

Afrontar las dificultades de las medidas de radar y comunicaciones por satélite de banda ancha

Por Mike Flaherty, Thomas Dippon, Greg Jue, Agilent Technologies

 **Agilent Technologies**
www.agilent.com

Este artículo muestra varios ejemplos de estudio que ilustran como utilizar osciloscopios y AWG de gran ancho de banda para aplicaciones de radar y satélite de banda ancha.

Retos en las medidas de radar y satélite de banda ancha

MATLAB es una marca comercial de The MathWorks,

Los sistemas de radar y comunicación por satélite de hoy en día funcionan con frecuencias de RF/microondas como las bandas X, Ku y Ka, y pueden utilizar grandes anchos de banda de modulación (cientos de MHz o más) que pueden superar los anchos de banda de frecuencia intermedia (FI) de los analizadores de espectro y los analizadores vectoriales de señal (o FFT) convencionales actuales. Este hecho presenta complicaciones a la hora de someter a prueba los transmisores, ya que puede que no sea posible medir directamente las salidas de los transmisores de microondas/RF para caracterizar algunos aspectos del rendimiento del transmisor. Puede que sea necesario diseñar y fabricar hardware personalizado de conversión de frecuencia para bajar las frecuencias de RF/microondas a una frecuencia intermedia que pueda medirse con equipos convencionales, como un osciloscopio. Para ello puede

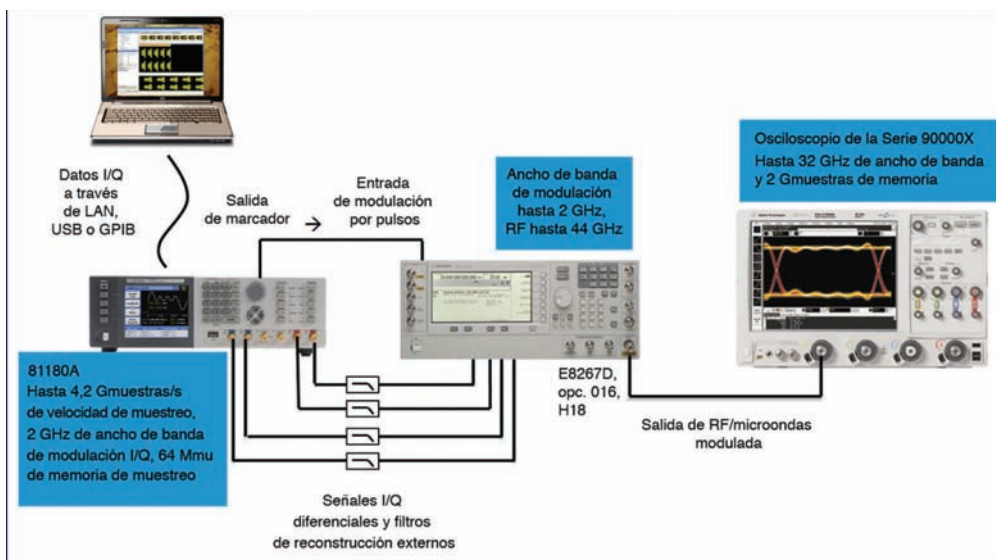
ser necesario realizar una inversión sustancial de ingeniería no recurrente (NRE) para diseñar, fabricar y probar el hardware personalizado de conversión de frecuencia. Además, el hardware personalizado de conversión de frecuencia también puede añadir sus propios desajustes de RF en la señal de prueba y enmascarar el rendimiento real del transmisor de RF/microondas sometido a prueba. El ruido de fase del oscilador local, la respuesta en frecuencia del filtro de RF/FI y el retardo de grupo, así como la distorsión de fase/ganancia del amplificador del conversor de frecuencia pueden distorsionar la forma de onda bajada en frecuencia y afectar a la medida de la magnitud del vector de error (EVM) total. De esta forma, resulta difícil calcular qué parte de la EVM medida corresponde a la salida del transmisor sometido a prueba y qué parte de la EVM corresponde al hardware personalizado de conversión de frecuencia.

Afortunadamente, los osciloscopios de gran ancho de banda representan un cambio paradigmático en cuanto a cómo los ingenieros de RF pueden medir el rendimiento de sus transmisores de RF/microondas, eliminando la necesidad de utilizar hardware personalizado de conversión de frecuencia. Los osciloscopios

de gran ancho de banda cuentan con anchos de banda de hasta 32 GHz y 2 Gpts de memoria, lo que permite a los ingenieros realizar medidas de RF/microondas directamente en los dispositivos bajo prueba que funcionan en las bandas X, Ku y Ka (hasta 32 GHz). Puede analizarse el dominio del tiempo para medir las características de RF pulsada del transmisor, como el tiempo de subida, el tiempo de bajada y el ancho de pulso. El dominio de la frecuencia puede analizarse con un software de análisis vectorial de señal (VSA) para medir características como el espectro de RF/microondas, las características de frecuencia y fase (p. ej. características de fase y frecuencia "chirp" o características de saltos de frecuencia en un espectrograma de RF), EVM y otras características claves que proporcionan a los ingenieros de RF/microondas visibilidad en cuanto al rendimiento de hardware de los transmisores de radar y comunicaciones por satélite.

Además, la creación de señales de prueba propietarias/personalizadas de gran ancho de banda para pruebas de dispositivos también puede resultar complicada con los equipos de prueba convencionales. Puede que las señales de prueba propietarias de radar y comunicaciones por satélite no sean compatibles con los equipos convencionales y que requieran que se diseñe y se fabrique una solución de prueba personalizada, que puede resultar cara y de flexibilidad limitada a la hora de admitir varias aplicaciones distintas. Los generadores de forma de onda arbitraria (AWG) de gran ancho de banda pueden utilizarse para generar señales de radar personalizadas/propietarias y señales moduladas de banda ancha para aplicaciones de comunicación por satélite. Los AWG de gran ancho de banda, combinados con generadores de señal de RF/microondas con entradas IQ de banda ancha, ofrecen flexibilidad en la creación de señales de prueba de RF/microondas de banda ancha personalizadas/propietarias para realizar pruebas en dispositivos de radar y comunicaciones por satélite.

Figura 1. Configuración de medida para crear y analizar la señal de radar chirp LFM de banda



Este artículo muestra varios ejemplos de estudio que ilustran como utilizar osciloscopios y AWG de gran ancho de banda para aplicaciones de radar y satélite de banda ancha. Se crea una señal de radar tipo *chirp* con modulación LFM (FM lineal) con ancho de banda de 2 GHz y una señal con modulación 16QAM con ancho de banda de 1 GHz, combinando el AWG con el generador de señal de RF/microondas con entradas I/Q de banda ancha. A continuación, las señales de prueba se analizan con el osciloscopio de gran ancho de banda y el software VSA.

Configuración de medida utilizada en los ejemplos de estudio de radar y 16 QAM

La configuración de medida mostrada en la figura 1 se utiliza para crear una señal de radar tipo chirp LFM de banda ancha de 2 GHz y una señal 16 QAM de banda ancha para los ejemplos de estudio.

*MATLAB® se utiliza en un PC para crear las características "chirp" LFM para una forma de onda de 2 GHz LFM ("chirp") y una forma de onda 16 QAM de banda ancha. La forma de onda simulada se descarga al generador de forma de onda arbitraria de gran ancho de banda para convertir la señal simulada en formas de onda I/Q diferenciales. Se utilizan filtros de reconstrucción externos para filtrar las formas de onda I/Q diferenciales que se introducen en las entradas I/Q externas de banda ancha del generador de señal PSG (E8267D) para crear la señal de prueba modulada de RF/microondas. La salida del PSG está conectada al canal 1 del osciloscopio de gran ancho de banda para el análisis de señal de RF/microondas. (*MATLAB es una marca comercial de The MathWorks, Inc.)

En la figura 2 se muestra una imagen de la configuración de medida. En la parte superior izquierda se observa un AWG de gran ancho de banda 81180A de Agilent; abajo a la izquierda hay un osciloscopio 90000X de Agilent con gran ancho de banda con el software VSA Agilent 89600, y abajo a la derecha se ve un generador Agilent PSG con entradas I/Q de banda ancha. En la parte superior derecha aparece un analizador de señal Agilent MXA.



Figura 2. Imagen de la configuración de medida de banda ancha

Estudio de radar chirp LFM de banda ancha

La configuración de medida de la figura 2 se utiliza para crear y analizar una señal de radar LFM (chirp) de 2 GHz de ancho. En el osciloscopio se utiliza una función MATLAB® personalizada para medir y mostrar la

envolvente de la forma de onda de RF pulsada. La utilización de algoritmos MATLAB definidos por el usuario permite procesar la señal personalizada/propietaria en formas de onda de osciloscopio para aplicaciones de radar y satélite.

Las medidas preconfiguradas (ver figura 3), como el tiempo de subida,

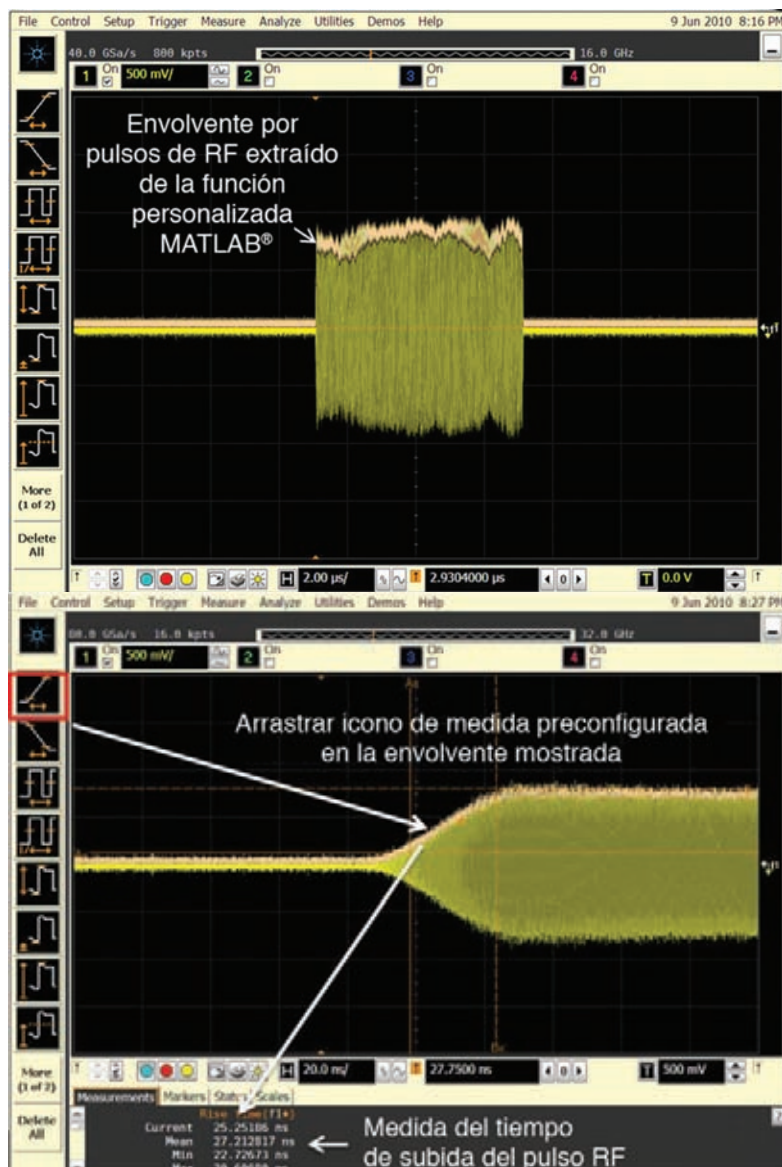


Figura 3. Medición de la envolvente de RF pulsada y el tiempo de subida realizada en la envolvente

Figura 4. Configuración de la adquisición de memoria segmentada

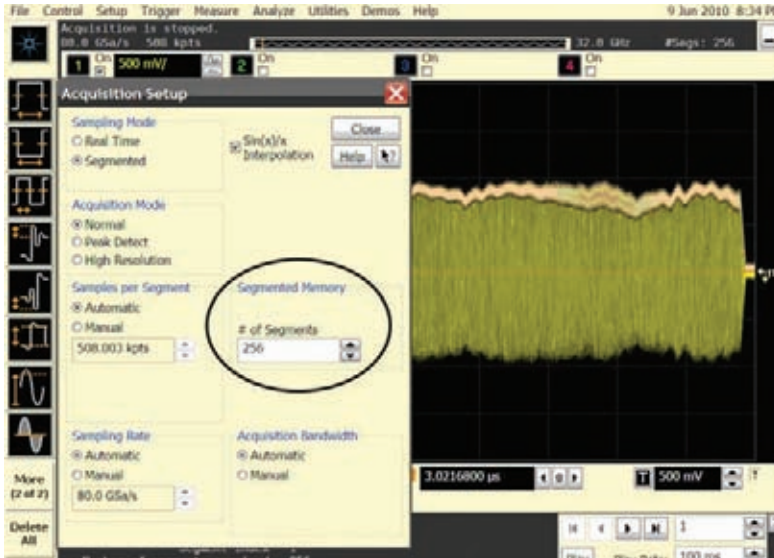
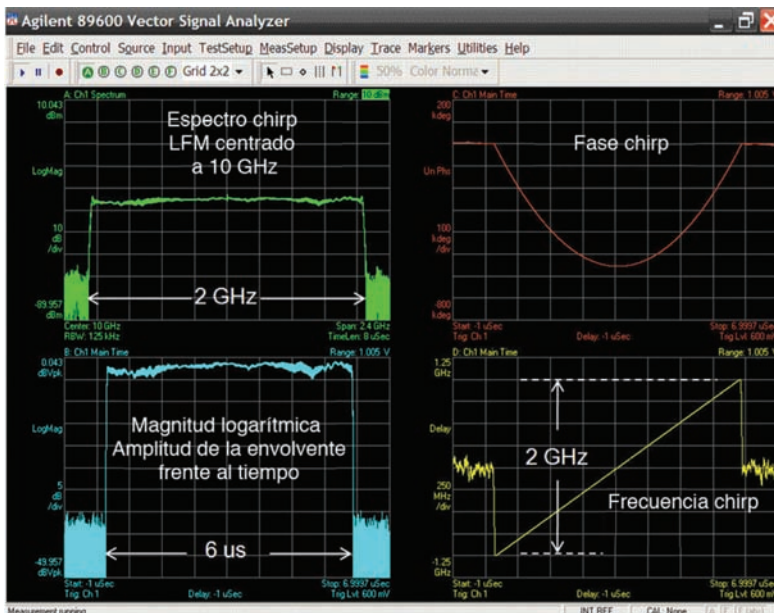


Figura 5. Medidas de radar chirp utilizando el software VSA 89600 en el osciloscopio 9000X



el tiempo de bajada y el ancho de pulso, se pueden situar en la envolvente de RF resultante para realizar medidas de radar pulsado con el osciloscopio.

La memoria profunda de captura de 2 Gpts es esencial para capturar y analizar un gran número de pulsos de radar. Además, se puede utilizar la memoria segmentada para optimizar aún más el número de pulsos de radar capturados y analizados con la memoria de osciloscopio disponible, tal y como muestra la figura 4. La memoria segmentada permite la adquisición de varios pulsos de radar capturando de forma eficaz el tiempo de actividad del pulso e ignorando el tiempo de inactividad del pulso. De esta forma se optimiza el uso de la memoria del osciloscopio para ana-

lizar un mayor número de pulsos de radar con la memoria disponible.

Utilizar la memoria segmentada implica configurar la escala de tiempo horizontal para las características de ancho de pulso de RF y especificar el número de segmentos que se van a capturar. A continuación se realiza la adquisición del osciloscopio y cada segmento de memoria (pulso de radar) puede analizarse desplazándose por cada uno de ellos.

Además de las medidas de pulsos de RF en el dominio del tiempo mostradas en las figuras 3 y 4, se pueden realizar medidas en el dominio de la frecuencia con el osciloscopio utilizando el software de Análisis Vectorial de Señal (VSA) que ilustra la figura 5.

La figura 5 muestra las medidas del VSA realizadas con el osciloscopio. El espectro LFM aparece en la parte superior izquierda, la magnitud logarítmica se muestra abajo a la izquierda, la fase chirp arriba a la derecha, y en la parte inferior derecha se puede observar la frecuencia chirp de 2 GHz de ancho.

Recuerde que la utilización del software VSA en el osciloscopio proporciona la funcionalidad y el aspecto de un analizador vectorial de señal, aunque es el software el que postprocesa los datos digitalizados de un osciloscopio en lugar de un analizador de señales de RF/microondas. Esto resulta clave para los ingenieros de RF que migran a osciloscopios para medidas de gran ancho de banda en transmisores de radar y satélite. El software VSA ofrece una interfaz de usuario familiar para el ingeniero de RF, permitiendo que los parámetros de RF tradicionales, como el span de frecuencia y el ancho de banda de resolución, se especifiquen en el osciloscopio. A continuación, procesa los datos del osciloscopio y muestra los resultados utilizando la representación de amplitud y fase del analizador vectorial de señal.

Ejemplo de estudio de 16 QAM de banda ancha

La configuración de medida de las figuras 1 y 2 también se utilizó para crear y analizar una señal 16 QAM de banda ancha. La medida resultante a 14,5 GHz con un ancho de banda de modulación 16 QAM de 1 GHz está reflejada en la figura 6.

Se mide una EVM residual (valor de referencia) de aproximadamente 1,8% con el software VSA en el osciloscopio (no se trata del dispositivo bajo prueba). Se aplica ecualización al VSA para mitigar los efectos de la planitud de amplitud y la variación de fase en la EVM. Recuerde que los resultados de estas medidas son preliminares.

Se realizó una medición más a 19,2 GHz. El ancho de banda de modulación 16 QAM se redujo a 262,5 MHz porque la frecuencia portadora más el ancho de banda de modulación se aproximaban al límite superior de frecuencia del generador de señales utilizado (hay modelos de frecuencias más altas disponibles, pero no se utilizaron en esta prueba).

La figura 7 muestra las medidas realizadas a 19,2 GHz.

Se mide una EVM residual de aproximadamente 1,4% con el software VSA en el osciloscopio. En esta medida se utiliza ecualización en el VSA.

Recuerde que los resultados de estas medidas son preliminares.

Además, aunque esta medición se realiza a una frecuencia superior que la medida de la figura 5, la EVM residual es inferior debido a que se utiliza un ancho de banda de modulación 16 QAM más estrecho.

Resumen

La utilización de osciloscopios de gran ancho de banda con software VSA permite que las salidas de transmisor de radar y satélite de banda X, Ku y Ka se midan y analicen directamente (hasta 32 GHz) sin necesidad de utilizar hardware personalizado de conversión de frecuencia. De esta forma, el ingeniero de RF puede comprobar el rendimiento del hardware del transmisor real sin que el hardware de conversión de frecuencia externo pueda introducir desajustes.

El software VSA en el osciloscopio añade una capacidad de medida clave para el ingeniero de RF/microondas, con una interfaz de usuario familiar y las ventajas del gran ancho de banda del osciloscopio. Se midió una EVM residual baja para una señal 16 QAM de banda ancha con 1 GHz de ancho de banda de modulación utilizando el osciloscopio y el software VSA. Las características de radar como la frecuencia y la fase chirp también se midieron en la señal chirp LFM de 2 GHz utilizando el software VSA. Al utilizar el AWG de gran ancho de banda y el generador de señal de RF/microondas con entradas IQ de banda ancha, los ingenieros tienen flexibilidad para crear señales de radar y satélite de gran ancho de banda para pruebas de dispositivos en el laboratorio sin el coste de los equipos de prueba personalizados.

Sobre los autores



Mike Flaherty es ingeniero de aplicaciones de RF/ μ W en Agilent Technologies US Southwest District. A lo largo de sus 30 años de trayectoria profesional con Hewlett-Packard/Agilent, Mike ha contribuido al desarrollo, aplicaciones y metrología de los

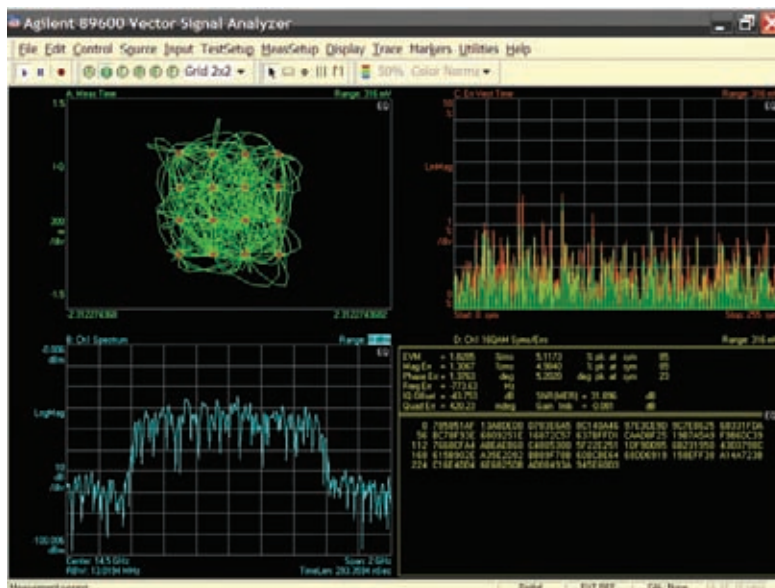


Figura 6. Medidas a 14,5 GHz con ancho de banda de modulación 16 QAM de 1 GHz (con ecualización)

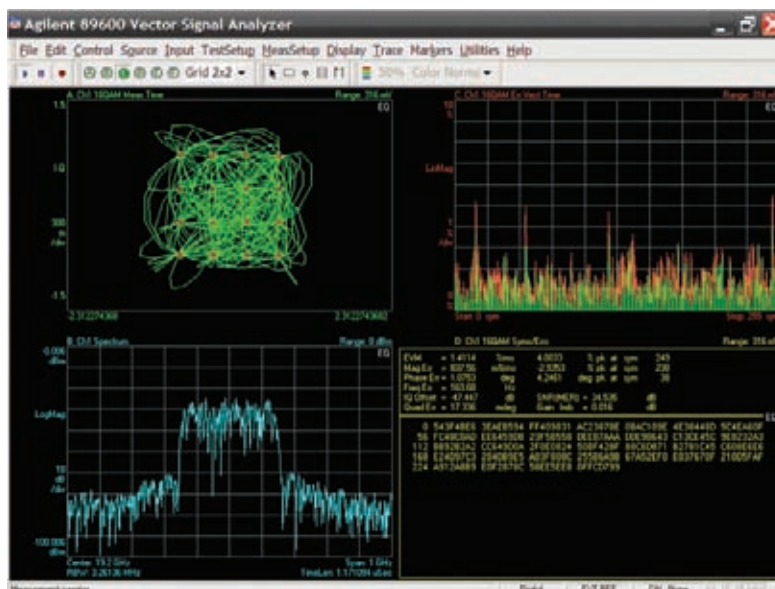


Figura 7. Medidas a 19,2 GHz con ancho de banda de modulación 16 QAM de 262,5 MHz (con ecualización)

analizadores de espectro/señal, fuentes de señal y generadores de forma de onda arbitraria. También ha creado varios productos de software, notas de aplicación, notas técnicas, artículos de prensa y secciones de páginas web de clientes. Se graduó en la Universidad de California, Berkeley y el Instituto Tecnológico DeVry.



Greg Jue es especialista en aplicaciones de RF en el equipo de Osciloscopios de Alto Rendimiento de Agilent. Anteriormente trabajó con Agilent EEsop Electronic Design Automation (EDA) como ingeniero/científico de desarrollo de aplicaciones especializado en aplicaciones SDR, LTE y WiMAX™. Greg redactó la sección de simulación de diseño en el nuevo libro LTE de Agilent y es autor de numerosos artículos, presentaciones y notas de aplicaciones, incluyendo

la nota técnica de referencia del algoritmo LTE de Agilent y la nueva nota técnica sobre radio cognitiva de Agilent. Greg ha sido pionero en la combinación de soluciones de diseño y prueba en Agilent Technologies y es autor de las populares notas de aplicación 1394 y 1471 sobre la combinación de simulación y prueba. Antes de unirse a Agilent en 1995, trabajó en el diseño de sistemas para la Deep Space Network en el Jet Propulsion Laboratory de la Universidad de Caltech.



Thomas Dippon trabaja como planificador estratégico de producto para generadores de forma de onda arbitraria, funciones y pulsos. En sus casi 20 años con Agilent/HP, ha ocupado diversos puestos en I+D, soporte técnico y gestión de proyectos. Thomas trabaja en Boeblingen (Alemania).