

# Generación de señal para pruebas de producción de componentes de RF

Por Laura Gonzalo

Laura Gonzalo, Departamento de Soporte Técnico - División Instrumentación de Rohde&Schwarz España.



*Las pruebas de producción de componentes de RF se llevan a cabo utilizando señales de prueba generadas por generadores de señal de RF. Los parámetros clave para estas señales de prueba incluyen propiedades espectrales (ruido de fase, ruido de banda ancha, armónicos/no armónicos), así como una alta precisión de nivel, un alto nivel de salida y tiempos de establecimiento cortos. Unas buenas propiedades del generador se traducen en una menor influencia en los resultados de medida de los componentes de RF.*

## Alta precisión de medida y rendimiento máximo deseado

Los fabricantes de componentes de RF que buscan el generador de señal de RF correcto, deberían elegir un equipo que ofrezca la más amplia funcionalidad y unas buenas especificaciones técnicas. Para reducir al mínimo el número de fuentes de señal diferentes requeridas en producción, el equipo debe trabajar en tantas pruebas distintas como sea posible y sobre una amplia variedad de componentes. Las pruebas de producción convencionales en componentes de RF son:

- Medida de parámetros de RF de un mezclador, como interferencia LO/RF, linealidad, aislamiento y pérdidas de inserción
- Medida de la ganancia así como de las propiedades no lineales (punto de intercepción y punto de compresión a 1 dB) de amplificadores de RF
- Pruebas en convertidores A/D y D/A (rango dinámico libre de espúreos y valores S/N)

De manera convencional, los mezcladores se organizan en varias clases de linealidad que son diferenciadas por su máxima potencia de entrada de RF y la potencia de LO requerida. Esta potencia de LO puede ser superior a 20 dBm y debe estar disponible en el setup de medida.

Hay que tener en consideración cualquier pérdida de nivel debido a los cables o a la adaptación del dispositivo.

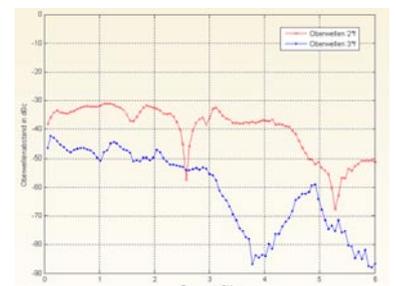
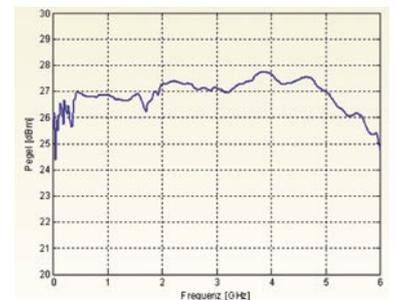
Durante la medida del punto de intercepción (normalmente de tercer orden), las señales de salida de dos generadores de señal de RF se combinan usando un combinator de potencia. Con eso se consigue generar una señal de dos tonos con una relación de intermodulación muy alta. Se producen pérdidas de potencia durante este proceso (6dB para acopladores resistivos de banda ancha), que se deben tener en cuenta en la señal de salida del generador de RF.

El punto de compresión a 1 dB (P1dB) define el nivel donde la ganancia baja 1dB con respecto a la característica de un amplificador ideal (lineal). Para determinar el P1dB, primero se mide la ganancia con baja señal, y después se determina el nivel de entrada del amplificador donde la ganancia es 1dB menor. El punto de compresión a 1dB del dispositivo es la potencia de salida medida posteriormente más 1dB. Durante las pruebas de módulos de amplificadores de potencia, en particular, se requiere una potencia de entrada elevada con buena linealidad de nivel. Los amplificadores para aplicaciones de radio móvil (e.j. para amplificadores GSM) normalmente son convenientes sólo para señales pulsadas. Para evitar dañar el amplificador, debe haber disponibles señales de prueba pulsadas.

En el caso de medidas en componentes de señal mixtos, como convertidores D/A o A/D, son necesarias señales de RF para sincronizar el convertidor, mientras que adicionalmente se necesitan señales de entrada analógicas para los convertidores A/D. Cuando se mide el rango dinámico libre de espúreos (SFDR) de un convertidor, estas señales de entrada deben tener una supresión de espúreos suficientemente alta. La supresión de espúreos para la señal

de entrada analógica de un convertidor A/D debe ser mejor que el valor SFDR a medir. Esta es la razón por la que el ruido de fase y el ruido de banda ancha del generador de señal de RF son decisivos a la hora de determinar la relación señal a ruido. El ruido de fase y el ruido de banda ancha deben ser suficientemente buenos para tener un efecto lo más pequeño posible en los resultados de medida.

## Potencia necesaria para producción



El R&S SMB100A (Fig. 1) de Rohde & Schwarz es un generador de señal que proporciona una potencia de salida máxima muy alta, típicamente +25 dBm en un rango de frecuencias de 1 MHz a 6 GHz (Fig. 2).

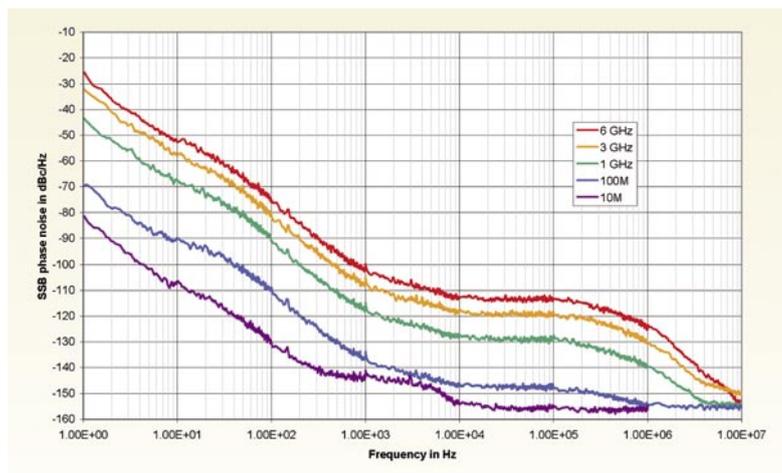
Debido a esta elevada potencia, el propio dispositivo proporciona buena supresión de armónicos, incluso a potencias de salida altas (Fig. 3). Esto reduce el esfuerzo para filtrar armónicos, algo necesario para determinadas medidas (e.j. para la señal de entrada analógica durante medidas de SFDR en convertidores A/D). El disponer de una alta potencia de salida, normalmente hace innecesaria una etapa de salida externa adicional en sistemas de producción. Esto no sólo

Figura 2. Máximo nivel de salida del R&S SMB100A.

Figura 3. Supresión de armónicos medida con un nivel de salida de +18 dBm.

Figura 1. El generador R&S SMB100A está disponible en varias configuraciones para rangos de frecuencia de hasta 6 GHz.





ahorra gastos iniciales, sino que simplifica la calibración e incrementa la precisión de la medida.

### Alta precisión de medida para pruebas en convertidores A/D y D/A

Un factor decisivo para conseguir unas buenas propiedades espectrales de un generador de señal es el sintetizador de RF, que fue implementado en el R&S SMB100A como un sintetizador de lazo basado en DDS. Un algoritmo recién desarrollado, patentado para la generación de frecuencias DDS hace posible conseguir propiedades espectrales que no eran posibles con los sintetizadores convencionales. En el rango de frecuencias hasta 1500 MHz con valores de ruido de fase excelentes, se consigue una supresión de no armónicos típica de  $-85$  dBc (Fig. 4).

Estas buenas propiedades espectrales se aplican en el rango de frecuencias completo del R&S SMB100A. Si se necesita generar frecuencias más bajas, por ejemplo para un rango de frecuencias menor a 250 MHz, normalmente se usa un downconverter. Este convertidor mezcla la señal del sintetizador de frecuencias con una LO fija (e.j. 1 GHz), dando como resultado una disminución de la pureza espectral de la señal en este rango. Para prevenir esto, el rango del divisor del R&S SMB100A se ha expandido a 23 MHz. Por debajo de esto, el sintetizador DDS genera la señal de salida directamente. Como resultado, el ruido de fase es significativamente mejor a frecuencias de salida más bajas que en los diseños convencionales con un downconverter (Fig. 5). Se aplicaría lo mismo para no armónicos. El ruido de banda ancha, que

es un parámetro particularmente importante cuando se analizan convertidores muy rápidos, es típicamente  $-155$  dBc en el rango de frecuencias hasta 750 MHz.

Una buena pureza espectral del generador de señal de RF aporta una ventaja de distinción durante el análisis de convertidores A/D o D/A (medidas SFDR o S/N) en particular debido a que las tasas de reloj de los convertidores normalmente están en el rango de algún MHz hasta varios cientos de MHz (convertidor de alta velocidad).

### Rendimiento

Un tema importante en producción es conseguir el máximo rendimiento posible. Por tanto, en sistemas de prueba automáticos, es esencial que el equipo de medida se pueda configurar de manera rápida. El tiempo de establecimiento de nivel se define como el tiempo que necesita el generador de señal para que el nivel de salida llegue a un nivel dentro de 0.1 dB del valor total. El R&S SMB100A se caracteriza por un tiempo de establecimiento de nivel de 1.2 ms y un tiempo de establecimiento de frecuencia promedio de 1.6 ms durante la operación remota. Esto se consigue a través del uso de un sintetizador muy rápido, control de nivel con un ancho de banda elevado, y conmutaciones de RF rápidas en las etapas de la señal. En el panel trasero del generador de señal de RF, hay incluso una salida de señal válida donde se señala la finalización del proceso de establecimiento. Esto permite disparar directamente por hardware medidas posteriores, optimizando la velocidad de test.

Otro factor significativo para la velocidad de test, y por tanto para el rendimiento, es cómo se controla el generador. El R&S SMB100A tiene interfaces integrados

como GPIB, USB, y Ethernet (TCP/IP), así como los drivers convencionales (e.j. LabView, LabWindows/CVI, VXIplug&play, etc). En lugar de controlar el instrumento usando comandos individuales, es útil el modo Lista integrado, para aplicaciones críticas en tiempo durante las pruebas de producción debido a que este modo reduce el tiempo de establecimiento promedio para el R&S SMB100A a unos 650  $\mu$ s. En modo Lista, se pueden almacenar en la memoria interna del generador, una secuencia de test completa con hasta 2000 configuraciones. Las configuraciones almacenadas se pueden recuperar de manera secuencial con un solo comando o una señal de disparo externa.



Figura 5. Ruido de fase SSB a 20 kHz de offset: R&S SMB100A comparado con diseños convencionales.

### Tiempo de inactividad mínimo

Además del alto rendimiento, en producción se dirige también a conseguir el tiempo de inactividad mínimo. Esto significa que la potencia alimentada accidentalmente a la salida de RF no debe causar fallo en el generador: los diodos del limitador limitan la potencia aplicada en la entrada de RF, y un circuito de control usa un relé para separar automáticamente la salida de RF del conector de salida. La arquitectura presenta cuatro módulos compactos que aseguran un servicio on-site rápido y sencillo. La función de autotest integrada aporta soluciones. Los módulos defectuosos se pueden reemplazar por el usuario, manteniendo al mínimo el tiempo de inactividad y una alta utilidad. Debido a que los módulos de recambio vienen probados de acuerdo con el cumplimiento de las especificaciones, el generador de señal vuelve a estar completamente funcional inmediatamente después de reemplazar un módulo. Finalmente, el intervalo de calibración de tres años minimiza el tiempo de inactividad del sistema.