

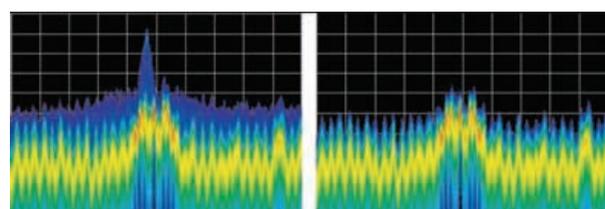
# DPX, la herramienta revolucionaria para descubrir, disparar, capturar y analizar señales de RF muy poco frecuentes (y 3)

Artículo cedido por Tektronix. Inc.



Traducido y adaptado por Juan Ojeda de AFC Ingenieros S.A. (jojeda@afc-ingenieros.com)

Figura 27. Ejemplo del descubrimiento de un transitorio rápido con y sin la persistencia variable activada. En la pantalla de la izquierda la persistencia es variable y está ajustada a 10 segundos y se puede ver como un transitorio ocasional de una duración inferior al segundo aparece como un pico por encima de las señales normales y se mantiene visible en la pantalla en lugar de desaparecer en cuanto la señal desaparece. En la pantalla de la derecha la persistencia está desactivada, hay que mirar la pantalla continuamente para ver la breve señal transitoria.



La detección es el primer paso para la caracterización, el diagnóstico, la comprensión y la solución de cualquier problema relativo a las señales que varían a lo largo del tiempo. A medida que el espectro de RF está más poblado, las nuevas aplicaciones que utilizan transmisiones inalámbricas y sistemas de RF se basan cada vez más en técnicas digitales y los ingenieros necesitan mejores herramientas que les ayuden a encontrar e interpretar comportamientos e interacciones complejas.

La tecnología de Fósforo Digital DPXTM patentada por Tektronix se utiliza en los analizadores de espectro de tiempo real (RTSA) para revelar los detalles de la señal que no pueden descubrir los analizadores de espectro convencionales y los analizadores de señales vectoriales. La visualización en vivo "full motion" mediante DPX del espectro de RF muestra las señales de RF en la pantalla de una forma nunca antes vista, dando a los usuarios una visión instantánea de los problemas y acelerando enormemente su descubrimiento y diagnóstico. La tecnología DPXTM es estándar en todos los RTSAs de Tektronix.

## Persistencia

En las secciones anteriores de este artículo se ha asumido que la persistencia no se aplica al mapa de bits DPX. Sin persistencia, el número de cuentas del contador de cada píxel dentro de la cuadrícula se borra después de cada actualización de la pantalla. Ahora vamos a describir cómo la persistencia modifica este comportamiento comenzando con la persistencia infinita, ya que es más simple que la persistencia variable.

Si la persistencia infinita está habilitada no se borran los contadores de los píxeles después de la actualización de la pantalla. Cuando el instrumento está configurado para una adquisición continua, los contadores se continúan incrementando hasta se detienen las adquisiciones o se hace clic con el ratón sobre en el botón de borrado (Clear) sobre la pantalla del DPX.

El software realiza un seguimiento del número total de formas de onda calculadas durante el período entero de recolección. La densidad es igual al número total de cuentas del

contador de cada celda dividido por el número total de formas de onda.

La persistencia variable es más complicada. Una señal que solo ocurra una vez y que se muestra en el mapa de bits no desaparece de repente al actualizarse la pantalla, ni tampoco permanece para siempre en ella. Se desvanece poco a poco. El usuario establece una constante de tiempo para el control de la persistencia de los puntos que determina el tiempo que las señales tardan en desaparecer. El desvanecimiento gradual se logra reduciendo el número de cuentas del contador de cada celda (píxel) después de cada actualización de la pantalla utilizando un factor basado en la constante del tiempo de persistencia. Cuanto más larga sea la constante de tiempo, menos se reduce el valor del contador. (figura 27)

No sólo a las señales de ocurrencia única se les permite permanecer en la pantalla por un periodo de tiempo impuesto por la persistencia variable, se siguen acumulando también las cuentas proporcionadas por las nuevas formas de onda. El resultado es que los valores de las celdas ya no son cuentas puras relativas al número real de formas de onda, sino que incluyen dichas cuentas más las correspondientes a la parte proporcional correspondiente a pantallas anteriores. Como parte

de la conversión de las cuentas de los contadores de cada celda (píxel) en valores de densidad, existe un nuevo algoritmo de software que utiliza una ecuación de series finitas para discriminar entre los efectos de la persistencia y la adición de nuevas cuentas provocada por nuevas formas de onda. Los efectos inflacionarios de la persistencia en las cuentas del contador de las celdas (píxeles) se eliminan, por lo que las lecturas de densidad representan la relación real entre las cuentas del contador de cada celda y el número máximo posible de cuentas dentro del intervalo de la persistencia. El cálculo de la densidad en el caso de la persistencia variable es una buena estimación de la densidad real de la señal, con errores menores del 0,01%. Para obtener medidas exactas de densidad, se debe utilizar persistencia infinita o desactivarla.

Otra sutileza de la persistencia es su efecto de suavizamiento sobre la medida de la densidad en el caso de señales intermitentes. Vamos a considerar un pulso activo durante 10 mseg e inactivo durante 90 mseg dentro de un periodo de 100 mseg. Vamos a hacer un supuesto simplificador en el que la parte activa del pulso cae siempre totalmente dentro de una actualización de la pantalla (50 ms). Si no se aplica la persistencia, la medida de la densidad se calcula en cada pantalla de forma individual. Los resultados serán del 20% (10/50) para cada pantalla que contiene la parte activa del pulso y 0% para las otras pantallas. Sin embargo, si se habilita la persistencia infinita, la medida de la densidad se asentará en un 10% (10/(50+50)) después del segundo marco y permanecerá en este valor durante el tiempo que el pulso continúe produciéndose. Con el uso de la persistencia, la densidad se calcula de manera efectiva al incluir muchas pantallas.

### Efectos de la persistencia en la densidad

La persistencia no altera los colores de un mapa de bits basado en la densidad. Su efecto consiste en ampliar la cantidad de tiempo durante la cual se calculan las densidades, dejando los eventos de la señal visibles durante el período de persistencia.

Antes de la introducción de las medidas de densidad y de los contadores de gran capacidad, la persistencia causaba que los colores “florezcan” y llegasen a ser cada vez más intensos a medida que aumentaba el número de cuentas. Los intervalos más largos de la persistencia causaban un mayor “floreamiento”, convirtiendo las señales nítidas en franjas rojas gruesas. Cuando las cuentas se convierten en valores de densidad (se requiere la opción 200 en la serie RSA6000), la pantalla no está sujeta a este efecto. Mientras que las señales de entrada mantengan unas tasas de repetición y de ciclo de trabajo razonablemente estables, sus valores de densidad también se mantendrán estables a pesar de que se incremente el número de cuentas en las celdas de la cuadrícula subyacente.

Si estaba acostumbrado a las pantallas de persistencia originales basadas en contadores asignados a las celdas (píxeles), podrá parecer contradictorio que las señales repetitivas en un mapa de bits basado en densidad no obtengan colores más brillantes y rojos a lo largo del tiempo con persistencia infinita. Una rápida revisión del algoritmo de densidad explica por qué: el número de cuentas se divide por el número total de formas de onda en el intervalo de la persistencia. Por ejemplo, si una señal ocupa un píxel el 50% del tiempo durante un período de 15 minutos, la lectura de la densidad será de 50% a lo largo de los 15 minutos, aunque el número de cuentas sea cada vez mayor.

### Resolución del eje-Z

Otro factor que puede causar el “floreamiento” del color es de desbordamiento de los contadores. Si el contador de un píxel sólo

puede contar hasta 1000 cuentas, sus valores de densidad y color se recortan al 100% después de tan sólo 1000 cuentas, incluso si los puntos de forma de onda siguiesen llegando al mismo píxel. Como los puntos de las formas de onda se escriben en el mapa de bits a velocidades cercanas a 300k/seg, las cuentas crecen muy rápido en el caso de las señales muy repetitivas. Los contadores de mayor capacidad permiten un mayor número de cuentas; por ello, el desbordamiento ocurre mucho más tarde, como se muestra en la Figura 28.

	RSA6000 Series Standard	RSA6000 Series Option 20
Hit Count	16-bit integer	36-bit custom float (equivalent to 33-bit integer)
Maximum Hit Count	2 <sup>16</sup> (65,536)	2 <sup>33</sup>
Minimum Time until Overflow (for pixels with 100% density)	<50 msec	8.1 hours

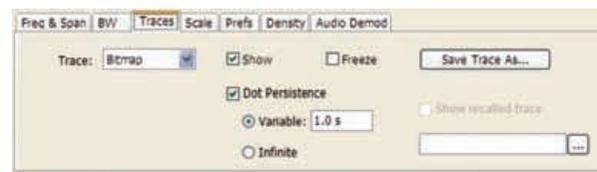
El recorte debido al desbordamiento de los contadores en una o más celdas no se producirá hasta que hayan pasado horas o incluso días. Una ventaja adicional de disponer de contadores de mayor capacidad es la de obtener una mejor resolución visual de la densidad. Los RSAs con el hardware DPX de más altas prestaciones instalado, utilizan contadores de punto flotante para contar las trazas de los espectros que pasan por cada píxel, lo cual permite contar miles de millones de formas de onda manteniendo una resolución de una sola cuenta y proporcionando un rango dinámico mejor de 99 dB para las medidas de densidad. Las medidas de densidad en i%, n% e incluso rangos de f% son bastante posibles para las señales extremadamente raras capturadas con persistencia infinita.

Gracias a la asignación directa entre la densidad y el color (ajuste de la curva 1), la resolución se fija por el número de colores de la paleta. Para las asignaciones no lineales (ajustes de la curva mayor o menor que 1), la mayoría de los colores se concentran en los extremos altos o bajos de la escala de densidad; por ello, se pueden discriminar visualmente las diferencias más sutiles entre los valores de densidad de ese rango.

### Ajustes de la persistencia

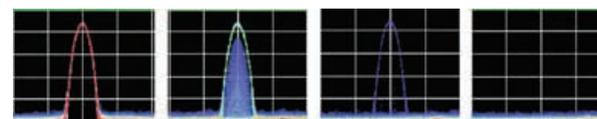
La persistencia de los puntos se puede habilitar para traza del “Mapa de bits” utilizando el panel de control de configuración (Settings). La persistencia se puede mostrar como infinita o variable. En el caso de la persistencia variable, se puede seleccionar los segundos del tiempo de desvanecimiento como se muestra en la Figura 29.

Figura 29. El panel de control para la configuración de la traza permite al usuario definir el control de la persistencia.



Al ajustar la constante de tiempo y observar el comportamiento de la pantalla con intervalos de persistencia a corto y largo plazo, si la señal es continua en lugar de pulsada o con saltos, se pueden ver los efectos de la persistencia activando y desactivando la señal.

Figura 28. Comparación de la resolución del eje-Z del DPX y sus efectos en la saturación.



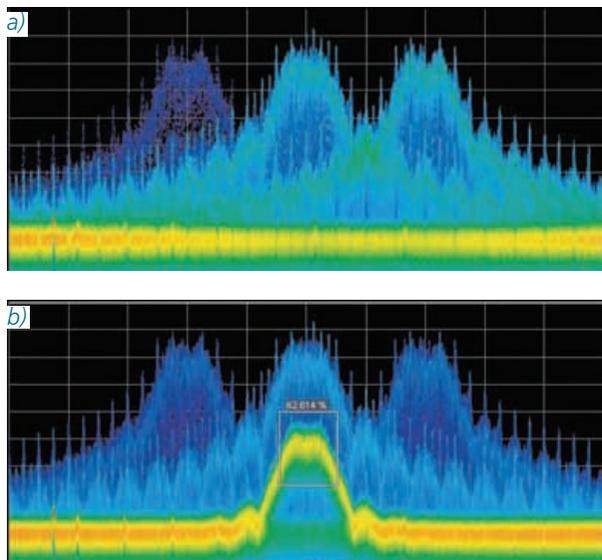
En la figura 30 se muestra el comportamiento observado al utilizar la persistencia variable en el caso de una señal breve de CW, representada en el primer cuadro y como se desvanece siguiendo los colores de la paleta de color de temperatura. Incluso si el evento fuese instantáneo y apareciese en una sola pantalla, dependiendo del ajuste de duración de la persistencia variable, se observaría un desvanecimiento indicado por el cambio de colores correspondiente a la disminución de densidad espectral hasta que la señal desapareciese.

Figura 30. Gracias a la persistencia variable, una breve señal de CW es capturada con DPX y permanece en la pantalla durante un período de tiempo ajustable antes de desvanecerse.

### Densidad de disparo DPX

La pantalla estándar obtenida con DPX muestra una imagen clara de los transitorios y de otras señales difíciles de encontrar. La nueva versión de DPX incluida en la opción 200 del RSA6000 200 va mucho más allá en la ayuda para descubrir estas

Figura 31. Ejemplo de la función de disparo por densidad. a) Una pantalla del espectro DPX adquirida en el modo "Free-Run" mostrando pulsos de una frecuencia variable. En ocasiones, un breve impulso aparece por un instante en el medio de la pantalla, pero es difícil de capturar utilizando solo en botón de "Run/Stop". b) La pantalla del espectro DPX obtenida mediante un disparo muestra la baja amplitud del pulso que no era evidente en la pantalla obtenida sin disparo (FreeRun). El analizador se ajustó para disparar en cualquier momento que la densidad dentro de la ventana definida por el usuario midiera un 50% de densidad o más.



señales difíciles de encontrar, utiliza un disparo basado en su apariencia para lograr su captura en la memoria de adquisición y a continuación poder efectuar un análisis en profundidad. Si las señales se pueden ver en el mapa de bits DPX, se puede disparar sobre ellas. Es tan fácil como apuntar y hacer clic. Otros métodos de disparo pueden detectar señales que superan un umbral de amplitud, o incluso se puede utilizar una sofisticada máscara amplitud vs. frecuencia, pero no puede encontrar una señal en una frecuencia particular si otra señal de mayor amplitud está presente a veces en esa misma frecuencia. El disparo "Runt" da solución en algunos casos donde hay señales con una amplitud inferior a la de otras, pero no en todos. Como se muestra en la figura 31, sólo el disparo por densidad DPX puede discriminar señales dentro de un rango preciso de amplitud-frecuencia sin que el operador tenga que saber todas las características de la señal sobre la que intenta disparar, ni además sobre el lugar donde podría aparecer la señal dentro del gráfico del espectro DPX.

El disparo por densidad utiliza la misma ventana de medida dibujada en la pantalla como en las medidas de densidad DPX. Mientras que la señal deseada está ausente, la medida de la densidad caracteriza las señales como "normales" dentro de la ventana. Cuando la señal buscada aparece finalmente, la densidad aumenta de valor. El sistema de disparo controla la medida de la densidad y activa el disparo cada vez que el valor de la densidad supera el umbral seleccionado de densidad. En lo único que se tiene que pensar es en fijar este umbral a un nivel intermedio entre las lecturas de densidad normal y de densidad diferente debido a señales con problemas. Sin embargo, el software del instrumento puede calcular el valor umbral de forma automática.

## Disparo "Trigger On This™"

El disparo "Trigger On This™" permite configurar el disparo por densidad DPX con solo apuntar y hacer clic. Utilizando el ejemplo de una señal variable en el tiempo, haciendo clic con el botón derecho del ratón sobre un punto dentro del espectro DPX o presionando y manteniendo el dedo sobre la pantalla táctil de la serie RSA6000 durante un segundo, aparecerá un menú de selección. Al seleccionar "Trigger On This" aparecerá una zona enmarcada y se habilitará el disparo por densidad

DPX para ajustar automáticamente el umbral. La pantalla con el espectro DPX se limita ahora a actualizarse cada vez que se supera el umbral automático. Posteriormente, si es necesario debido a la naturaleza de la señal, se puede abrir el panel de control del disparo para ajustar el umbral de la densidad o el tamaño de la zona de medida hasta que el evento sea capturado de forma fiable.

## Ajuste automático del umbral de disparo mediante "Trigger On This™"

El umbral de densidad del disparo ajustado automáticamente por "Trigger On This™" es del 80% del valor medido. Si la señal está presente en el momento que se seleccionó "Trigger On This™", el umbral será un 20% menor que la densidad de la señal, así que la próxima vez que la señal está presente el tiempo suficiente (o lo esté bastantes veces) para superar el umbral de densidad, provocará el disparo. Si la señal no estaba presente en el momento que se seleccionó "Trigger On This™", el valor del umbral será aún menor. Si se hace clic con el ratón en una parte de la pantalla donde no hay actividad de la señal en absoluto, el umbral se ajusta a cero. Cualquier señal que se aparezca aquí provocará el disparo, como se muestra en la Figura 32.

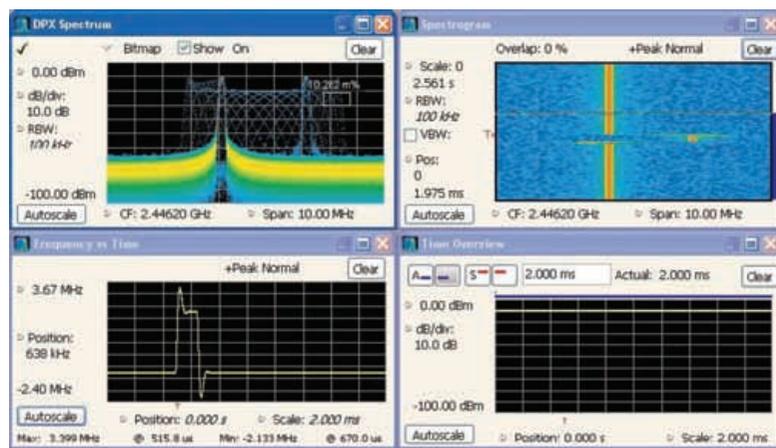


Figura 32. El analizador ha disparado cuando la densidad en la zona de medida DPX ha superado el umbral fijado para el modo disparo "Trigger On This". En las ventanas del "Espectrograma" y de "Frecuencia-vs-Tiempo" se puede ver que el evento que causó el disparo fue un rápido salto de frecuencia. La ventana de "Time Overview" muestra que la amplitud de la señal nunca cambia, por lo que un disparo basado en el nivel de potencia no habría funcionado.

### Resolución temporal del disparo por densidad espectral utilizando DPX

La resolución temporal de las medidas de densidad con DPX es de alrededor de 50 ms, una actualización de pantalla. La implementación del concepto de disparo por densidad DPX está basada también en la actualización de la pantalla, por ello un evento de disparo que se produzca en cualquier lugar dentro de las múltiples adquisiciones que componen una pantalla no se reconocerán hasta el momento de la actualización de la pantalla. Por lo tanto, la incertidumbre de este disparo es de 50 ms.

El disparo por densidad utilizando DPX no siempre tiene que esperar hasta la actualización de la pantalla para disparar. En la configuración común de disparo cuando la densidad medida es superior al umbral, la medida de la densidad en el disparo puede ser calculada muchas veces dentro del conjunto de adquisiciones que se utilizan para formar cada imagen en la pantalla y se puede utilizar para que el disparo ocurra en cuanto se supere el umbral.

Vamos a considerar el caso en que el umbral es cero. Tan pronto como una sola forma de onda cause el incremento del contador de una celda (píxel) dentro de la zona seleccionada de medida, se sabe que la densidad es mayor que cero. Se tardará un poco más si el porcentaje de densidad se ajusta al 5% o 10% de densidad y más aún para los umbrales cercanos al 100%.

El disparo por densidad utilizando DPX se puede configurar también para que ocurra cuando la densidad medida esté por debajo del valor umbral. Esto es útil cuando se sospecha que la señal falta una parte del tiempo. Para una señal que se supone es del tipo CW, se pueden ajustar los controles de disparo para realizar una adquisición cuando la medida de la densidad del pico de la señal cae por debajo del 100%. Cuando se utiliza el modo "menor que" en el disparo por densidad DPX, la resolución es el tiempo de actualización de las pantallas. Esto se debe a que no se puede estar seguro de que la densidad real es menor de, digamos un 15%, hasta haya transcurrido al

menos un 85% del tiempo de prueba. A fin de mantener las cosas simples y rápidas en el módulo de disparo, el RSA sólo espera hasta el final de cada uno de los 50 ms que se requieren para actualizar la pantalla para hacer las comparaciones "menor que".

### Persistencia y disparo por densidad utilizando DPX

El efecto de suavizado de la persistencia en las medidas de densidad puede ayudar a determinar un buen valor umbral. Con la persistencia desactivada, las lecturas de densidad de señales infrecuentes saltan entre valores altos y bajos, ya que aparecen (ON) y desaparecen (OFF) y puede ser difícil leer los números que están parpadeando. Al activar la persistencia, se le indica al instrumento que debe promediar la densidad sobre un período de tiempo más largo. La densidad resultante se encuentra entre los valores de densidad de "ON" y "OFF" - la misma definición de un buen umbral de disparo.

A diferencia de las medidas de densidad DPX, el disparo por densidad DPX no se ve afectado en modo alguno por la persistencia. Los cálculos de densidad en el sistema de disparo se hacen con los datos de los contadores de las celdas (píxeles) para cada pantalla individual de 50 mseg, antes de que se aplique cualquier persistencia. Incluso

cuando la lectura de la medida de la densidad en la pantalla es un promedio de muchas pantallas de 50 mseg debido a la persistencia, el disparo calcula la densidad para cada pantalla y la compara con el valor umbral.

### Descubrimiento de señales poco frecuentes con DPX

La tecnología DPX de los analizadores de espectro de Tektronix garantiza el 100% de probabilidad de interceptación de eventos de señales poco frecuentes tan breves como 10,3 íseg. También proporciona una representación verdadera de las múltiples señales que ocupan el mismo rango de frecuencia. Gracias a los últimos avances en la tecnología DPX se pueden hacer ahora medidas de la densidad de la señal, disparar sobre cualquier señal que sea visible y realizar barridos de varios GHz utilizando DPX y ver a continuación el espectro total en la pantalla.

Más espectacular que cualquier especificación técnica es experimentar lo rápido que se descubren y resuelven los problemas. Ahora con la tecnología DPX, se pueden ver claramente las señales de tipo fugaz. Ya no se necesita saber el tamaño, la forma o la ubicación de las señales que pueden estar presentes, ni siquiera que existen. DPX simplemente se las enseña. 



Figura 33. La visualización del espectro con DPX ofrece una capacidad visual intuitiva mediante colores en vivo que permite ver los cambios transitorios de la señal en el dominio de la frecuencia, transmitiendo una inmediata confianza sobre la estabilidad del diseño o visualizando inmediatamente un fallo cuando se produzca.