

Más allá del disparo por flanco: Cómo utilizar los disparos de osciloscopio para la depuración

Por Douglas J. Beck

 Agilent Technologies
www.agilent.com

El osciloscopio es un instrumento fundamental para los ingenieros eléctricos; no obstante, a menudo sigo tropezándome con algún que otro ingeniero que no utiliza las funciones de disparo de manera eficaz. Hay quienes creen que la función de disparo es un tema complejo y, a veces, se tiende a recurrir a algún experto del laboratorio para que nos ayude a configurar el disparo si nos encontramos con cualquier problema. El propósito de este artículo es ayudar a los ingenieros a entender los aspectos básicos de la función de disparo, así como las estrategias que permiten utilizarla de manera eficaz

¿Qué se entiende por disparo?

Ningún osciloscopio cuenta con una memoria infinita. Por lo tanto, todos deben utilizar algún tipo de disparo. Un disparo es un evento de interés para el usuario que el osciloscopio debería encontrar. En otras palabras, es algo que el usuario desea encontrar en la forma de onda. El disparo podrá ser un evento que representa un problema en la forma de onda, pero no tiene por qué ser precisamente eso. Entre algunos ejemplos de disparo podrían citarse los siguientes: flancos, glitches y patrones digitales.

Los osciloscopios necesitan utilizar una función de disparo debido a que su memoria es limitada. Por ejemplo, los osciloscopios de la Serie 90000 de Agilent cuentan con una capacidad de memoria de 2.000 millones de muestras. No obstante, incluso con esta enorme capacidad de memoria, el osciloscopio necesita algún evento que le indique qué 2.000 millones de muestras debe presentar al usuario. Si bien 2.000 millones de muestras pueden parecer una cantidad exagerada, en realidad no es suficiente como para garantizar la captura del evento de interés en la memoria del osciloscopio.

La memoria de un osciloscopio puede compararse a una cinta transportadora. Cada vez que se adquiere una nueva muestra, se almacena en la memoria. Cuando ésta está llena, se descarta la muestra más antigua de modo que la memoria sólo contiene las muestras más recientes. Cuando se produce el evento de disparo, el osciloscopio captura suficientes muestras adicionales para situar el disparo en la posición solicitada de la memoria (que suele ser en la mitad) y, a continuación, muestra los datos al usuario.

Comparación entre modo de disparo repetido y de un solo disparo

Antes, lo más habitual era que los osciloscopios funcionaran en modo repetitivo. En este modo, en cuanto el osciloscopio efectúa el disparo y muestra los datos al usuario, comienza a buscar inmediatamente el siguiente evento de disparo. Éste es el motivo por el que las formas de onda se actualizan con tanta frecuencia en los osciloscopios.

Ningún osciloscopio puede disparar y mostrar datos al usuario sin que necesite disponer de tiempo suficiente para rearmar el disparo. Esto se conoce como "intervalo de retención". Durante dicho intervalo de retención, el osciloscopio no puede adquirir ninguna forma de onda. Por lo tanto, cuanto más breve sea dicho intervalo de retención, menos eventos se omitirán. Por ejemplo, si se produce un glitch durante el intervalo de retención, no se mostrará en la pantalla del osciloscopio. Si resulta que el glitch es un evento raro, es posible que el usuario concluya que la forma de onda no contiene ningún glitch, cuando en realidad contiene uno. Por consiguiente, cuanto más breve sea el intervalo de retención del osciloscopio, menor será la probabilidad de que se omita un evento importante en una forma de onda.

Otra forma de enfocar este concepto es mediante la "velocidad de actualización", que se define como el número de formas de onda por segundo. Por ejemplo, los osciloscopios de la Serie 7000 de Agilent cuentan con una velocidad de actualización de 100.000 formas de onda por segundo.

El modo de un solo disparo se utiliza para buscar un disparo único sin seguir adquiriendo formas de onda adicionales. Por lo tanto, se utiliza cuando los usuarios desean localizar un evento único y examinar qué lo ha provocado y qué ha ocurrido después. Es particularmente importante para analizar formas de onda que no son repetitivas y, por consiguiente, cambian de una ejecución a otra.

Comparación entre modo automático y disparado

Una pregunta bastante acertada que podríamos hacernos sería qué ocurre si el evento de disparo no se produce. En este caso, no se actualizan las formas de onda en la pantalla. Esta situación puede resultar poco atractiva debido a que, quizá, el usuario no sepa cómo modificar el disparo de modo que las formas de onda se muestren en la pantalla. Por ejemplo, si se ha desconectado una sonda, es posible que el osciloscopio deje de efectuar disparos. Sin embargo, si la pantalla no se actualiza no podrá darse por sentado que, en realidad, la señal ha desaparecido.

Para solucionar este problema, los osciloscopios cuentan con un modo denominado "autodisparo". En dicho modo, si transcurre un periodo de tiempo en el que no se encuentra el disparo, el osciloscopio efectuará automáticamente un disparo para actualizar la pantalla. Suele haber un indicador (por ejemplo, un LED en el panel frontal) que informa si el último disparo ha sido real o bien se trata de un autodisparo. De este modo,

si el usuario advierte el indicador "Auto", sabrá que no se ha producido el disparo que ha configurado. Por ejemplo, si ha configurado el disparo como un glitch, podrá cerciorarse de que el osciloscopio no consigue detectar el glitch.

Sin embargo, como se ha indicado en la sección anterior, al producirse el autodisparo, también se produce un intervalo de retención mientras el osciloscopio se rearma después de cada disparo. Para evitar que se produzca dicho intervalo, el osciloscopio deberá ajustarse en modo "disparado" (triggered mode) (denominado en algunos osciloscopios como modo "normal"). En el modo "disparado" (triggered mode), el osciloscopio nunca efectúa un disparo a menos que encuentre el evento de disparo. Por lo tanto, si el usuario define el modo de disparo como un glitch y el osciloscopio no efectúa ningún disparo, podrá estar seguro de que no se ha producido ningún glitch (o al menos ninguno que el osciloscopio haya sido capaz de detectar).

Modos comunes de disparo

Flanco

Los disparos de flanco son los más comunes. La razón por la que se utilizan con tanta frecuencia es debido a que todas las formas de onda contienen flancos y, por lo tanto, dichos disparos funcionarán si se establece correctamente el nivel de disparo. Naturalmente, esta ventaja constituye también su principal inconveniente, debido a que, en la mayoría de las formas de onda, se efectuarán disparos con bastante frecuencia, por lo cual viene a ser como utilizar la función de autodisparo.

Glitch / Anchura de pulso / Tiempo muerto

Si bien muchos problemas pueden localizarse utilizando disparos de flanco, a veces los ingenieros deben emplear disparos más complejos. El tipo de disparo más simple es el de pulsos. Éstos se definen como un rango de tiempo por encima (pulso positivo) o por debajo (pulso negativo) de un nivel de umbral. El disparo de pulso más común es el glitch, que se utiliza para realizar un disparo en pulsos más cortos que una cierta an-

chura mínima. Éste es un ejemplo de disparo por infracción, ya que, cada vez que el osciloscopio efectúa un disparo, señala un problema.

Un aspecto que confunde en los disparos por anchura de pulso con un valor temporal máximo es cuándo se produce el disparo. En algunos casos, es posible que el usuario desee que el osciloscopio efectúe el disparo en cuanto se supere el valor temporal. Es lo que se denomina un disparo de "tiempo muerto", ya que el osciloscopio no necesita un pulso completo para efectuar el disparo. Es decir, el disparo de tiempo muerto se producirá aunque nunca llegue a producirse la segunda transición.

Por el contrario, lo que solemos denominar meramente un disparo por "pulso", esperará hasta que se produzca la segunda transición para que se efectúe el disparo. En otras palabras, para un pulso positivo, el disparo no se producirá hasta alcanzar el flanco de bajada si se supera el tiempo máximo establecido. Esto significa que el disparo puede producirse mucho después del punto del límite temporal. Por este motivo, los disparos de tiempo muerto son mucho más utilizados que los disparos por anchura de pulso. Dado que esto es poco intuitivo, los usuarios tienen la opción de efectuar disparos por anchura de pulso empleando tanto el modo de tiempo muerto como el de fin de pulso. Si se selecciona la opción de tiempo muerto, el disparo será exactamente igual al tiempo muerto.

Otra parte que resulta confusa en los disparos por anchura de pulso es que no siempre son una infracción. Si bien los glitches constituyen claramente una infracción, un pulso largo puede ser perfectamente un evento auténtico. Por lo tanto, dependerá de la definición de si una anchura de pulso es una infracción.

Tiempo de subida y tiempo de bajada

Los siguientes tipos de disparos por infracción son los disparos de tiempo de subida y de tiempo de bajada. Estos disparos intentan localizar flancos que suben o bajan con una rapidez o lentitud excesiva. Este tipo de disparo se define mediante dos niveles de disparo: uno alto y otro bajo. También hay establecido un intervalo mínimo y máximo en el

que la señal debe permanecer entre estos dos niveles.

Un aspecto confuso de los disparos de tiempo de subida y bajada es que los umbrales de tensión de disparo son independientes de los umbrales de tensión de medida automática. Por ejemplo, sería lógico medir el tiempo de subida de una señal y esperar que un disparo de tiempo de subida funcionara en el mismo valor temporal. Sin embargo, en muchos casos los umbrales de medida se establecen de forma predeterminada al 10 % y 90 % respectivamente del rango de tensión de la señal. Dado que los umbrales de disparo son independientes, resulta fácil que los usuarios puedan por error definir distintos umbrales, como por ejemplo el 5 % y 95 %. En este caso, el usuario puede haberse confundido debido a que la medida muestra valores temporales de subida y, sin embargo, el uso del mismo valor temporal no provoca el disparo del osciloscopio.

Configuración y retención

Otro tipo de disparo por infracción es el de configuración y retención. Naturalmente, se requiere una señal de datos y una señal de reloj. Este disparo también requiere un tiempo de configuración, un intervalo de retención o ambos. El osciloscopio realizará el disparo cada vez que detecte una infracción de configuración y retención.

Runt (pulso de baja amplitud)

Si bien un glitch es un pulso demasiado estrecho, un "runt" es un pulso de baja amplitud. Los pulsos de baja amplitud se definen utilizando tres niveles de tensión. Un disparo por pulso de baja amplitud se produce cuando una señal cruza dos umbrales (en una sola dirección) y luego vuelve a cruzar un umbral sin cruzar el tercero. Por ejemplo, supongamos que los tres umbrales son 1 V, 2 V y 3 V. Si una señal pasa de 0 V a 2,3 V y luego vuelve a 0 V, se trata de un pulso de baja amplitud, ya que ha pasado por 1 V y 2 V en su subida y luego por 2 V en su bajada. La parte más confusa de este disparo es precisamente la definición de los tres niveles de umbral. En general, unos niveles del 10 %, 50 % y 90 % ofrecerán buenos resultados; no obstante, no resulta fácil entender por qué se necesitan tres niveles de umbral en lugar de dos.

Ventana

Un tipo avanzado de disparo es el denominado de ventana, que utiliza dos umbrales de tensión y hasta un máximo de dos valores temporales. Una ventana puede ser algo tan simple como disparar cada vez que la señal alcanza o abandona el rango de tensión. De manera alternativa, puede emplearse un intervalo temporal que especifique un mínimo y máximo de tiempo invertido dentro (o fuera) de cierto rango de tensión. Esto proporciona flexibilidad suficiente para efectuar diferentes disparos.

Disparo secuencial

El disparo secuencial brinda la posibilidad de encontrar primero un evento y luego buscar otro antes de que el osciloscopio efectúe el disparo. Por ejemplo, el disparo secuencial permite al usuario encontrar un flanco

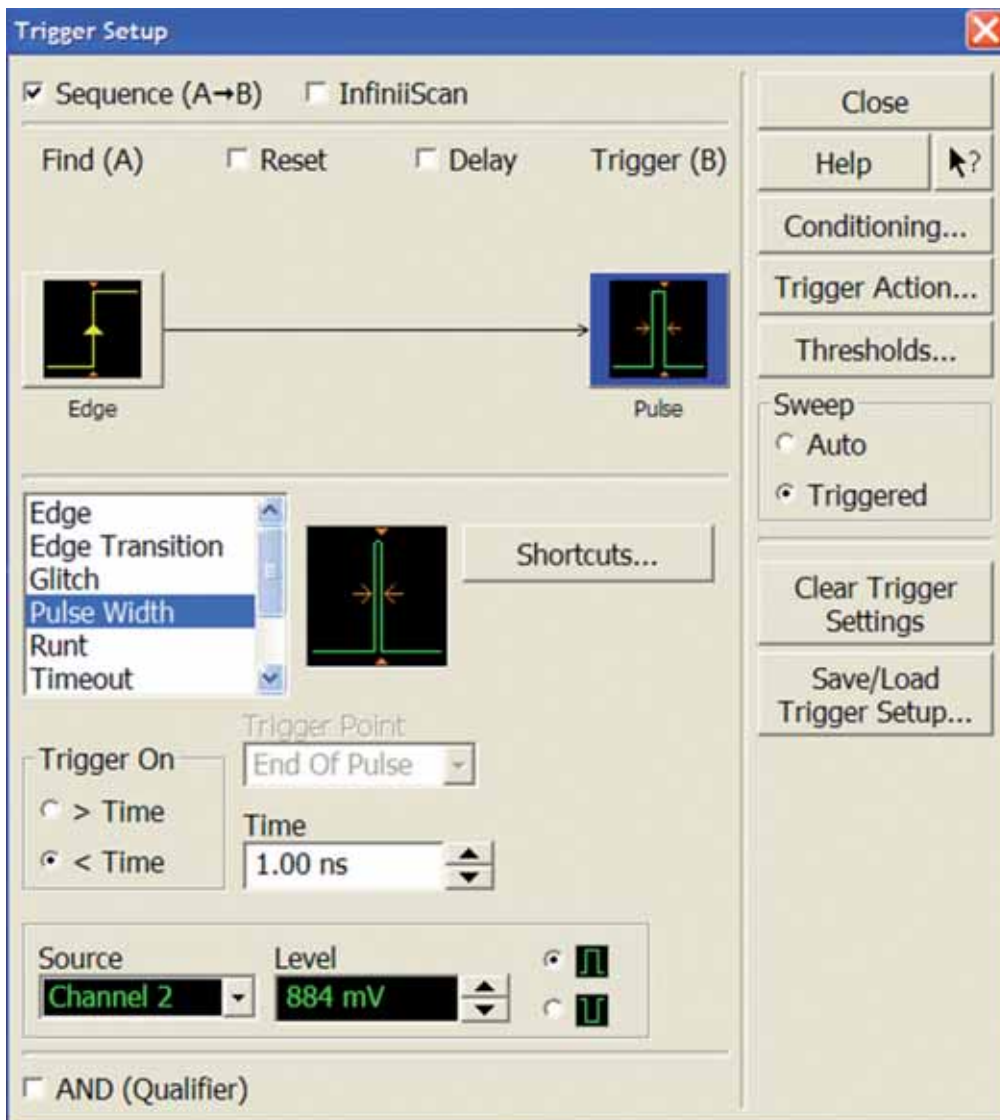
en una señal que posteriormente va seguido de un pulso en otra señal. En la Figura 1, se muestra un ejemplo de disparo secuencial del osciloscopio Agilent 90000. Observe el diagrama que muestra cómo el flanco en el Canal 1 va seguido del pulso en el Canal 2.

Disparo por software

El disparo más común presente en los osciloscopios es el disparo por hardware. En este caso, se capturan incluso los eventos de disparo más raros debido a que el disparo se procesa en tiempo real. Sin embargo, hay algunos eventos que son demasiado complejos para ser capturados por el hardware. Para efectuar un disparo en dichos eventos se utilizan disparos por software (por ejemplo, InfiniiScan en los osciloscopios Infiniium de Agilent) junto con un dispa-

ro por hardware. Cuando se produce el evento de disparo por hardware, el software busca el evento en la traza adquirida. Si consigue encontrarlo, se produce el disparo en el osciloscopio. No obstante, a pesar de que este tipo de disparo es muy certero, no es posible efectuarlo en tiempo real. Para aquellos eventos que ocurren con frecuencia, esto no representa ningún problema; sin embargo, sí que supone un enorme problema para aquellos eventos raros. En este caso, el disparo por software pasará probablemente por alto la mayoría de las instancias del evento raro y el osciloscopio podrá tardar demasiado tiempo en efectuar el disparo. Aún así, siempre será mejor permitir al osciloscopio encontrar automáticamente el evento (aunque tarde unos minutos) que no encontrar en absoluto el evento de interés.

Figura 1. Disparo secuencial



Estrategias de disparo

Disparo sólo para mostrar formas de onda

Éste es, con diferencia, el caso más simple, ya que utiliza la función de autodisparo. El método más fácil de configurar este disparo es pulsando simplemente el botón "Autoscale" (función autoescalable) en el panel frontal del osciloscopio. Éste es sin lugar a dudas el método más rápido de mostrar formas de onda en el osciloscopio. En muchos casos, esto resulta suficiente para poder entender la anomalía.

Disparo para depurar problemas analógicos

Si el disparo simple no consigue revelar el problema, la siguiente estrategia es buscar problemas analógicos simples. Los principales modos de disparo que pueden intentarse en este caso son: glitch, pulso de baja amplitud, tiempo de subida y tiempo de bajada. Estos modos cubren los problemas analógicos más comunes. Asimismo, puede emplearse un disparo de configuración y retención para asegurarse de que el fallo no se debe a un problema de configuración y retención.

En este caso, el osciloscopio debe ejecutarse en modo repetitivo estándar (en la mayoría de los osciloscopios este modo se denomina simplemente "Run" [Ejecutar]).

Algunos problemas analógicos sólo pueden detectarse utilizando disparos por software, como por ejemplo, los flancos no monotónicos. En este caso, asegúrese de que el disparo por hardware está definido con el mismo flanco y pendiente que el disparo por software. Éste es un problema común que puede inducir a los usuarios a creer que no se está produciendo un disparo cuando, en realidad, el problema estriba en que no se ha definido correctamente el disparo por hardware.

Si observa que una determinada forma de onda sólo se muestra muy brevemente en el osciloscopio, utilice el disparo por software denominado "disparo de zona" para disparar en la forma de onda. Un disparo de zona permite definir una sección de la cuadrícula como "deben entrecruzarse" y el osciloscopio no efectuará el disparo a menos que una forma de onda cruce dicha sección. Asimismo, pueden definirse secciones como "no deben entrecruzarse" para filtrar aquellas formas de onda que no se desea visualizar.

En este caso, conviene configurar el osciloscopio en modo disparado para que el osciloscopio no llegue a efectuar el disparo si no consigue encontrar el evento. Esto significa también que este problema concreto no ha tenido lugar y puede consistentemente eliminarse como causa del problema. Por lo tanto, se trata de un proceso de eliminación.

Disparo para depurar problemas de software o FPGA

En los dos casos anteriores, el osciloscopio debe efectuar el disparo ante un problema analógico concreto. Sin embargo, hay diversas situaciones (por ejemplo, problemas de software o de FPGA) en las que el objetivo no es disparar ante un problema, sino simplemente efectuar un seguimiento de las formas de onda para intentar detectar un problema lógico, no analógico.

En este caso es importante que el osciloscopio esté configurado para utilizar memoria profunda y realizar una ejecución en modo de un solo disparo. (En los osciloscopios de Agilent, se utiliza el botón "Single" en lugar del botón "Run"). La memoria profunda proporciona el mayor número de formas de onda, lo que, a su vez, brinda la mejor oportunidad para detectar el problema. En la mayoría de los osciloscopios, la profundidad de memoria se configura de forma automática cada vez que se gira el mando de tiempo por división. Sin embargo, la profundidad de memoria también puede definirse manualmente. En los osciloscopios Infiniium de Agilent, este ajuste se realiza a través del menú "Adquisición".

El evento de disparo debe definirse como un evento conocido que se produce en algún lugar de la zona de interés. Las opciones más

comunes son: pulso, patrón digital y disparos serie. El disparo por pulso es el más simple debido a que especifica simplemente la longitud de un pulso. Los disparos serie y por patrón son mucho más específicos, ya que permiten a los usuarios especificar un valor. Por ejemplo, un disparo serie común consiste en escribir en una dirección específica. Una vez encontrado el evento de interés, siga la traza hasta encontrar el origen del problema. En el caso de buses serie resulta muy útil activar la función de decodificación serie de datos. De este modo, no sólo se muestran las formas de onda analógicas, sino que también se interpretan las formas de onda como paquetes. Esto permite realizar un seguimiento mucho más fácil de los datos.

Conclusión

La función de disparo es una característica muy eficaz de los osciloscopios; no obstante, a menudo los usuarios deben ir más allá del simple disparo de flanco. La clave estriba en saber si el usuario está buscando un problema analógico o si está intentando localizar un problema lógico. Los osciloscopios proporcionan excelentes funciones en ambos casos; sin embargo, a final de cuentas es el usuario quien tiene que decidir la estrategia adecuada para utilizar. 