

## Introducción

Un buen VNA debe tener tanto hardware excelente rendimiento y facilidad de uso interfaz de software con capacidades de post-procesamiento útiles. Hay numerosos VNAs en el mercado con diferentes niveles de rendimiento; algunos de ellos son de grado económico, y otros tienen realmente una calidad de prueba de laboratorio. ¿Qué separa a los dos?

Este documento se centrará en los componentes específicos y soluciones de diseño que maximizan el rendimiento de un VNA, en parte mediante la comparación de VNAs modernos con los diseños del siglo pasado.

## Especificaciones de rendimiento VNA

Antes de discutir los componentes individuales que hacen un buen VNA, echemos un vistazo a las especificaciones clave de rendimiento del instrumento. Estos incluyen:

Rango de frecuencia: Determina el rango de frecuencias de los resultados de medición que puede obtener.

Ajuste de la resolución de frecuencia: El paso de frecuencia más pequeño que puede obtener del instrumento. Limita la resolución de todas las mediciones.

Exactitud de la medida: En cierto sentido el punto más importante. Se refiere a la incertidumbre de las mediciones de magnitud y fase.

Gama de potencia de salida: Los niveles de potencia que puede tener en el puerto de prueba. Algunos DUTs tienen respuestas diferentes cuando el nivel de potencia de entrada varía; Estos se diseñarán para funcionar dentro de una gama de potencia de la entrada, o en una potencia de entrada particular.

Resolución de la potencia: Cómo se puede ajustar finamente la potencia de salida; una mejor resolución de potencia permite ajustes de potencia de salida más precisos.

Distorsión armónica y espurios no-armónicos en el puerto de salida: Cantidad de señales no deseadas presentes en el puerto de prueba. La distorsión baja puede proporcionar resultados más exactos, especialmente al medir la distorsión o los armónicos en el DUT.

Velocidad de medición: Velocidad de la medida, típicamente por punto de la medida; puede tener gran impacto en el tiempo de ciclo total cuando los ajustes de estímulo VNA lleva a un tiempo de barrido largo.



## Componentes de un VNA excepcional

Para producir un VNA con especificaciones excepcionales, muchos elementos individuales necesitan ser elegidos correctamente y optimizados para la aplicación. Echemos un vistazo a algunos de los componentes más importantes.

### 1. Acoplador Direccional

En primer lugar, vamos a considerar el acoplador direccional. El acoplador es responsable de crear una señal de referencia proporcional a la señal del incidente de salida, de modo que el resultado de la medida se pueda demostrar exactamente como una relación de la energía transmitida o reflejada (parámetro-S). Un acoplador direccional bien-construido puede bajar el piso del ruido del VNA, que da como resultado el alcance mayor dinámico. Un acoplador estable puede también mantener sus características sobre temperatura, permitiendo que los usuarios realicen la calibración con menos frecuencia mientras que mantienen la exactitud en los resultados de las pruebas.



Figure 1: Internal construction of a USB VNA, illustrative of the degree of shielding and isolation needed for superior performance

La construcción de un buen acoplador direccional comienza de la selección de buenos componentes, con funcionamiento estable sobre frecuencia y características excepcionales del funcionamiento de RF. Además de los componentes individuales, el blindaje interno y externo del acoplador también es importante. Blindaje superior puede minimizar la diafonía entre las diferentes rutas de RF y EMI de los módulos. Esto ayuda a que el acoplador direccional proporcione una salida pura que sea menos propensa a interferencia de su ambiente circundante.

El blindaje no sólo limita la propagación de las ondas electromagnéticas, sino que también proporciona masa térmica para estabilizar las temperaturas dentro del acoplador. La estabilidad interna de la temperatura es crítica para la exactitud debido a que, hasta cierto punto, todos los componentes en el diseño exhibirán cierto grado de dependencia de la temperatura.

## 2. Mezclador (Mixer)

El mezclador es otro componente muy importante dentro del VNA. VNAs modernos utilizan normalmente un mezclador en vez de un muestreador que VNAs antiguos han usado debido a su diseño más simple y económico. Un buen mezclador contribuye a un piso de ruido bajo y minimiza las respuestas indeseadas de espurios y ruido de rastreo. Para hacer un buen mezclador, además de seleccionar componentes de alta calidad, es necesario un blindaje excelente para minimizar la diafonía y permitir la producción de un instrumento de alto rango dinámico. Proporcionar un oscilador local común y coherente a todos los mezcladores es necesario para mejorar el ruido en las trazas de medición, así como para reducir el ruido de fase en el oscilador local.

## 3. Fuente

La fuente del VNA no sólo es un módulo esencial, pero también un contribuyente importante al costo total del instrumento. En principio, la fuente puede ser externa o integrada. La ventaja de utilizar una fuente externa es la pureza mejorada de la señal, ya que la fuente se puede blindar y aislar completamente de otros módulos. Las ventajas de utilizar una fuente integrada incluyen la alta velocidad de barrido, permitiendo una solución más compacta de la medida, la reducción del costo, y las interconexiones más cortas y más simples entre la fuente y otros componentes. A través del diseño adecuado de la fuente y su blindaje, se puede obtener una fuente interna suficientemente limpia sin los inconvenientes de utilizar una fuente externa.

Control Automático de Bucle (ALC) es otro aspecto importante de la fuente VNA que proporciona la capacidad de variar el nivel de potencia de salida. Los VNAs antiguos puede utilizar una entrada analógica para el ALC, mientras que los VNAs modernos utilizan solamente controles digitales. El control digital proporciona a los VNAs modernos la capacidad de generar niveles de potencia muy precisos, así como para suministrar una gama más amplia de ajustes de potencia de salida. Los VNAs más modernos también tienen una especificación de planitud de potencia que permite una consistencia en los niveles de potencia de salida a través de la frecuencia. Una planitud excepcional se puede alcanzar cuando se aplican las correcciones de ALC digitales determinadas durante el momento de la calibración en fábrica.

## 4. Atenuador

Los VNAs más modernos también incorporan un atenuador de paso entre el acoplador de referencia y el acoplador de prueba, de modo que un mayor rango de potencia de la salida pueda ser alcanzada comparada a los circuitos puramente basados en ALC. La adición de un atenuador de paso no sólo amplía el rango de potencia de salida, sino que también proporciona una buena combinación con el puerto de prueba. El atenuador reducirá la diferencia de la relación entre la fuente de potencia y la fuente de resultado, mejorando así el resultado en el puerto de salida. Otra mejora atractiva que trae el atenuador de

paso se tiene que ver con el nivel de ruido de las señales. El atenuador permite una señal alta en el canal de referencia incluso cuando solo una fracción la señal es necesaria en el puerto de prueba, lo que contribuirá a la generación de una señal de bajo ruido en el puerto de prueba.

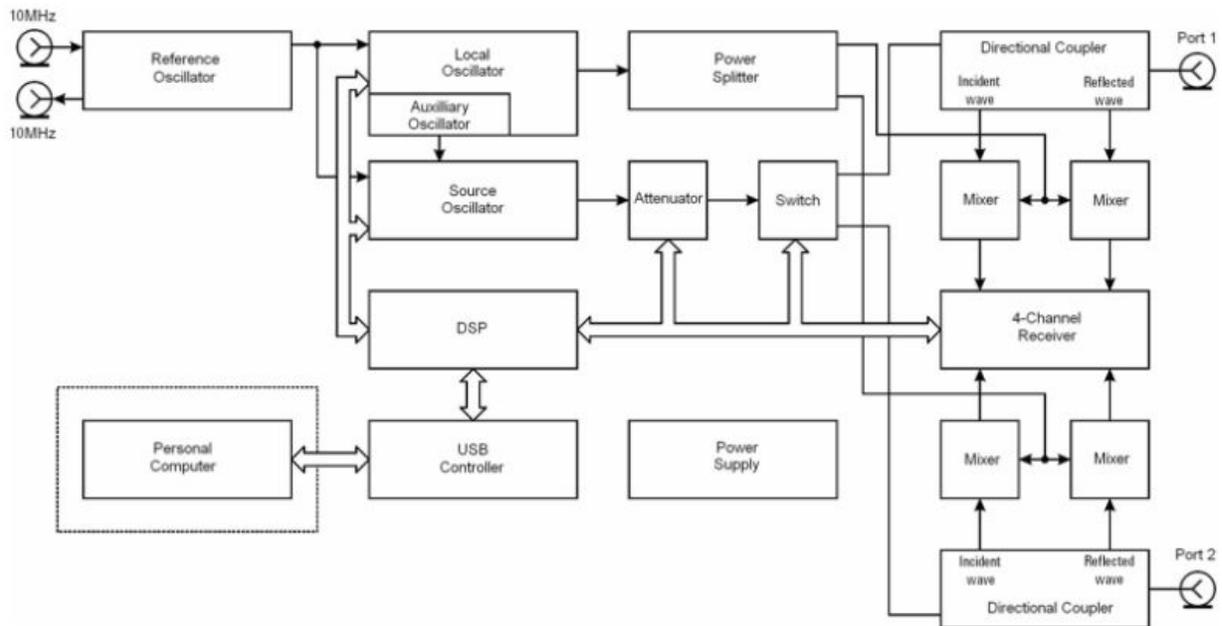


Figure 2: Block Diagram of a 2-Port USB VNA

## 5. Procesamiento Digital

Después de los componentes y módulos de RF han hecho su trabajo, las señales llegar a la sección digital del VNA para el muestreo y procesamiento. Debido al alto grado de integración y sincronización entre los distintos componentes RF del VNA, una sección dedicada al procesamiento digital es fundamental para la optimización del rendimiento del sistema.

La velocidad y la precisión de los procesadores digitales del VNA son críticas para el funcionamiento total VNA, influenciando las especificaciones tales como piso del ruido, máxima velocidad de medición y medida latencia. Los VNAs modernos incorporan FPGA avanzados, circuitos de alta velocidad de DSP, o ambos para lograr el procesamiento de la señal digital necesario para producir los datos medidos sin procesar a una alta velocidad.

Los datos de medición sin procesar también deben ser transmitidos rápidamente al procesador de aplicaciones, ya sea un procesador interno o un procesador externo en el caso de un VNA modular. Por ejemplo, interfaces de alta velocidad y baja latencia como Ethernet y USB son de uso frecuente en VNAs modernos para transmitir los resultados sin procesar a la capa de aplicación.

## 6. Software e Interfaces

Por último, pero no menos importante, un VNA moderno tendrá interfaces de usuario y programación con un conjunto de características de post-procesamiento necesarios para el análisis de los resultados y la automatización de las pruebas. La interfaz gráfica de usuario normalmente será una aplicación independiente que se ejecuta en un sistema operativo moderno, proporcionando ventajas al usuario de una plataforma estable, la facilidad de transferencia de datos a otras aplicaciones en la misma máquina, e interfaces automáticas incorporada con otras máquinas y redes.

Además de la interfaz gráfica de usuario, un excelente VNA incluirá una o más interfaces que permiten la automatización de mediciones y transferencia de datos de resultados de la medición. Esto es especialmente crítico en entornos de producción donde las mismas pruebas se realizan repetidamente y la consistencia es una clave para la gestión de la calidad. Las interfaces tales como ISPA, VXI-11, com/DCOM, y el socket TCP son opciones populares para la interfaz de la automatización.

PLANAR 304/1, 804/1, 55048, 57530

COM/DCOM Programming manual

SCPI.SENSE(Ch).OFFSET.SOURCE.FREQUENCY.OFFSET .....	319
SCPI.SENSE(Ch).OFFSET.SOURCE.FREQUENCY.START .....	320
SCPI.SENSE(Ch).OFFSET.SOURCE.FREQUENCY.STOP .....	321
SCPI.SENSE(Ch).OFFSET.STATE .....	322
SCPI.SENSE(Ch).OFFSET.TYPE .....	323
SCPI.SENSE(Ch).ROSCILLATOR.SOURCE .....	324
SCPI.SENSE(Ch).SEGMENT.DATA .....	325
SCPI.SENSE(Ch).SWEPT.POINT.TIME .....	326
SCPI.SENSE(Ch).SWEPT.POINTS .....	327
SCPI.SENSE(Ch).SWEPT.TYPE .....	328
SCPI.SERVICE.CHANNEL.ACTIVE .....	329
SCPI.SERVICE.CHANNEL.COUNT .....	330
SCPI.SERVICE.CHANNEL(Ch).TRACE.ACTIVE .....	330
SCPI.SERVICE.CHANNEL(Ch).TRACE.COUNT .....	331

Figure 3: A modern VNA must have an extensive and versatile command set for automation over its programming interfaces

## Conclusión

La construcción de un excelente VNA comienza con la selección de bloques excepcionales, incluyendo componentes de RF como mezcladores, atenuadores, osciladores. Un diseño excepcional combinará estos bloques en unidades funcionales como acopladores direccionales, fuentes del RF, y motores de proceso digitales que tienen gran funcionamiento. Es la suma de todos estos elementos, en combinación con interfaces versátiles y ricas en características, que hace que un VNA de clase mundial de nivel de laboratorio.

