

Osciloscopios de tiempo real y fósforo digital DPO4000 con Wave Inspector™. ¿Un nuevo estándar en el mercado?

Artículo cedido por AFC Ingenieros

Información adicional en el e-mail: info@afc-ingenieros.com o en el Tfno: 91 3654405

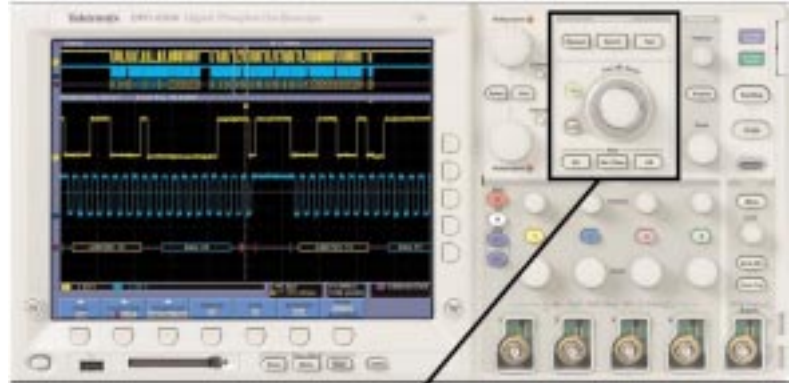
El osciloscopio ha sido durante décadas una herramienta indispensable en la investigación y diseño y ha permitido un flujo constante de innovaciones en una gran cantidad de sectores.

Una de las principales especificaciones de un osciloscopio es la longitud de registro. La longitud de registro es el número de muestras que un osciloscopio puede digitalizar y guardar a partir de una única adquisición. Cuanto mayor sea la longitud de registro, mayor es la ventana temporal que el osciloscopio puede capturar con una alta resolución temporal (alta velocidad de muestreo).

Los primeros osciloscopios digitales podían capturar y guardar sólo 500 puntos, lo que hacía muy difícil adquirir toda la información importante con respecto al evento que se estaba investigando. Así pues, los diseñadores se enfrentaban constantemente al dilema de tener que elegir entre la posibilidad de adquirir un período de tiempo más largo con una baja resolución o la de adquirir un período de tiempo más corto con una mayor resolución, cuando lo que realmente deseaban era adquirir una captura de gran duración y alta resolución.

Con el tiempo, y a medida que la tecnología ha ido avanzando, se ha conseguido mayor velocidad de digitalización, mayor sencillez de manejo y un coste aceptable a la hora de digitalizar más detalles de las formas de onda. Sin embargo, al mismo tiempo que se han producido estos avances, las velocidades de reloj han aumentado, las topologías de buses han evolucionado primero hacia rápidos buses paralelo y más tarde a buses serie.

Por otra parte, la complejidad general del diseño de sistemas, la búsqueda de errores y averías se ha disparado. Por ello, los diseñadores han comenzado a demandar



mayores capturas temporales con alta resolución a un ritmo incluso superior a la capacidad de los fabricantes de osciloscopios para aumentar la longitud de registro y parece que esta tendencia no va a disminuir.

Normalmente la evolución de prestaciones en los osciloscopios digitales ha tenido lugar a partir del incremento de su ancho de banda, cuando éste aumenta, la velocidad de muestreo debe de aumentar hasta ser del orden de 5 veces superior y si se quiere mantener el mismo tiempo de captura la memoria, ésta debe crecer en esa misma proporción.

Por ejemplo: para capturar 2 milisegundos de una señal de 100 MHz a 5 Gmuestras/s (200 pseg entre muestras) se necesita un registro de 10 millones de puntos. La captura de un único fotograma de vídeo NTSC (dos campos en un intervalo de 1/30 de segundo, a 100 MS/s para resolver toda la información de luminancia) requiere más de 3 millones de puntos (33 milisegundos divididos por 10 nanosegundos). La captura de varios segundos de tráfico en el bus en un bus de CAN de 1Mb/s para diagnosticar



problemas en un sistema electromecánico puede requerir 10 millones de puntos para una resolución correcta. Estas y otras aplicaciones han motivado, y continúan motivando, la necesidad de ventanas temporales de captura de datos más largas y con alto nivel de resolución.

Análisis posterior de los datos capturados

Como ya se ha indicado anteriormente, los primeros osciloscopios digitales tenían una longitud de registro muy corta. Por ello, resultaba muy sencillo visualizar todo lo que el osciloscopio había capturado mediante una sola pantalla. A medida que la longitud de los registros fue aumentando de tamaño, se utilizó un control de desplazamiento horizontal para poder explorar visualmente todos los datos capturados. Este no era un gran problema, ya que se pasaba de una pantalla en la que se incluía toda la información a dos, luego a cuatro, ocho, veinte, etc. Sin embargo, a medida que los registros se hacían más largos con cada generación de osciloscopios, el tiempo

necesario para comprobar todos los datos capturados en una única adquisición aumentó cada vez más. En la actualidad se está trabajando con longitudes de registro de millones de puntos que representan miles de pantallas con información sobre la actividad de la señal. Para poder compararlo, imagine intentar encontrar en Internet aquello que esté buscando sin la ayuda de su motor de búsqueda, explorador Web o los enlaces a sus sitios favoritos. Sería como buscar una aguja en un pajar. Hasta la aparición del Wave Inspector™ esta era la situación a la que se enfrentaban los usuarios con sus osciloscopios de larga longitud de registro. Hoy en día las antiguas soluciones han dejado de ser útiles.

Wave Inspector™

La nueva serie de osciloscopios de tiempo real y fósforo digital DPO4000 de Tektronix dispone de la nueva patente Wave Inspector™, cuyos controles (Figura 1) hacen que el trabajo con registros largos y la obtención de las respuestas que se necesitan de las formas de onda se realicen ahora mediante un proceso sencillo y eficaz. Los controles y su funcionamiento se describen en los próximos apartados.

Controles "Zoom / Pan"

La mayoría de los osciloscopios digitales del mercado ofrecen algún tipo de función de zoom. Sin embargo, los controles asociados con la visualización del zoom (factor y posición de la ventana de zoom sobre la forma de onda) están a menudo incluidos en menús difíciles de encontrar o mezclados con otros controles del panel frontal. Por ejemplo, la posición horizontal de la ventana del zoom se controla normalmente con el mando de posición horizontal del panel frontal. Una vez

ampliado un evento de interés, si se desea mover la ventana de zoom a otra ubicación de la adquisición, dicho proceso exige normalmente rotar el mando de posición horizontal un número incontable de veces para mover lentamente la ventana de zoom hasta la nueva ubicación; o bien, reducir el factor de zoom para facilitar un desplazamiento más rápido y volver a realizar una nueva ampliación sobre la siguiente zona de interés. Ninguno de estos enfoques es eficaz ni intuitivo. Es incluso menos eficaz cuando hay que desplazarse por menús simplemente para acceder a estos controles básicos de zoom.

El Wave Inspector™ posee un control exclusivo "Zoom/Pan" en el panel frontal para desplazar la ventana de zoom a lo largo de la forma de onda. El control giratorio interno controla el factor de zoom (ZOOM). Cuanto más hacia la derecha se gira, mayor es el factor de ampliación. Cuando se gira hacia la izquierda se reduce la ampliación y en última instancia acaba anulando dicha función.

En la Figura 2 se está probando un bus I2C. La adquisición completa se muestra en la ventana

superior y la zona sobre la que se aplica el zoom, marcada sobre esa ventana, se muestra en la ventana inferior que es de mayor tamaño. El objetivo del ejemplo es realizar una ampliación para ver la dirección descodificada y los valores de datos de dos paquetes concretos. El anillo exterior (PAN) es un control (figura 1) que permite la exploración visual de la forma de onda completa con el factor de zoom que se haya aplicado en la ventana de zoom. Este control presenta una resistencia al giro en ambos sentidos proporcional a la velocidad de exploración que se desee y vuelve a su posición central cuando deja de girarse. Si se gira hacia la derecha desplaza la ventana de zoom hacia la derecha de la forma de onda, y si se gira hacia la izquierda, se desplaza la ventana hacia la izquierda. Cuanto más se gire el control en cualquiera de los sentidos, más rápido se mueve la ventana de zoom a lo largo de la forma de onda.

En la Figura 2 se muestra como se puede efectuar un rápido desplazamiento de un paquete al siguiente simplemente girando el control de desplazamiento (PAN) en la dirección deseada. Incluso en el caso



de una adquisición de 10 millones de puntos, se puede mover rápidamente la ventana de zoom de un extremo del registro al otro en cuestión de un par de segundos, sin tener que cambiar el factor de zoom.

Control "Play/Pause"

Muchas veces al depurar un problema, no se sabe cuál es la causa del problema, con lo que no se puede estar seguro de lo que se debe buscar en la forma de onda que se ha adquirido. No obstante, sí sabe que se ha capturado la ventana temporal que contiene el problema y ahora es necesario mirar los datos que se han capturado para ver si se puede localizar. De nuevo, en la mayoría de los osciloscopios esta operación se realiza manualmente girando el mando de posición horizontal un gran número de veces para inspeccionar las formas de onda adquiridas en busca de cualquier actividad sospechosa. El Wave Inspector™ es también de una gran ayuda en esta área. Puede pulsar simplemente el botón "Play/Pause" del panel frontal (figura 1) para que la ventana de zoom se desplace automáticamente por la forma de onda. La velocidad y dirección de reproducción se ajustan utilizando el control rotativo externo. Cuanto más se gire el control anterior, más rápido se reproduce la forma de onda. Esto permite la reproducción automática sin intervención del usuario permitiéndole concentrarse en lo más importante: la propia forma de onda.

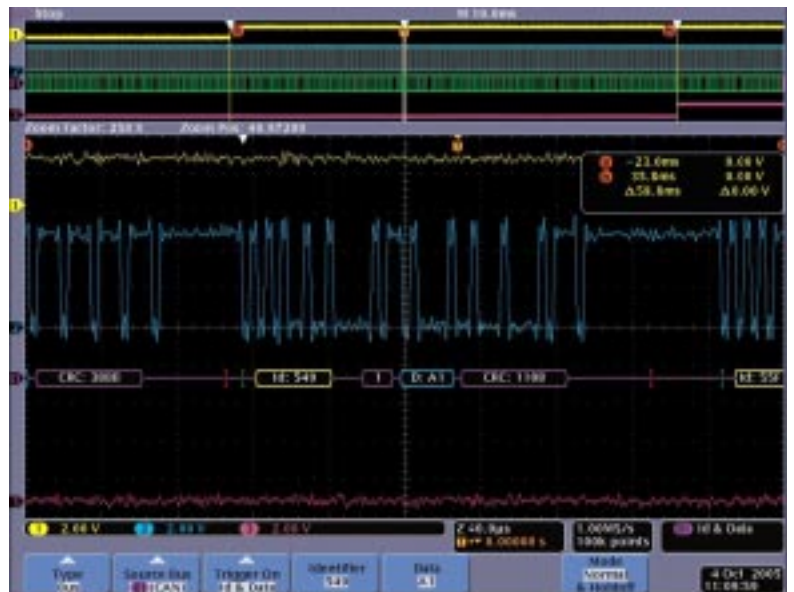
En el ejemplo del bus I²C (figura 2), el usuario podría reproducir la forma de onda mientras mira simplemente la información ya descodificada de la dirección y los datos del paquete para supervisar la actividad en el bus. Una vez detectado el evento que se está buscando, solo hay que pulsar otra vez el botón "Play/Pause" para detener la forma de onda.

Controles "←" Set/Clear "→"

Durante la búsqueda de la causa del problema se pueden encontrar numerosas áreas de la forma de onda que requieren una mayor investigación posterior o que indican algo que pasa en el dispositivo que se está probando. En esos casos sería de gran utilidad poder colocar marcas de referencia para proceder más tarde a un análisis más profundo. Por ejemplo, supongamos que se tienen que realizar mediciones del tiempo que transcurre desde que un conductor pulsa el interruptor de descenso de la ventanilla del pasajero en el panel de la puerta del conductor hasta que la ventanilla del pasajero comienza a moverse. El primer evento que desea encontrar en la adquisición es el momento en que se pulsó el interruptor. El siguiente podría ser cuando el módulo CAN de la puerta del conductor emite el comando al módulo CAN de la puerta del pasajero. El último evento podría ser cuando el motor se acciona en la puerta del pasajero y la ventana comienza a moverse. ¿No sería una buena idea marcar cada una de

estas acciones en la forma de onda adquirida para poder desplazarse de una a otra rápidamente y realizar las mediciones de tiempo en cada una? Con la serie DPO4000 ahora es posible.

En la Figura 3, el canal 1 es la salida del interruptor en la puerta del conductor, el canal 2 es el CAN-bus y el canal 3 está supervisando la actividad del motor en la puerta del pasajero. Se ha configurado el osciloscopio para que se dispare sobre el paquete de datos de interés especificando el identificador del dispositivo y los datos adecuados. A continuación, hemos utilizado el botón "Set/Clear" del panel frontal (figura 1) para marcar manualmente cada uno de los eventos de interés de la forma de onda. Estas marcas de usuario se muestran como triángulos blancos a lo largo del borde superior de las ventanas superior (vista panorámica) e inferior (ventana de zoom). El flanco ascendente del canal 1 indica el momento en que se ha pulsado el interruptor. El evento de disparo es el módulo CAN en la puerta del conductor que emite el comando y la ventana que comienza a moverse es la transición en el canal 3. Al pulsar

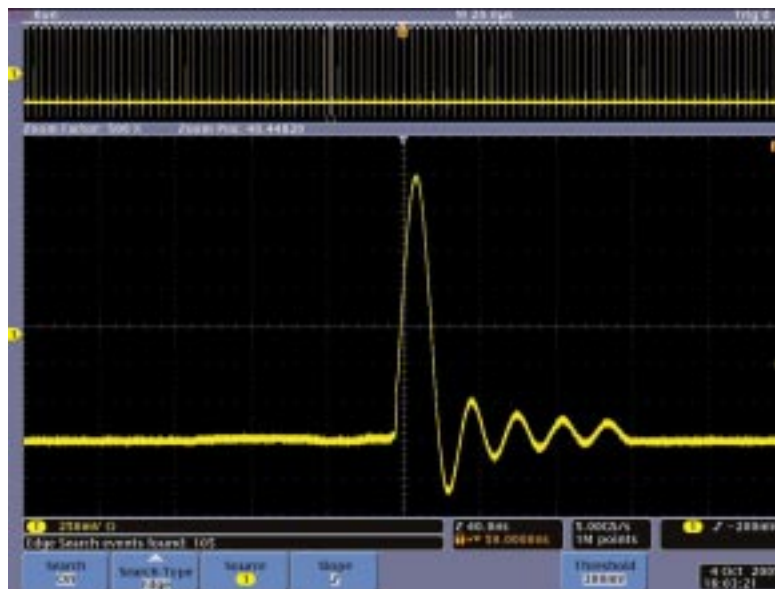


los botones “←” y “→” (anterior, posterior) del panel frontal se puede desplazar la ventana de zoom instantáneamente entre las marcas para colocar los cursores de medida y obtener de forma sencilla la medida del tiempo de retardo.

En la figura 3, se puede observar que el tiempo total desde la pulsación del interruptor hasta el movimiento de la ventana es de 58,8ms, lo que se encuentra dentro de lo que se considera un retardo aceptable.

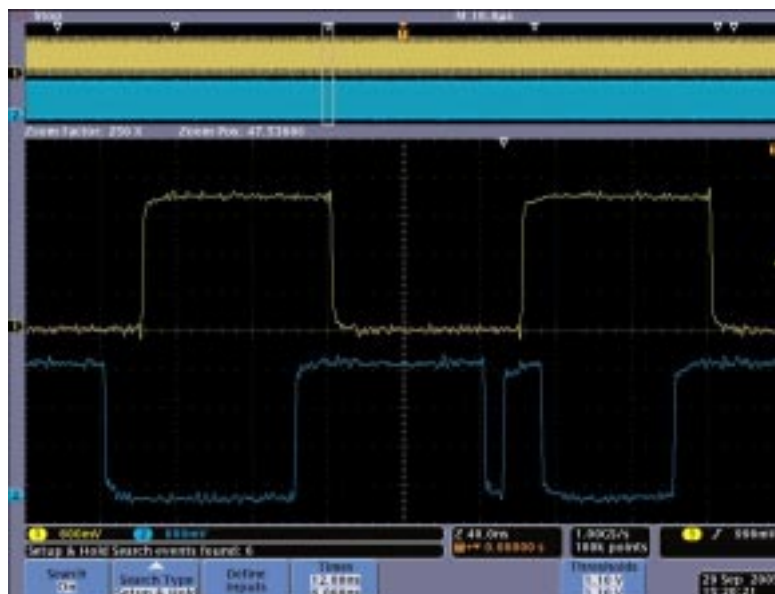
Control “Search” para búsqueda y marcado automático de eventos

Además de colocar las marcas manualmente en las formas de onda, Wave Inspector™ permite realizar búsquedas en toda la adquisición y marcar automáticamente cualquier ocurrencia de un evento especificado por el usuario. Por ejemplo, imaginemos que se está capturando impulsos láser. El láser se dispara aproximadamente cada $20\mu\text{s}$ y la duración de cada pulso es sólo 15ns. El objetivo es el de observar varios impulsos para caracterizar su forma y realizar mediciones de tiempo precisas entre ellos, sin embargo, para desplazarse de uno a otro se tiene que pasar por $2\mu\text{s}$ de tiempo muerto y esta operación deber repetirse muchas veces. Está claro que sería mucho más aconsejable poder moverse de un impulso al otro instantáneamente sin tener que perder tiempo girando el mando de posición horizontal. Una sencilla función de búsqueda podría definirse seleccionando los flancos ascendentes que superen un umbral de 300mV, como se muestra en la figura 4. Las marcas generadas por la búsqueda se muestran como triángulos blancos huecos a lo largo del borde superior en las ventanas superior (vista panorámica) e inferior (ventana de zoom). Una vez finaliza-



da la búsqueda se han encontrado 105 eventos que cumplían con las condiciones definidas para la búsqueda y se colocaron las 105 marcas de señalización correspondientes sobre el registro. Ahora, todo lo que tiene que hacer es pulsar los botones “←” y “→” (anterior, posterior) del panel frontal para desplazarse de un impulso al siguiente. No es necesario ajustar la posición o escala del zoom.

No obstante, la función de búsqueda de Wave Inspector™ va mucho más allá de búsquedas sencillas de flancos. Vamos a suponer que el chip en el que está trabajando tiene una salida indeterminada que de vez en cuando deja colgado al sistema. La sospecha recae sobre un problema de meta-estabilidad producido por violaciones de los tiempos de establecimiento y retención (Setup&Hold). En cuestión de



segundos se puede especificar criterios de búsqueda para que el osciloscopio encuentre todas las ocurrencias en la adquisición en la que se hayan violado los tiempos de establecimiento y retención especificados. En el caso del ejemplo que se ha utilizado los tiempos de establecimiento y retención (Setup&Hold) que no se debían superar eran de 12ns y 6ns, respectivamente. Para que el osciloscopio encuentre automáticamente las violaciones de estos límites, solo se necesita indicarle que el reloj se encuentra en el canal 1, los datos en el canal 2, definir los umbrales e introducir los tiempos de establecimiento y retención (Setup&Hold) deseados. A continuación, el osciloscopio comprueba el tiempo relativo a cada pulso de la señal del reloj en toda la adquisición y marca las ocurrencias que violan los tiempos de establecimiento y retención especificados.

En la Figura 5, nuestra búsqueda obtuvo un resultado de seis violaciones. Los seis eventos se marcan con triángulos blancos huecos en la ventana superior. La ventana inferior muestra una vista ampliada de una de las violaciones. Es obvio que el impulso negativo estrecho en la línea de datos viola el tiempo de establecimiento de 12ns. Hemos encontrado el origen de la meta estabilidad sin tener que desplazarnos manualmente por la forma de onda y sin tener que utilizar los cursores para medir los tiempos. Incluso se pueden realizar comprobaciones para las peores situaciones posibles ajustando los tiempos de establecimiento y retención y comprobando cuántos eventos encuentra Wave Inspector™. Por ejemplo, se puede ajustar el tiempo de retención a cero y reducir el tiempo de establecimiento hasta que sólo se encuentre un evento.

Otra potente capacidad de búsqueda que ofrece Wave Inspector™ es la búsqueda automática de eventos en buses de datos. Si se

dispone de los módulos opcionales DPO4EMBD y DPO4AUTO destinados a aplicaciones sobre buses de datos serie, se pueden utilizar los botones B1 y B2 del panel frontal para definir la combinación de entradas según el bus sobre el que se vaya a trabajar: I²C, SPI o CAN. Una vez configurado, se pueden realizar disparos sobre el contenido de los paquetes especificado por el usuario y se le puede pedir al osciloscopio que además descodifique automáticamente todos los paquetes capturados en la adquisición en su forma binaria o hexadecimal. Si bien este disparo es vital para aislar la ventana temporal que contiene el problema, es bastante probable que se necesite ver la actividad del bus en muchos paquetes para comprender lo que está pasando a nivel del sistema. La función de búsqueda en buses serie permite especificar criterios de búsqueda dentro del paquete y marcar automáticamente todos los eventos definidos para permitir una rápida visualización, navegación y análisis.

En el ejemplo del bus CAN anterior, mostrado ahora en la Figura 6 se han buscado todos los mensajes que han tenido lugar dentro de

una adquisición larga de datos de un bus CAN donde la búsqueda se ha definido para localizar el identificador específico (549) y valor de dato (A1). El Wave Inspector™ ha encontrado cuatro mensajes dentro de la adquisición que cumplían con dichos criterios. De nuevo, mover la ventana de zoom de una ocurrencia a la siguiente es tan simple como pulsar los botones “←” y “→” (anterior, posterior) del panel frontal. Y dado que el osciloscopio está descodificando los paquetes, se puede ver instantáneamente toda la información importante sin tener que descodificarla manualmente a partir de las formas de onda analógicas.

Además de los ejemplos que se han descrito anteriormente, la serie DPO4000 puede buscar muchos otros tipos de eventos.

En la Tabla 1 se muestra la lista completa de las capacidades de búsqueda.

Búsquedas múltiples

Una pregunta obvia es ahora “¿Qué pasa si deseo realizar otra búsqueda pero no quiero perder las marcas anteriores de mi primera búsqueda?” Simplemente hay que



| Tipo búsqueda | Descripción |
|-----------------------------------|---|
| Flanco | Busca los flancos (ascendentes o descendentes) con un nivel de umbral especificado por el usuario. |
| Ancho de pulso | Busca pulsos positivos o negativos que son $>$, $<$, $=$ o \neq ; del ancho de pulso especificado por el usuario. |
| Patrón | Busca pulsos positivos o negativos que cruzan un umbral de amplitud pero no cruzan un segundo antes de volver a cruzar el primero. Busca todos los pulsos con un patrón o sólo aquellos con una duración $>$, $<$, $=$ o \neq ; que un tiempo especificado por el usuario. |
| Lógica | Busca un patrón lógico (AND, OR, NAND o NOR) en varias formas de onda con cada entrada definida en alta, baja o No importa. Busca cuando el evento es verdadero, falso o permanece válido para $>$, $<$, $=$ o \neq ; que un tiempo especificado por el usuario. Además, puede definir una de las entradas como un reloj para las búsquedas sincrónicas (estado). |
| Establecimiento y retención | Busca las violaciones de los tiempos de establecimiento y retención definidas por el usuario. |
| Tiempo de subida/tiempo de bajada | Busca todos los flancos ascendentes y/o descendentes $>$, $<$, $=$ o \neq ; que un tiempo especificado por el usuario. |
| Bus | I ² C: Busca inicios, inicios repetidos, paradas, reconocimiento no realizado, dirección, datos o dirección y datos. SPI: Busca SS Activo, MOSI, MISO o MISO y MISO CAN: Busca el inicio de trama, tipo de trama (datos, remoto, error, sobrecarga), el identificador (estándar o ampliado), datos, identificador y datos, fin de trama o reconocimiento no realizado. |

seleccionar el menú "Guardar todas las marcas" y se observará que las marcas de búsqueda representadas por triángulos huecos pasan a estar representadas por triángulos rellenos con la misma apariencia que las marcas colocadas manualmente con el botón "Set/Clear" del panel frontal. Estas marcas se guardarán en la forma de onda y se podrá realizar una nueva búsqueda definida por otros parámetros. Se puede realizar esta operación tantas veces como se crea necesario, con lo que se tiene una capacidad de búsqueda ilimitada.

Obviamente, si desea comenzar una nueva búsqueda, se puede pulsar el botón "Borrar todas las marcas" para quitar todas las marcas de la forma de onda; o bien, se puede eliminar individualmente cada una de ellas con el botón del panel frontal "Set/Clear" posicionándose sobre cada marca.

Interacción del sistema de búsqueda con el de disparo

En el menú de búsqueda se incluyen otras dos potentes capacidades que permiten ahorrar tiempo al

usuario: la capacidad de copiar la configuración del disparo (utilizado para adquisiciones en vivo) y aplicarla a la configuración de búsqueda (para adquisiciones congeladas).

La copia de la configuración actual del disparo a la configuración de búsqueda es muy útil cuando desea buscar en toda la adquisición capturada para ver si hay otras

ocurrencias del evento que dio lugar al disparo.

Por otra parte, la copia de la configuración de búsqueda a la configuración del disparo es muy útil cuando se ha encontrado un evento en los datos y desea volver a adquirir nuevos datos utilizando dicho evento como criterio de disparo.

Conclusión

Los osciloscopios digitales modernos pueden capturar una inmensa cantidad de datos. Esto puede ser una bendición y una maldición a la vez.

Por un lado, es deseable capturar todos esos datos, motivo por el que necesita un osciloscopio con gran longitud de registro. Sin embargo, hasta ahora, el proceso de búsqueda ha sido tan frustrante como encontrar "una aguja en un pajar" porque se requería una enorme cantidad de tiempo.

La serie DPO4000 con Wave Inspector™ aporta las herramientas necesarias para extraer las respuestas que se necesitan con una eficacia que sorprendente para un osciloscopio.

