

1. Fuentes de ruido inteligentes serie N4000A

1.1. Descripción general

Para realizar mediciones de figura de ruido con el sistema de la figura ??, se requiere de un generador de señal de ruido para excitar al dispositivo en su entrada y obtener como repuesta los parámetros de ruido. Por ser una señal de naturaleza aleatoria, sus características no pueden ser dadas de forma determinista (en función del tiempo), sino que se especifican en términos estadísticos (valores de rms) y en función de espectro de su densidad de potencia. El nivel de exactitud y precisión con el cual se conozcan estos valores determinan el nivel de exactitud y precisión de las mediciones de parámetros de ruido: no podrán ser mejores que los de la fuente.

Las fuentes de ruido empleadas en sus sistemas de calibración requieren de una fuente de ruido que entregue una señal con características plenamente conocidas, estandarizadas, estables. En el sistema de la figura ?? pueden emplearse dos series de modelos de fuentes de ruido, los modelos de la serie 346 y las fuentes de ruido inteligentes de la serie N4000, como se aprecia en la figura 1. Éstas últimas son las fuentes de ruido con las que cuenta el CENDIT.




	Noise source	ENR
 Smart Noise Sources	N4000A	4.6 – 6.5 dB
	N4001A	14 – 16 dB
	N4002A	12 – 17 dB
 Traditional Noise Sources	346A	5 – 7 dB
	346B	14 – 16 dB
	346C	12 – 17 dB
	346CK01	21 dB
 High Frequency Noise Sources	Q347B	6 – 13 dB
	R347B	10 – 13 dB

Figura 1: Modelos para fuentes de ruido series 346 y N4000

1.2. Modo de operación

Las fuentes de ruido de la serie N4000 emplean un diodo semiconductor de silicio con polarización inversa como elemento generador de ruido. El nivel de potencia de ruido a la salida de la fuente guarda relación directa con la corriente de polarización en el diodo. En las fuentes de ruido de la serie N4000 generan dos niveles de ruido distintos, el nivel OFF cuando se elimina la corriente de inversa en el diodo, la fuente genera esencialmente ruido térmico el cual es proporcional a la resistencia de salida de la fuente de ruido y a la temperatura física de la misma. El nivel ON se aplica la corriente de polarización inversa al diodo, la fuente incrementa de forma sustancial el ruido

a su salida. Este ruido no es de naturaleza térmica, no depende de la temperatura física de la fuente) puede modelarse como tal por medio de la temperatura equivalente de la fuente de ruido.

En la figura 2 se muestra un diagrama de bloques que muestra la estructura interna de las fuentes de ruido de la serie N4000. La fuente de ruido requiere de una tensión de alimentación de +28 V para su operación. En las fuentes de ruido N4000A y N4001A, un inversor de voltaje interno convierte esta tensión a -25 V y la aplica al regulador de corriente que alimenta al bloque regulador de corriente para el diodo generador de ruido. El modelo N4002 emplea una polarización positiva, así que no posee un inversor de voltaje en su interior.

El termómetro digital está térmicamente acoplado al ensamble de microondas.

Cuando la SNS está en el estado ON, el diodo produce ruido de banda ancha el cual se inyecta al atenuador. El atenuador fija el valor final de ENR y establece la impedancia de salida de la SNS. Este atenuador es de 16 dB en los modelos N4000A para entregar ENR de 5 dB. Los modelos de SNS N4001A y N4002A utilizan un atenuador de 6 dB para valor nominal de ENR de 15 dB.

Estas fuentes cuentan con capacidad de descargar los datos de ENR al analizador, los datos de calibración para el ENR almacenados disminuyen el error. Integra un sensor de temperatura [1].

Las características de salida de una fuente de ruido vienen dadas en función de su rango de frecuencia y la razón de ruido en exceso (ENR). Son comunes fuentes de ruido con valores nominales de ENR entre 6dB y 15 dB. Los valores de ENR son calibrados en puntos específicos de frecuencia.

Se emplean fuentes de ruido con bajo valor de ENR para minimizar el error por la no linealidad del detector de ruido. El error será menor si la medida se realiza sobre un rango menor, en la zona de mayor linealidad, del detector de ruido. En este caso se emplea una fuente con ENR de 6 dB. [3]

Se debe emplear una fuente de ruido con un conector adecuado para el DUT en vez de emplear un adaptador, en especial para dispositivos de alta ganancia. Los valores de ENR para una fuente de ruido aplican solo hasta el su conector. Un adaptador añade pérdidas a los valores de ENR, la incertidumbre en estas pérdidas incrementa la incertidumbre total en la medición. Si se usa un adaptado, se deben tomar en cuenta sus pérdidas. [3].

Es importante emplear un NS con el menor cambio en su impedancia de salida entre sus estado de encendido y apagado. Estos cambios de impedancia alteran el acoplamiento entre la NS y el DUT lo que conlleva a cambios en la ganancia y en la figura de ruido del DUT. Las fuentes de ruido comerciales de 6dB ENR limitan el cambio del coeficiente de reflexión entre los estados ON y OFF a menos de 0.01 a frecuencias hasta de 18 GHz. [3]

Las fuentes de ruido con bajo valor de ENR son ideales para medición, sin embargo, las fuentes de alto ruido son necesarias para calibrar el rango dinámico completo del instrumento. Los NFA pueden tomar en cuenta las distintas tablas de ENR requeridas para la calibración y medida. [3]

Una fuente con un bajo valor de ENR necesitara en el instrumento un menor valor de atenuación para cubrir el rango dinámico, excepto cuando la ganancia del DUT es muy alta. Emplear menor atenuación reduce la figura de ruido del instrumento de medición, lo cual a su vez reduce la incertidumbre en la medición. [3]

Las SNS pueden generar ruido en dos estados ON y OFF. Cuando se activa el estado OFF produce ruido térmico en banda RF generado por agitación térmica de sus componentes de RF de acuerdo a su temperatura física. Cuando se activa en ON aún produce ruido térmico y ruido adicional conocido como ruido en exceso.

Estos dos niveles de ruido se usan para medición de ganancia y ruido agregado por parte del dispositivo bajo prueba, y por consiguiente, su figura de ruido.

Los valores de ENR son dados en puntos de frecuencia cardinales sobre el rango de frecuencia de cada fuente, las parejas de datos frecuencia/ENR están almacenado en una EEPROM interna así como también los datos de incertidumbre y el coeficiente de reflexión complejo en ambos estados ON y OFF, documentados en el reporte de calibración. [1.8]. El ENR relaciona el nivel de ruido en exceso al ruido obtenido con la temperatura estándar de 296 K o al nivel de ruido que existe a la temperatura a estándar de 296 K. El valor de ENR no incluye la componente de ruido en OFF.

El bloque regulador de corriente se encarga además de realizar la conmutación necesaria para producir los estados de ruido ON y OFF.

Las fuentes de ruido SNS poseen en su interior memoria EEPROM no volátil, en esta memoria



Figura 2: Diagrama de bloques para una fuente de ruido serie N4000

se almacena un archivo que contiene los datos que caracterizan a la fuente de ruido en función de la frecuencia (ENR y coeficiente de reflexión). Es por esta razón que estas fuentes se conocen como "fuentes de ruido inteligentes". Las fuentes de ruido SNS utilizan emplean un bus serial (two-wire bus) para transferencia de datos entre la fuente de ruido y el NFA. El NFA puede leer y modificar estos, que incluyen modelo, número de serial y la configuración de la intensidad de corriente de diodo y datos de calibración. El NFA debe proveer una alimentación de +5 V a la interfaz serial, la memoria EEPROM y el sensor digital de temperatura.

El termómetro digital está térmicamente acoplado al ensamble de microondas.

Cuando la SNS está en el estado ON, el diodo produce ruido de banda ancha el cual se inyecta al atenuador. El atenuador fija el valor final de ENR y establece la impedancia de salida de la SNS. Este atenuador es de 16 dB en los modelos N4000A para entregar ENR de 5 dB. Los modelos de SNS N4001A y N4002A utilizan un atenuador de 6 dB para valor nominal de ENR de 15 dB.

Estas fuentes cuentan con capacidad de descargar los datos de ENR al analizador, los datos de calibración para el ENR almacenados disminuyen el error. Integra un sensor de temperatura [1].

1.3. Interfaces

Las fuentes de ruido inteligentes disponen de dos interfaces de tipo eléctrico: un interfaz de señal de RF y μF y otra interfaz para comunicación de datos.

1.3.1. Interfaz eléctrica: señal de ruido

Las características de las fuentes de ruido se determinan por tres parámetros. El más importante de estos es su *razón de ruido excedente (ENR)*, la cual indica, de forma indirecta, la potencia de ruido nominal que la fuente puede entregar. Viene dada por una razón de potencias de ruido o de temperaturas de ruido equivalentes, es una cantidad adimensional, pero es práctica común expresarla en decibelios. En la tabla 1 se indican los niveles nominales para las fuentes de ruido de las series 346 y N4000.

Modelo de NS	Rango de ENR (dB)
N4000A / 346A	4.5 - 6.5
N4001A / 346B	14 - 16
N4002A / 346C	12 - 17

Cuadro 1: Rangos de ENR nominal para fuentes de ruido

Los dos parámetros restantes que describen una fuente de ruido están relacionados con el acople con el resto del sistema, estos son el ROE (SWR) y su coeficiente de reflexión. Los tres parámetros

descriptivos, el ENR, la ROE y el coeficiente de reflexión son dependientes de la frecuencia. En la tabla 2 se resumen estos datos para las fuentes de ruido de la serie N4000 para los rangos de frecuencia respectivos a cada modelo de fuente de ruido.

	Rango de frecuencia (GHz)	ROE máxima	Coeficiente de reflexión para los estados ON / OFF
N4000A	0.01 - 1.5	<1.06 : 1	0.03
	1.5 - 3.0	<1.06 : 1	0.03
	3.0 - 7.0	<1.13 : 1	0.06
	7.0 - 18.0	<1.22 : 1	0.10
N4001A	0.01 - 1.5	<1.15 : 1	0.07
	1.5 - 3.0	<1.15 : 1	0.07
	3.0 - 7.0	<1.20 : 1	0.09
	7.0 - 18.0	<1.25 : 1	0.11
N4002A	0.01 - 1.5	<1.22 : 1	0.10
	1.5 - 3.0	<1.22 : 1	0.10
	7.0 - 18.0	<1.25 : 1	0.11
	18.0 - 26.5	<1.35 : 1	0.15

Cuadro 2: Características eléctricas para fuentes de ruidos SNS serie N4000

Modelo de SNS	N4000A	N4001A	N4002A
Rango de frecuencia	10 MHz a 18 GHz	10 MHz - 18 GHz	10 MHz - 18 GHz
Conector	APC 3.5 mm con opción de Tipo-M (m)		
ENR nominal (dB)	6	6	30
Rango de ENR (dB)	4.5 - 6.5	14 - 16	12 - 17
Rango de F en el DUT (dB)	<20	<30	?
Rango de temperatura (°C)	0 a 55		
Precisión	±1a25 °C ±2de0a55 °C		
Impedancia (Ω)	50		
Máxima potencia inversa (W)	1		
Variación de ENR con temperatura	<0.01 dB / °C de 30 MHz a 26 GHz		
Sensor de temperatura	Rango	0 a 55 °C	
	Resolución	0.25 °C	
	Precisión	±1 °Ca25 °C	
		±2 °Cde0a55 °C	

Se emplean fuentes de ruido con bajo valor de ENR para minimizar el error por la no linealidad del detector de ruido. El error sera menor si la medida se realiza sobre un rango menor, en la zona de mayor linealidad, del detector de ruido. En este caso se emplea una fuente con ENR de 6 dB. [3]

Se debe emplear una fuente de ruido con un conector adecuado para el DUT en vez de emplear un adaptador, en especial para dispositivos de alta ganancia. Los valores de ENR para una fuente de ruido aplican solo hasta el su conector. Un adaptador añade perdidas a los valores de ENR, la incertidumbre en estas perdidas incrementa la total en la medición. Si se usa un adaptado, se deben tomar en cuenta sus perdidas. [3].

Es importante emplear un NS con el menor cambio en su impedancia de salida entre sus estado de encendido y apagado. Estos cambios de impedancia alteran el acoplamiento entre la NS y el DUT lo que conlleva a cambios en la ganancia y en la figura de ruido del DUT. Las fuentes de ruido comerciales de 6dB ENR limitan el cambio del coeficiente de reflexión entre los estados ON y OFF a menos de 0.01 a frecuencias hasta de 18 GHz. [3]

Las fuentes de ruido con bajo valor de ENR son ideales para medición, sin embargo, las fuentes de alto ruido son necesarias para calibrar el rango dinámico completo del instrumento. Los NFA pueden tomar en cuenta las distintas tablas de ENR requeridas para la calibración y medida. [3]

Una fuente con un bajo valor de ENR necesitara en el instrumento un menor valor de atenuación para cubrir el rango dinámico, excepto cuando la ganancia del DUT es muy alta. Emplear menor atenuación reduce la figura de ruido del instrumento de medición, lo cual a su vez reduce la incertidumbre en la medición. [3]

Las SNS pueden generar ruido en dos estados ON y OFF. Cuando se activa el estado OFF produce ruido térmico en banda RF generado por agitación térmica de sus componentes de RF de acuerdo a su temperatura física. Cuando se activa en ON aún produce ruido térmico y ruido adicional conocido como ruido en exceso.

Estos dos niveles de ruido se usan para medición de ganancia y ruido agregado por parte del dispositivo bajo prueba, y por consiguiente, su figura de ruido.

Los valores de ENR son dados en puntos de frecuencia cardinales sobre el rango de frecuencia de cada fuente, las parejas de datos frecuencia/ENR están almacenado en una EEPROM interna así como también los datos de incertidumbre y el coeficiente de reflexión complejo en ambos estados ON y OFF, documentados en el reporte de calibración. [1.8]. El ENR relaciona el nivel de ruido en exceso al ruido obtenido con la temperatura estándar de 296 K o al nivel de ruido que existe a la temperatura a estándar de 296 K. El valor de ENR no incluye la componente de ruido en OFF.

1.3.2. Interfaz de Señal