hora de establecer eventos de temporización de referencia (disparos) para el osciloscopio. Los osciloscopios con disparo por anchura de pulso, retención de disparo y velocidades de actualización de las formas de onda rápidas pueden disparar ante múltiples eventos de secuencia de inicio de bytes (BSS) para crear un ojo FlexRay repetitivo. Una solución de medida más conveniente para evaluar el jitter FlexRay es probablemente el ojo de tiempo real, que está disponible en algunos osciloscopios de alto rendimiento basados en Windows. El osciloscopio puede crear una pantalla de ojo de tiempo real a partir de una única adquisición y medir rápidamente el jitter utilizando análisis de jitter automático incorporado en el osciloscopio para separar el jitter en sus componentes aleatorios y deterministas.

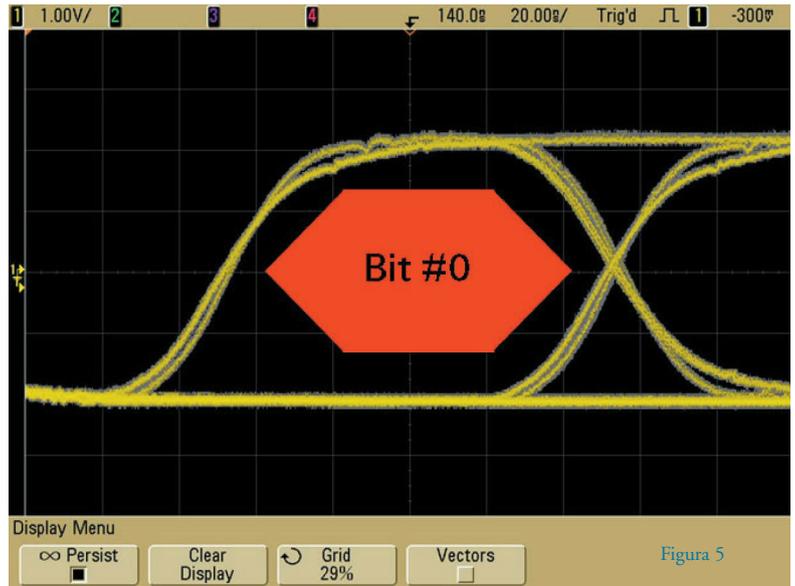


Figura 5

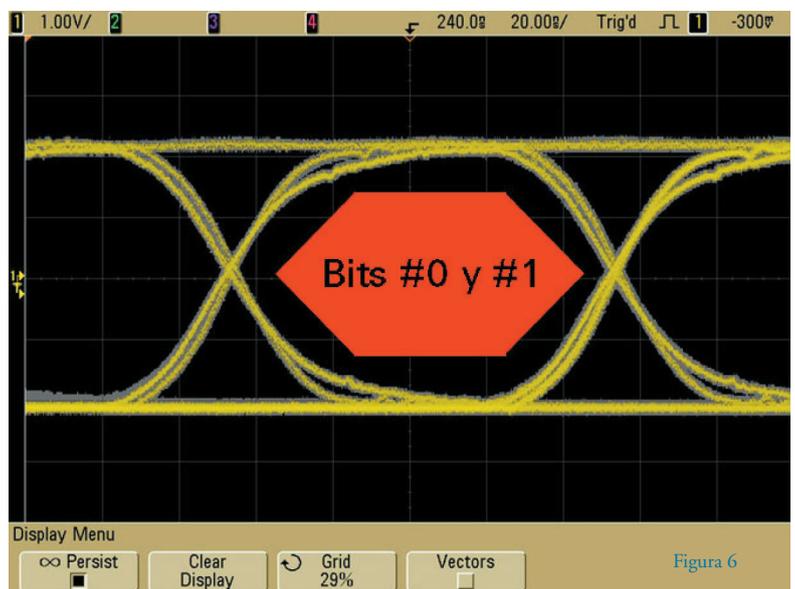


Figura 6

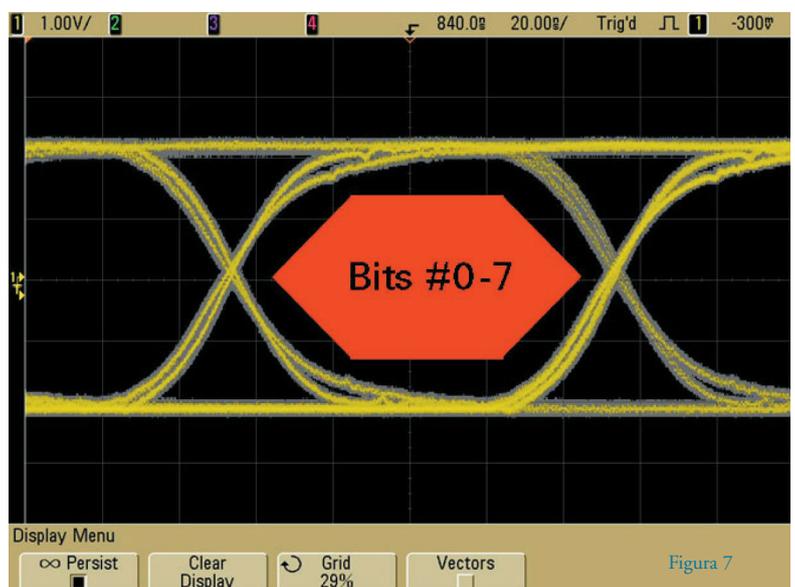


Figura 7