

Creación de escenarios multiemisor con generadores de señales ágiles altamente integrados

Artículo cedido por Keysight



www.keysight.com

Autor: Walter Schulte, ingeniero de aplicaciones aeroespaciales y de defensa, Keysight Technologies

Para lograr diseños eficientes y productivos de sistemas de guerra electrónica (EW) es necesario generar señales de prueba que representen el entorno EW de un modo preciso y coherente. En especial, la simulación de entornos multiemisor es una parte esencial de las pruebas realistas.

Actualmente, estos entornos multiemisor se simulan a través de sistemas de gran tamaño, complejos y personalizados que se utilizan durante la clasificación y verificación de sistemas. Estos sistemas no están disponibles comercialmente para los ingenieros de diseño de EW como equipos de pruebas de I+D.

Una nueva clase de "generadores de señales ágiles" proporciona una solución altamente integrada en un único instrumento. Aunque estos instrumentos no pueden ofrecer todas las funciones de un sistema exclusivo, son capaces de proporcionar un importante nivel de simulación multiemisor en las primeras fases del proceso de desarrollo, en el momento en el que la productividad y la flexibilidad del diseño se encuentran en su punto álgido.

Los generadores de señales ágiles se basan en la síntesis digital

directa (DDS), lo que les permite disponer de coherencia de fase en todas las frecuencias y en todo momento. Además, estos instrumentos tienen la capacidad de reproducir directamente palabras descriptoras de pulso (PDW). Los instrumentos también pueden sincronizarse para simular el ángulo de llegada (AoA) compartiendo una referencia DDS de 6 GHz, una referencia RF y marcadores en una configuración maestro/esclavo. Con estas capacidades, los generadores de señales ágiles pueden realizar simulaciones altamente precisas.

Simulación precisa de entornos multiemisor

El entorno espectral moderno contiene de decenas a cientos de amenazas de radares que producen millones de pulsos de radar por segundo. La Figura 1 muestra una descripción general de un entorno espectral repleto de emisores de radar.

La simulación de este entorno es un reto importante, especialmente durante la fase de diseño. En el diseño de EW, la densidad y el rango de frecuencias del entorno no

permiten simular varios emisores a través de una única fuente de señales convencional (por ejemplo, una basada en la síntesis de frecuencia N fraccional), ni siquiera a través de un pequeño número de dichas fuentes, ya que no son capaces de cambiar la configuración lo suficientemente rápido.

La creación de densidad requiere la capacidad de simular diversos emisores con una única fuente. Si es necesario producir una densidad de señal superior, o simular AoA, la solución utilizará y sincronizará varias fuentes, y cada una de estas simulará diversos emisores.

La capacidad de simular varios emisores en múltiples frecuencias depende de varios atributos clave: la frecuencia de repetición de pulsos (PRF) y el ciclo de trabajo; el número de emisores; y la capacidad de la fuente de cambiar la configuración de frecuencia, amplitud y modulación de una forma rápida y coherente. Cuando se simulan varios emisores, las colisiones de pulsos limitan el uso de un único generador de señales. El porcentaje de colisiones de pulsos aumenta con el número de emisores y el uso de PRF superiores.

La agilidad de una fuente es clave para poder simular varios emisores. Por ejemplo, el tiempo de estabilización de los cambios en la frecuencia o la amplitud, lo que sea mayor, determina el tiempo de transición entre la reproducción de una PDW y la siguiente. La densidad de pulsos total de una única fuente está limitada por la suma de dicho tiempo de transición y la anchura (en tiempo) de los pulsos transmitidos (Figura 2). Este "periodo de bloqueo" debe ser lo más corto posible y, por lo tanto, los tiempos de estabilización de la fuente también deben ser muy breves.

Para simular una densidad de pulsos elevada y permitir la aparición de algunos pulsos superpuestos, es posible que sea necesario combinar varias fuentes. A medida que se añaden más fuentes a la

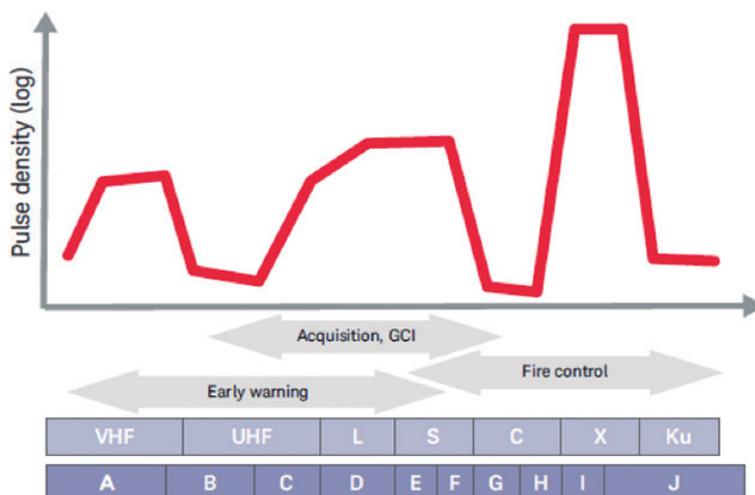


Figura 1. Esta es una representación general de la densidad de amenazas respecto a la banda de frecuencia en un entorno de funcionamiento normal. El entorno de RF/microondas completo también incluye señales inalámbricas comerciales, cada vez más abundantes hoy en día.

configuración de prueba, la densidad de pulsos debe adaptarse de un modo sencillo y fluido hasta alcanzar el equilibrio deseado entre realismo y coste. Este trabajo requiere una sincronización precisa entre todas las fuentes conectadas.

Utilización de un generador de señales altamente integrado

Antes, las simulaciones solían crearse utilizando un componente independiente para cada función del emulador: generación de señales, modulación, pulsación, atenuación, amplificación y desplazamiento de fase. La misma PDW podía enviarse a cada componente funcional para proporcionar una salida pulso a pulso.

Con ese método, la sincronización de tiempo presenta importantes retos en cuanto a la configuración y el funcionamiento. Una amplia variedad de tiempos de estabilización y latencias deben caracterizarse por completo para minimizar los periodos de bloqueo y, por lo tanto, optimizar la densidad de pulsos.

La escala de estos sistemas puede ajustarse para crear varios canales coordinados. Sin embargo, requieren un gran número de equipos, por lo que se necesita un gran espacio físico y un precio elevado. La alternativa: generadores de señales ágiles altamente integrados basados en DDS.

Obtención de ventajas cruciales

Implementado en generadores de señales ágiles UXG de Keysight (Figura 3), este método presenta cuatro ventajas importantes. En primer lugar, puede controlar de forma digital y con gran precisión el ajuste de la frecuencia y la fase en un único ciclo de tiempo. En segundo lugar, ofrece un salto de frecuencia rápido con la continuidad y la repetibilidad de fase necesarias para simular radares Doppler de pulsos en diferentes frecuencias manteniendo al mismo tiempo sus relaciones entre fases originales. En tercer lugar, garantiza la repetibilidad y la precisión numérica a través

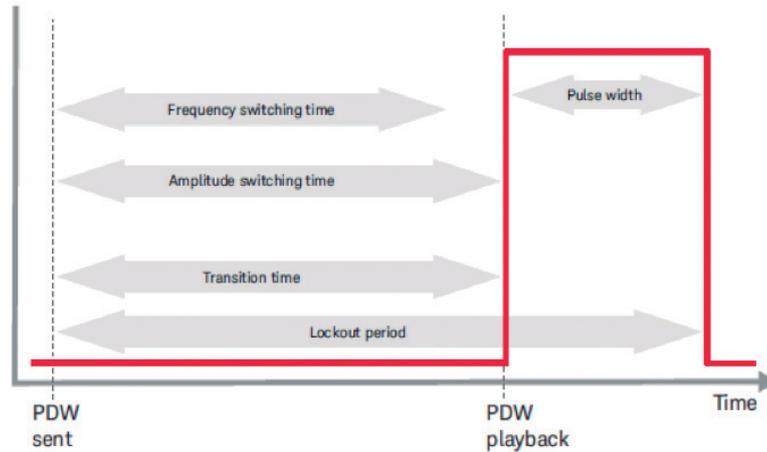


Figura 2. Durante el periodo de bloqueo, la fuente no está disponible para simular una amenaza diferente: si está conmutando, no podrá reproducir un pulso; si está reproduciendo un pulso, no podrá conmutar.

de la creación de modulación en el dominio de la frecuencia. Y, en cuarto lugar, permite sincronizar varios instrumentos de forma sencilla compartiendo una referencia de DAC común en una configuración maestro/esclavo.

Los ingenieros de EW obtendrán además dos ventajas adicionales. Por ejemplo, una DDS que utiliza un modulador digital para modular la amplitud, la frecuencia y la fase puede crear señales moduladas digitalmente en el oscilador controlado de forma numérica. Asimismo, los códigos Barker y las señales "chirp" de modulación lineal de frecuencia (LFM) pueden sintetizarse directamente a través del oscilador controlado de forma numérica.

Incorporación de subsistemas innovadores

Recientes innovaciones de Keysight ofrecen un ejemplo de un DAC

(y, por lo tanto, una DDS) adecuado para aplicaciones de prueba de EW. El DAC se diseñó para aplicaciones de RF, combinando una gran profundidad de bits y una pureza excelente, e incluyendo un ruido de fase con un rendimiento excepcional y un rango dinámico libre de espurios (SFDR) de -70 dBc.

La elevada velocidad de muestreo del DAC admite una DDS con un gran ancho de banda que reduce el número de fases de multiplicación necesarias para sintetizar frecuencias de microondas. El uso de menos fases de multiplicación limita la cantidad de ruido de fase y el número de señales espurias presentes en la salida de microondas.

La arquitectura de los verdaderos generadores de señales de microondas ágiles basados en DDS se muestra en la Figura 4. Este diseño utiliza las innovaciones de Keysight en tecnologías de conmutación DAC y FET. La generación de señales comienza



Figura 3. Como producto, el generador de señales ágil UXG de Keysight es un módulo potente que responde tanto como oscilador local fiable o como simulador de amenazas escalable.

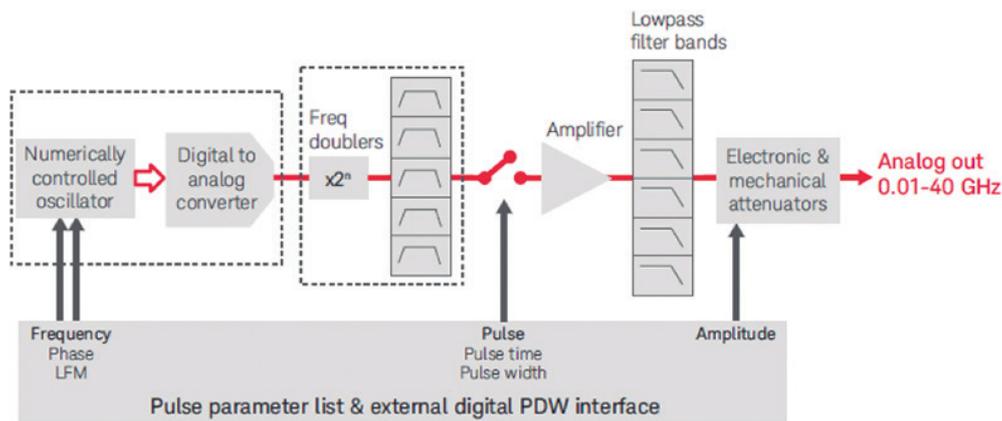


Figura 4. Este diagrama de bloques de alto nivel muestra el trabajo interno de los generadores de señales ágiles que cubren entre 10 MHz y 40 GHz.

con la DDS, que se optimiza para dar paso a una salida espuria muy baja, ya que las espurias aumentan con cada fase de duplicación. Según sea necesario, es posible utilizar una secuencia de circuitos duplicadores para crear señales de hasta 40 GHz. Cada fase de multiplicación utiliza filtros de paso de banda para eliminar las señales no deseadas que producen los multiplicadores. La DDS también ofrece modulación por pulsos.

Los conmutadores FET proporcionan una atenuación ágil y se utilizan para controlar el nivel de salida. Estos atenuadores proporcionan una estabilización muy rápida adaptada a la velocidad de conmutación de frecuencia, lo que permite que la fuente implemente control de potencia de bucle abierto con gran precisión y sin pérdida de tiempo de conmutación. El modulador de pulsos también utiliza un conmutador FET.

Con estos atributos, los generadores de señales ágiles cumplen requisitos de funcionamiento y rendimiento muy importantes: transiciones rápidas entre varios emisores; rango dinámico elevado que

coincide con el de los receptores de EW modernos; simulación de varias amenazas con niveles de potencia precisos y conmutación rápida de amplitud y frecuencia; y modulación intrapulso a través de códigos Barker o LFM.

Creación de simulaciones de AoA precisas

Aunque es esencial crear emisores con la fidelidad y la densidad deseadas, también es importante adaptarse a la geometría y la cinemática de los escenarios de EW del mundo real. Por ejemplo, esto es fundamental cuando se simula una incidencia de pulsos AoA en un receptor de EW.

Los sistemas de EW miden el AoA y calculan la distancia utilizando la comparación de amplitudes, el Doppler diferencial, la interferometría (es decir, la diferencia entre las fases) y la diferencia de tiempo de llegada (TDoA). Las mediciones de AoA precisas permiten localizar correctamente las amenazas y, por lo tanto, clasificar de una forma mejor y más rápida varios emisores a través del sistema de EW.

Esto es importante, en parte, porque algunos de los sistemas de inyección de errores de separación más recientes utilizan tecnología de radar de barrido electrónico activo (AESA) capaz de formar rayos de forma precisa para minimizar la pérdida de potencia de inyección de errores debido a la dispersión de rayos hacia una amenaza. Además, los receptores de EW con mejores capacidades de AoA facilitan y aceleran el entrelazado y la clasificación. Por consiguiente, las pruebas de AoA son un requisito cada vez más importante.

Antes, el AoA se creaba con una combinación de fuentes de señales, conmutadores de fase analógicos, atenuadores y bloques de ganancia en la ruta del cable hasta el sistema sometido a prueba (SUT). Estos elementos analógicos ocupaban mucho espacio, tenían una resolución limitada y eran bastante caros.

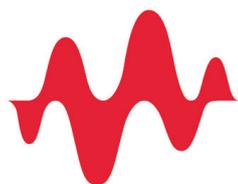
Como alternativa, es posible sincronizar varios generadores de señales ágiles para crear salidas sincronizadas en el tiempo y coherentes desde el punto de vista de las fases, lo que permite controlar de un modo excepcional la creación de frentes de onda de tiempo, amplitud y fases en el SUT.

Resumen

El uso de simulaciones de entorno de EW realistas en fases más tempranas del proceso de desarrollo mejorará el rendimiento del sistema, acelerará el proceso de diseño y reducirá los costes globales. Una solución basada en generadores de señales ágiles altamente integrados da paso a pruebas más realistas durante la reprogramación de los sistemas de EW existentes.

Realizar pruebas exhaustivas del comportamiento del sistema antes de la implementación es fundamental para garantizar el correcto funcionamiento del sistema durante las operaciones en el teatro.

Para obtener más información sobre este tema, descargue la nota de aplicación de Keysight Electronic Warfare Signal Generation: Technologies and Methods (Generación de señales para guerra electrónica: tecnologías y métodos) en www.keysight.com/find/UXG.



KEYSIGHT
TECHNOLOGIES

