

Tendencias de prueba y medida en el sector aeroespacial y de defensa

Artículo cedido por Keysight



www.keysight.com

Autor: John S. Hansen

Los presupuestos en defensa se siguen reduciendo, impulsados por las demandas de fuerzas militares más reducidas y con mayor capacidad tecnológica. Como resultado de ello, la presión por hacer más con menos es más fuerte que nunca, especialmente en las pruebas y medidas. Al mismo tiempo, los requisitos de rendimiento y fiabilidad de los sistemas aeroespaciales y de defensa son cada vez más exigentes. A la luz de estas presiones aparentemente contradictorias, las herramientas de prueba deben abordar cuestiones esenciales tales como la facilidad de uso, el coste de las pruebas y, quizás lo más importante, un rendimiento de última generación.

El entorno aeroespacial y de defensa puede dividirse de diversas formas. Cuando se habla de equipos de prueba y medida, es preferible dividirlo en diversas áreas funcionales, como se muestra en la figura 1. Hay varias tecnologías que se utilizan en diversos segmentos de la industria. Estas incluyen, entre otras, antenas de matrices, sistemas multifuncionales, procesamiento de señales mixtas y funcionamiento a frecuencias de ondas milimétricas.

Capacidades avanzadas necesarias de los equipos de prueba

El desarrollo de sistemas de EW (electronic warfare), radares y comunicaciones nuevos y avanzados impulsa a nuevos niveles la necesidad de rendimiento y facilidad de uso de los equipos de análisis y simulación de señales. Con la utilización por parte de estos sistemas de señales de mayor ancho de banda, la capacidad de mover los datos de señales de RF almacenados o adquiridos de un instrumento o elemento de almacenamiento a otro manteniendo un entorno de tiempo real es fundamental. En un futuro cercano se requerirán tasas de transferencia de datos en el orden de 10 GB/s (equivalente a 2 GHz de ancho de banda de RF) o incluso más. La reducción y el análisis de datos a alta velocidad (en tiempo real) dentro del instrumento para hacer frente a enormes cantidades de datos es una

necesidad habitual. Este trabajo debe realizarse en FPGA (Field-Programmable Gate Array), DSP (Digital Signal Processor) o GPU (Graphics Processing Unit); ya no se puede confiar en el controlador del instrumento para gestionar estas tareas. Los procesos incluyen operaciones como la conversión digital ascendente y descendente (DDC/DUC), la visualización simultánea de frecuencia y tiempo a alta resolución, y la generación de señales en tiempo real a partir de datos adquiridos sin procesar o datos generados algorítmicamente para su reproducción.

Los sistemas multifuncionales y multiapertura requieren varios canales de RF coherentes para la generación y el análisis de señales. Muchas de las tecnologías, incluidas el radar, EW y SIGINT (Signals Intelligence), están realizando la transición a múltiples aperturas distribuidas para un mayor rendimiento y capacidad.

Pruebas de antenas de matrices y módulos de transmisión/recepción (TRM)

En los sistemas de radar y EW, el uso de antenas AESA (Active Electronically Scanned Array) se ha convertido en algo prácticamente omnipresente por sus múltiples ventajas en la aplicación. Permiten la ejecución de los sistemas en

múltiples modos, asumiendo diversas amenazas u objetivos aprovechando y utilizando plenamente las potentes capacidades de procesamiento de señales. Puesto que el haz se puede formar y dirigir por medios electrónicos, no se requiere cardán, lo cual permite una ágil recolocación del haz a velocidades extremadamente elevadas.

Para las aplicaciones de satélites, las antenas de matrices en fase ofrecen ciertas ventajas sobre las antenas reflectoras, por lo que pueden considerarse una opción conveniente para una nave espacial GEO. Ello permite que una sola antena pueda comunicarse con varias estaciones terrestres distribuidas espacialmente mediante una rápida reposición del haz de la antena de un usuario a otro. Es posible colocar una antena de matrices en fase en una nave espacial para evitar la necesidad de despliegue. Los amplificadores distribuidos que constituyen la matriz activa proporcionan una arquitectura de tolerancia a fallos.

Un concepto cada vez más extendido para aumentar el rendimiento de TRM y la caracterización de las antenas en fase es el uso de una señal de mayor ancho de banda del normalmente disponible con un analizador de red tradicional. Con una señal de banda ancha, se prueban a la vez un grupo más amplio de estados de frecuencia, frente a una serie de tonos de frecuencia indi-

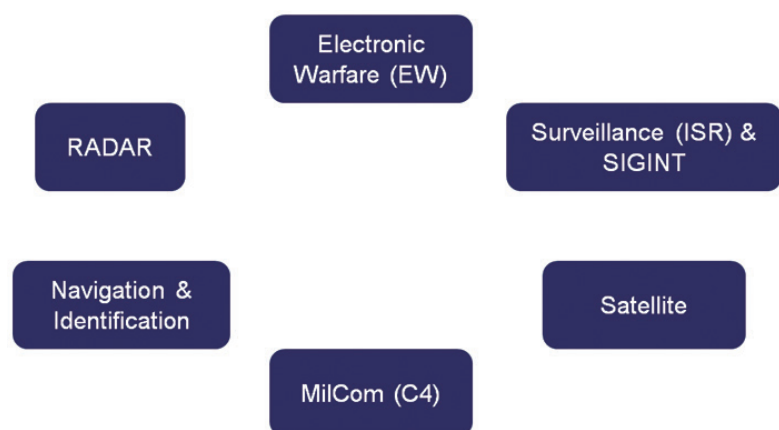


Figura 1. Desglose del sector de aplicación aeroespacial y de defensa para prueba y medida (C4 = comando, control, comunicaciones, computadores, ISR = inteligencia, supervisión y reconocimiento; SIGINT = inteligencia de señales).

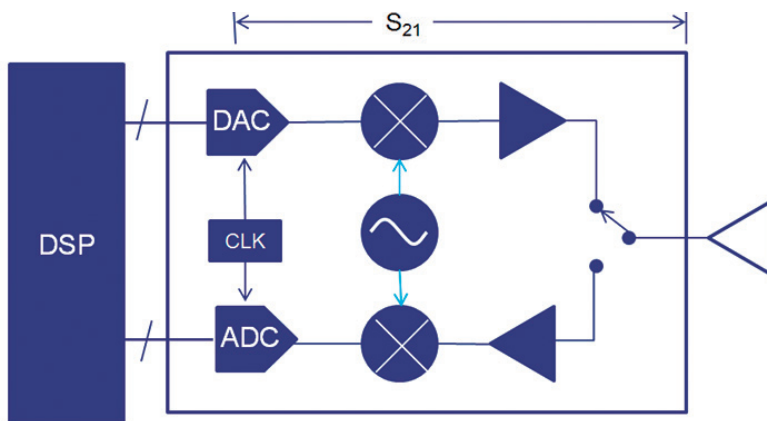


Figura 2. Concepto de módulo TR para radar de matriz digital (DAR).

viduales. Otra ventaja es que el estímulo de gran ancho de banda se asemejará más a las condiciones operativas del dispositivo o sistema.

Los retos asociados con la caracterización de antenas de matrices favorecen la innovación en cuanto a métodos y herramientas de prueba. Incrementos en los recuentos de elementos en matrices en fase para permitir más funciones simultáneas y un enfoque más estrecho del lóbulo principal en la formación del haz.

Las señales de banda ancha digitales se están acercando cada vez más a la antena para crear un radar de matriz digital (DAR) en que la única conexión con el módulo TR para cada elemento sea un bus digital, como se muestra en la figura 2.

Se plantea un problema nuevo y exclusivo cuando uno de los lados de la red está compuesto por diversos carriles de datos digitales que representan lo que comenzó como una señal analógica en el otro lado de la red.

Sin duda se requiere una nueva metodología para medir los parámetros de respuesta de la red. Hay muchas cuestiones que resolver. ¿Cuáles van

a ser exactamente las nuevas métricas de rendimiento? Es posible que necesitemos extraer un parámetro como el retardo de tiempo real del DSP en lugar de las medidas analógicas más típicas como los cambios de fase y amplitud. Las interconexiones digitales y enlaces SerDes (Serializer/Deserializer) añadirán su propia distorsión y latencia, que deberá caracterizarse.

Las plataformas multi-función integradas requieren sistemas de prueba definidos por software

Los sistemas de radares modernos utilizan características de modulación de impulsos que se programan dinámicamente para extraer la máxima información posible del objetivo. Como se ha explicado anteriormente, los radares de amenazas actuales utilizan sistemas de antenas de matrices en fase que permiten cambios dinámicos en las características de la antena además del seguimiento de varios objetivos al mismo tiempo. Los radares modernos son multifuncionales y multimodales cuya

firma de RF cambia constantemente, lo que complica su identificación por parte de receptores de alerta de radares (RWR). Los cambios en la forma en que se efectúa la arquitectura de los diversos sistemas integrados en cualquier plataforma, como una aeronave o un buque, está favoreciendo un cambio en el modo en que se realizan las pruebas. Cada vez están más integrados (consulte la figura 3) y comparten recursos físicos, como antenas y procesadores, para reducir el tamaño, el peso y la potencia (SWaP) así como para el intercambio de información, con el fin de tomar mejores decisiones acerca de cómo reaccionar ante un entorno o una amenaza en concreto.

Ello a su vez favorece cambios en el modo en que estos sistemas son evaluados para garantizar la interoperabilidad, así como que se prueben todos los casos situacionales. Al igual que los sistemas que deben evaluar, las soluciones de prueba deben hacerse definibles por software y firmware, con la capacidad de utilizar y reconfigurar los elementos de hardware comunes tanto como sea necesario para el sistema sometido a prueba.

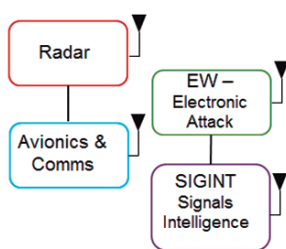
La prueba de señales mixtas requiere medida comparativa

Con las arquitecturas de satélites, radares y EW modernas, surgen una serie de retos concretos, muchos de los cuales derivan del cambio en los formatos de la señal que pasa a través del transmisor y el receptor. A menudo, la señal se representa en buses de señal IQ doble con muestreo de tiempo, lo cual complica todavía más las cosas.

El diagnóstico de problemas digitales, por lo tanto, requiere una interfaz de prueba distinta para diferente hardware. Los buses de IQ de sondeo con muchas conexiones de prueba resultan esenciales. El sondeo a menudo se complica cuando se utilizan FPGA, ya que puede que muchos de los puntos de prueba deseados no sean fácilmente accesibles fuera del chip.

Tal y como se muestra en la figura 4, un análisis entre formatos a menudo es una necesidad fundamental para la resolución de problemas. Dado que la mayoría de los diseños digitales de satélites en última instancia se vuelven a convertir a señales analógicas, a menudo es necesario comparar la señal

Platform with Distributed Systems



Platform with Integrated Systems

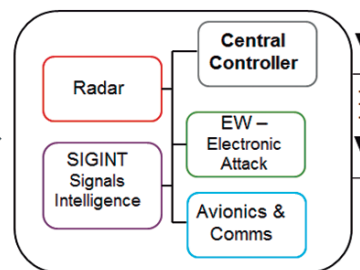
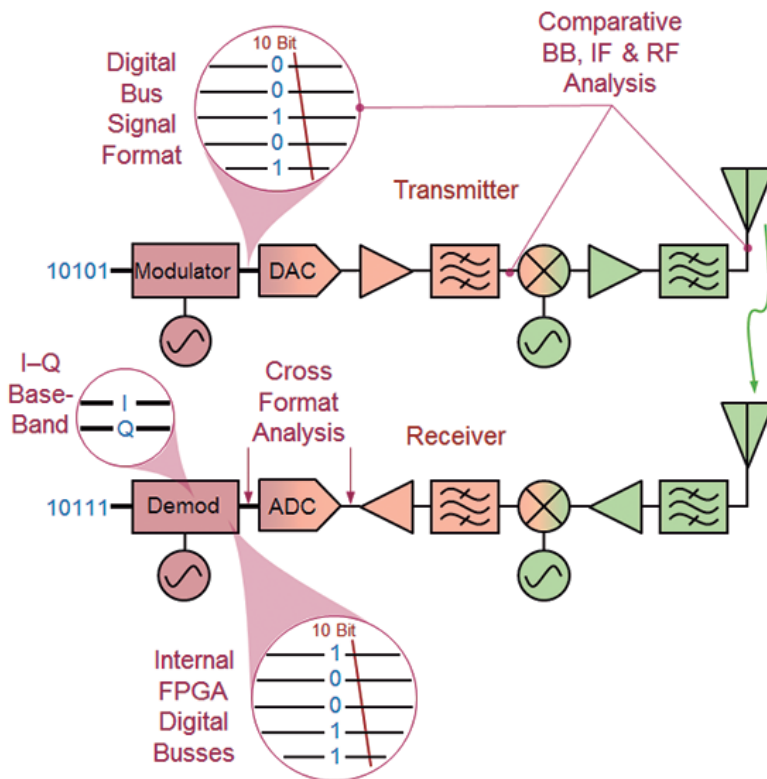


Figura 3. Sistemas que han funcionado de manera independiente en el pasado se han hecho más integrados al compartir recursos tales como antenas y procesadores.

Figura 4. Retos de las pruebas de implementación de señales mixtas.



analógica con la señal digital que inicialmente la creó. Ello requiere capacidad de análisis entre dominios para comparar los parámetros de modulación entre una señal digital y una señal analógica.

Los análisis comparativos pueden ir mucho más allá de las medidas de IQ de banda base, pasando desde las frecuencias IF y RF hasta la banda Ka y las ondas milimétricas.

Se necesita software de análisis vectorial de señales (VSA) que pueda utilizarse con analizadores lógicos, osciloscopios digitales y analizadores de señales de RF que utilice los mismos algoritmos de medida para garantizar una comparación adecuada de los resultados. Esto permite sondear el rendimiento de una cadena de transmisor de RF/digital de señal mixta en diferentes fases a lo largo de la cadena del transmisor, lo cual proporciona al ingeniero de sistemas información sobre qué secciones del diseño provocan problemas o contribuyen en mayor grado al EVM (Evaluation Module) de salida del transmisor. Ello puede ser útil tanto desde una perspectiva de depuración como desde una perspectiva de presupuestación del rendimiento del transmisor en el sistema.

Además, si se utilizan FPGA en un diseño, se puede emplear el sondeo dinámico de FPGA para sondear en

diferentes fases de la implementación de FPGA mediante el uso de software de VSA con un analizador lógico. El mismo software de VSA puede utilizarse entonces con un osciloscopio digital o analizador de señales de RF en otros puntos de la cadena del transmisor y el receptor.

Nuevas aplicaciones en ondas milimétricas

Las frecuencias milimétricas se ha considerado que cubren de 30 a 300 GHz ya que, en este intervalo de frecuencias, las longitudes de onda de espacio libre tienen de 10 a 1 milímetros de longitud. Las señales milimétricas tienen algunas propiedades interesantes de absorción atmosférica que pueden ser difíciles de utilizar para algunas aplicaciones, aunque también pueden proporcionar una ventaja. Con unas longitudes de onda más pequeñas, las dimensiones de las antenas son muy reducidas en comparación con las antenas de microondas, de modo que los sistemas de transmisor y receptor pueden ser muy compactos. Unas longitudes de onda más pequeñas también proporcionan mayores resoluciones, especialmente para radar de apertura sintética (SAR). Con una base de usuarios mucho más pequeña, las bandas

milimétricas tienden a estar mucho menos pobladas que las bandas de frecuencia VHF, UHF y de microondas. Además, con la actual abundancia de espectro disponible, pueden lograrse anchos de banda de gran modulación.

Junto con las propiedades deseables de las señales de ondas milimétricas, llegan una serie de retos y dificultades. Las señales milimétricas tienen muy poca capacidad de penetrar en los materiales y quedan fácilmente bloqueadas. Las pérdidas a través de la mayoría de los medios de propagación, como la atmósfera, o a través de líneas de transmisión como los cables coaxiales o guías de onda, son muy elevadas.

Dado que las dimensiones físicas disminuyen a medida que aumentan las frecuencias, todo el hardware asociado se reduce y se hace más frágil. Esto también significa que es más difícil de fabricar y operar a las tolerancias necesarias para obtener un buen rendimiento. La combinación de estos factores, junto con la naturaleza de menor volumen de los productos milimétricos, también significa que los costes tienden a ser elevados, como se ilustra en la figura 5. También cabe destacar que las normas de potencia trazable solo están disponibles hasta 110 GHz.

El futuro de la prueba y medida para la industria aeroespacial y de defensa debe incluir un camino de innovación continua. Los equipos de prueba deben adaptarse y mejorar para admitir las aplicaciones habilitadas por tecnologías que avanzan rápidamente. La instrumentación definida por software proporciona un método para controlar los costes de las pruebas mediante la reutilización del hardware y la reducción del tiempo hasta la primera medida. Pero, en cualquier caso, queda mucho trabajo por hacer para abordar el próximo renacimiento del sector de la defensa. 📌



Figura 5. Adaptador de 1 mm a 1,85 mm; PVP: 2.400 dólares.