

# Análisis de Espectro: Descubrir lo invisible

Por el Dr. Wolfgang Wendler



www.rohde-schwarz.com

El Dr. Wolfgang Wendler es el Product Manager de analizadores de espectro de Rohde & Schwarz

*Rohde & Schwarz acaba de desarrollar un nuevo analizador de tiempo real, R&S FSVR, que proporciona una captura de señal sin pérdida de información.*

*Se trata del primer instrumento del mercado que combina un analizador de espectro y señal con capacidad de análisis en tiempo real. El R&S FSVR captura el espectro en frecuencia sin pérdida de información y lo muestra en un ancho de banda de hasta 40 MHz. Hay disponibles varios formatos de visualización. Funcionalidades como el modo espectrograma y persistencia aseguran que ningún evento, breve o esporádico, permanezcan ocultos al usuario. Con su disparo selectivo en frecuencia, el analizador también es capaz de detectar y examinar señales que ocurren esporádicamente en el espectro. Las capacidades del analizador de señal y espectro del equipo están basadas en el R&S FSV. Incluye todas las funciones y propiedades que requiere un instrumento de medida de estas características.*

Un problema conocido para los ingenieros de desarrollo que trabajan en el campo de ingeniería de radio frecuencia son las interferencias que afectan a señales de RF. Estas podrían ser causadas por eventos breves o esporádicos en el dominio de la frecuencia, por el comportamiento espectral de fuentes de señal durante conmutaciones de frecuencia, o por circuitos digitales. Identificar las causas de problemas como estos supone normalmente un reto, y pueden consumir mucho tiempo. En estas situaciones, el R&S FSVR ayuda a analizar errores y a caracterizar señales.

## Análisis de espectro en tiempo real hasta 30 GHz

En modo tiempo real, el R&S FSVR (fig. 1) captura señales de RF sin pérdida de información en el dominio del tiempo con un ancho de banda de hasta 40 MHz, las transforma en el dominio de la frecuencia y las muestra en el espectro. Para conseguir una resolución en tiempo elevada y por tanto, medidas de nivel precisas, incluso de señales pulsadas o de corta duración, el R&S FSVR puede superponer las ventanas temporales de la transformada rápida de Fourier (FFT) en el 80 por ciento. Debido a que todos los datos capturados se procesan en tiempo real sin ningún hueco, los usuarios no pierden ninguna señal, incluso siendo muy breves. El R&S

FSVR es el primer analizador que proporciona esta capacidad en tiempo real para frecuencias de entrada hasta 30 GHz o, con un mezclador externo, incluso hasta 110 GHz.

El R&S FSVR digitaliza la señal de RF con una tasa de muestreo de 128 MHz y la transforma en frecuencia, tomando hasta 250,000 espectros por segundo en el proceso. Debido a que el ojo humano no puede registrar tal número de espectros, el R&S FSVR combina los datos obtenidos en un detector y muestra los resultados a una tasa de refresco de aproximadamente 30 veces por segundo. Esto es aproximadamente la tasa de refresco que el ojo humano es capaz de procesar. El detector de pico asegura que no se pierde señal de RF en el rango de frecuencias mostrado y que aparecen todas las señales que se producen en ese período.

Cuando se opera en este modo, el R&S FSVR combina múltiples espectros en una única traza, lo que reduce de manera significativa la resolución temporal. Para proporcionar una imagen clara del espectro en función del tiempo, el R&S FSVR ofrece una amplia variedad de funciones de medida y pantallas de visualización.

## Modo Persistencia para visualizar la probabilidad de sucesión de señales

El modo persistencia ofrece una forma de visualizar señales extremadamente cortas. El R&S FSVR superpone los espectros sin ninguna pérdida de información en un mismo diagrama. Dependiendo de la frecuencia con la que se produzca una señal específica con una amplitud dada, el R&S FSVR cambia el color del píxel correspondiente en pantalla. Por ejemplo, señales que están presentes de forma continua se muestran en rojo, mientras que señales poco frecuentes se muestran en azul. Si las señales dejan de ocurrir, desaparecen de la pantalla cuando finaliza el tiempo de persistencia elegido. El modo persistencia representa una especie de histograma espectral. Es una herramienta muy útil cuando se investigan señales que se producen de manera irregular. Por ejemplo, para analizar el comportamiento de la respuesta transitoria de un PLL. Una



Figura 1. Analizador de espectro en tiempo real R&S FSVR de Rohde & Schwarz.

visualización completa, sin pérdida de información con ponderación de probabilidad, proporciona una nueva visión del comportamiento dinámico de un sistema en el dominio de la frecuencia. Los usuarios pueden ver si un transmisor hace saltos de frecuencia rápidos o si hay cambios significativos en la amplitud para períodos cortos de tiempo. Efectos como estos, que pueden afectar considerablemente al comportamiento de un sistema completo, son difíciles de detectar usando analizadores de espectro de barrido.

La figura 2 muestra una medida típica. El analizador captura y muestra señales muy cortas, aportando una imagen completa de la variación en el tiempo de las frecuencias y amplitudes que ocurren en el dominio de la frecuencia.

### Función de Espectrograma para almacenar espectros sin pérdida de información

El modo persistencia abre nuevas posibilidades a los usuarios para analizar errores mediante la visualización de la variación temporal de señales en el dominio de la frecuencia. Para capturar de forma precisa esta variación temporal, el R&S FSVR incluye una función de espectrograma. Asigna un color a la amplitud de la señal, permitiendo mostrar el espectro sólo con una única línea horizontal. El espectrograma se va creando de manera continua añadiendo las líneas horizontales. En modo tiempo real, el espectrograma proporciona una imagen del espectro en función del tiempo sin pérdida de información.

En modo espectrograma, el R&S FSVR captura y almacena hasta 10,000 trazas por segundo y las escribe en un buffer. Aquí también, el analizador usa un detector para comprimir los datos a visualizar. El tamaño de la memoria del buffer es la suficiente para grabar hasta 100,000 trazas. Dependiendo de la tasa de actualización seleccionada, el R&S FSVR puede medir de manera continua durante un período de hasta 5 horas.

Para permitir examinar en detalle las medidas realizadas, el analizador proporciona marcadores que se pueden mover a lo largo de los ejes del tiempo y frecuencia. Por ejemplo, esto es muy práctico para medir la duración o los intervalos de eventos

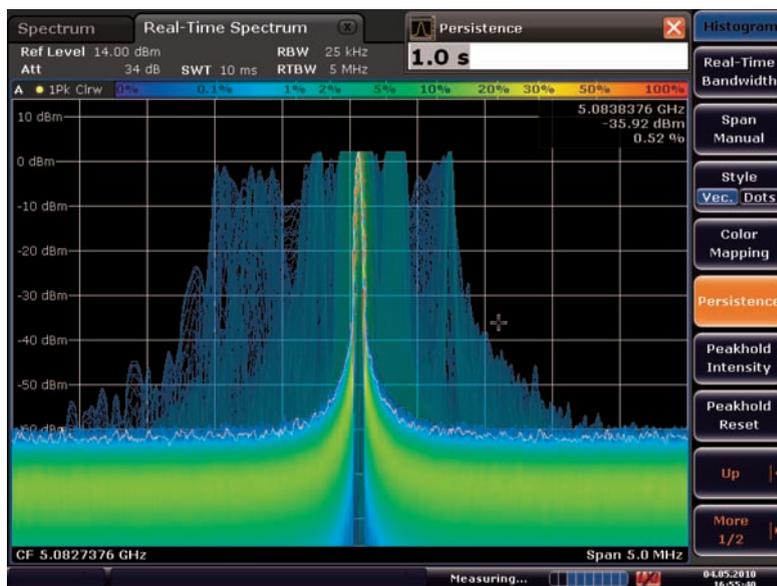


Figura 2. Respuesta transitoria de VCO para aplicaciones WLAN en modo persistencia.

para una frecuencia dada (Fig. 3), y así simplifica enormemente la monitorización de bandas de frecuencia sin pérdida de información. Esto es válido, no sólo en el contexto de monitorización de frecuencia, sino también es útil para ingenieros que busquen señales interferentes intermitentes. Incluso para transmisiones radio que implican cambios de frecuencia (como es el caso de RFID o Bluetooth®), el R&S FSVR es una herramienta inestimable para hacer el seguimiento de los saltos de frecuencia y determinar características del transmisor. Esto hace mucho más sencilla y rápida la tarea de encontrar errores esporádicos en el tratamiento de la frecuencia de transmisores o interferencias esporádicas de circuitos digitales.

### Disparo de eventos en el espectro de señal

La información adquirida mediante el espectrograma también se puede usar para definir un disparo en el dominio espectral, conocido como disparo por máscara de frecuencia (FMT). El FMT reacciona a eventos en el espectro. El R&S FSVR evalúa todos los espectros individuales – con una tasa de hasta 250,000 espectros por segundo – y compara cada espectro con una máscara predefinida en función de la frecuencia. Si una traza no cumple con la máscara, el R&S FSVR genera un evento de disparo y muestra el espectro en pantalla, o dispone los datos capturados para un procesamiento posterior.

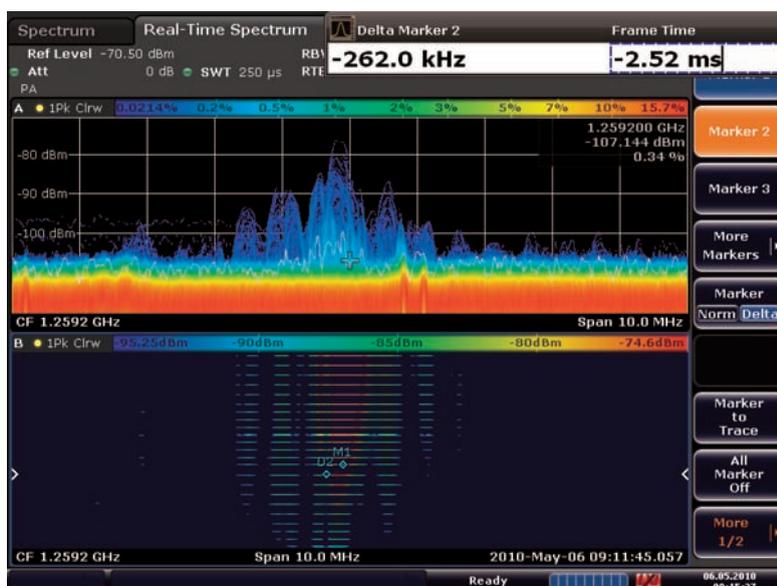
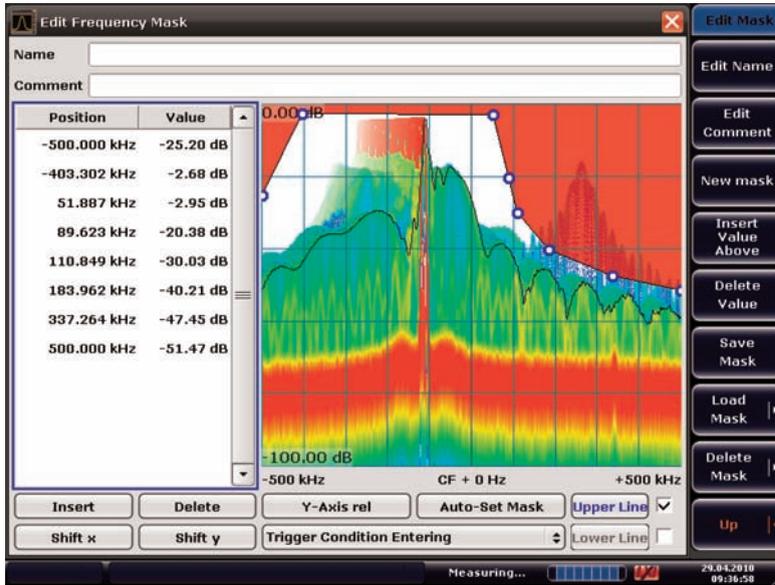


Figura 3. Señal radar de aeropuerto. El espectrograma muestra la estructura pulsada de la señal y permite medir la tasa de repetición del pulso de 2.5 ms.

Figura 4. Ventana de configuración de línea límite para disparo por máscara de frecuencia (FMT). Se muestra la traza actual, y los puntos individuales para la línea límite se pueden introducir bien manualmente y accediendo a la posición deseada en la pantalla, o bien se ajustan automáticamente. Aquí, el usuario está disparando en una señal de error de aproximadamente 400 kHz por encima de la frecuencia de la señal actual de una fuente de barrido. La señal de error es extremadamente corta y por tanto, difícil de detectar utilizando un analizador de espectro convencional.



La máscara para el disparo espectral se puede definir de manera sencilla mediante la pantalla táctil del R&S FSVR. Se proporcionan tablas estructuradas de forma clara y gráficos a los usuarios para adaptar máscaras de forma rápida. La figura 4 da una idea de cómo los usuarios pueden trabajar de forma sencilla y eficiente con el analizador. Los usuarios pueden definir una línea límite inferior y otra superior. Las condiciones de disparo descritas más arriba pueden ser especialmente útiles cuando la señal monitorizada tiene que permanecer dentro de una banda de tolerancia determinada.

El R&S FSVR tiene una memoria I/Q de 200 Mmuestras. Esto significa que, incluso con anchos de banda y tasas de muestreo elevados, puede almacenar espectros sin pérdida de información sobre períodos de tiempo prolongados.

### Analizador de espectro y de señal completo

Cuando el funcionamiento en tiempo real está desactivado, el R&S FSVR trabaja como un analizador de espectro de barrido o un analizador de señal. Barre el rango de frecuencias seleccionado (hasta 30 GHz, dependiendo del modelo) y muestra el espectro. Con un tiempo de barrido mínimo por debajo de una décima de segundo para el rango de frecuencias completo de 30GHz, es excepcionalmente rápido. Ofrece un rango de anchos de banda de resolución muy amplio desde 1 Hz a 10 MHz. A diferencia del modo en tiempo real, el ancho

de banda de resolución es configurable por el usuario y no está acoplado con el span seleccionado. Además de filtros de barrido extremadamente rápidos, el analizador también proporciona filtros de canal y coseno alzado para estándares de radio móviles. Como en todos los analizadores de espectro de Rohde & Schwarz, el R&S FSVR ofrece un amplio rango de funciones de medida estándar, incluyendo medidas de potencia en canal adyacente, máscara de emisión del espectro, interceptación de tercer orden (TOI), CCDF y emisiones espúreas.

Con un nivel de incertidumbre de medida de 0.4 dB hasta 7 GHz, el R&S FSVR proporciona resultados precisos y fiables. En términos de incertidumbre de medida total, proporciona un funcionamiento destacado, como el analizador de espectro y señal R&S FSV. Con la opción R&S FSV-K9, también se puede conectar directamente a sensores de potencia R&S NRP, evitando la necesidad de tener un medidor de potencia aparte en situaciones que requieran una precisión de medida especialmente elevada.

El R&S FSVR ofrece un funcionamiento de RF excepcional para un analizador de espectro de propósito general:

- Nivel de ruido promedio mostrado (DANL) -155 dBm (1 Hz) a 1 GHz, -147 dBm (1 Hz) a 30 GHz
- DANL con preamplificador: -163 dBm (1 Hz) a 1 GHz, -162 dBm (1 Hz) a 30 GHz
- DANL de sólo -140 dBm (1 Hz) comenzando en 9 kHz
- Interceptación de tercer orden (TOI) típ. +16 dBm ( $f < 3.6$  GHz)

- Ruido de fase a 10 kHz de offset de portadora: -106 dBc (1 Hz), típ. -110 dBc (1 Hz)
- Rango dinámico ACLR para 3GPP WC-DMA: 73 dB
- Anchos de banda de resolución desde 1 Hz a 10 MHz, 20 MHz/40 MHz en span cero

Con más de 1000 barridos por segundo, el R&S FSVR es hasta cinco veces más rápido en análisis espectral que otros analizadores de espectro y señal. Esto no sólo ayuda a acelerar sistemas de fabricación, sino también a reducir el tiempo en R&D o tests de conformidad en aplicaciones en las que se tienen que realizar un gran número de medidas (tal como se requiere en numerosos estándares).

Además de incorporar amplias funcionalidades de manera estándar, el R&S FSVR ofrece opciones para funciones de medida, incluyendo medida de ruido de fase (R&S FSV-K40), figura de ruido (R&S FSV-K30), y los parámetros de señales con modulación analógica (AM/FM/PM) y digital (R&S FSV-K70).

El R&S FSVR no es sólo un instrumento válido para aplicaciones de análisis espectral, también es ideal para verificar el cumplimiento con estándares de radio móvil. Los estándares soportados actualmente son:

- GSM/EDGE/EDGE Evo
- WCDMA
- TD-SCDMA
- CDMA2000
- WLAN 802.11 a/b/g/n
- WiMAX
- LTE (TDD/FDD)

### Resumen

Al combinar la capacidad de análisis espectral en tiempo real con un análisis de señal y espectro totalmente equipado, el R&S FSVR es hoy, un instrumento único en el mercado. Sus numerosas funciones de tiempo real, fáciles de usar, suponen que los usuarios disponen de recursos de análisis nuevos y altamente eficaces a su disposición, e incluso al mismo tiempo pueden seguir trabajando con las mismas funciones de análisis espectral y señal con las que estaban familiarizados. El interfaz de usuario intuitivo, diseñado en la misma línea que los analizadores de espectro, simplifica la operación con el instrumento e integra análisis en tiempo real de forma satisfactoria dentro de un concepto de diseño de cohesión total.