

SISTEMA DE MEDIDA DE PARAMETROS DE RUIDO DE TRANSISTORES CHIP EN BANDA Ka

Salvador Borràs, Pere Joan Planas, Lluís Pradell.
Dept. T.S.C. Grup A.M.R. E.T.S.E.T.B.
Universitat Politècnica de Catalunya

Abstract

In this paper a full noise parameters measurement system is presented for chip transistors characterization in Ka band. The hardware involved is described focusing in the elements indeed designed. Some accurate S-parameters measurement methods are used in order to obtain the required accuracy. Experimental results are presented at 30 GHz.

Introducción

Para obtener una respuesta satisfactoria en la realización de amplificadores de bajo ruido en banda milimétrica deben usarse transistores sin encapsular, o en chip. Para diseñarlos es preciso conocer los parámetros de scattering y de ruido para minimizar su figura de ruido. Actualmente se dispone de métodos para la medida de parámetros-S mediante el uso de un test-fixture adecuado, obteniendo resultados satisfactorios hasta 40 GHz [5]. Ahora bien, la determinación de parámetros de ruido presenta una serie de dificultades adicionales, por el hecho de ser una medida indirecta y en consecuencia, requerir la medida del factor de ruido por un lado, y la medida de coeficientes de reflexión a la entrada del transistor por otro. Actualmente no existen sistemas comerciales que ofrezcan la capacidad de medida de parámetros de ruido a estas frecuencias, además los datos facilitados por el fabricante son escasos, por todo ello surge la necesidad de implementar un sistema completo de medida que permite extraerlos con la mayor precisión posible. El sistema que se describe en este artículo se basa en métodos de medida ya utilizados con anterioridad [1], [3] y en subsistemas hardware desarrollados a tal fin [2].

Sistema de medida

Como es habitual, para obtener los parámetros de ruido es necesario disponer de información sobre la "superficie de ruido", es decir, conocer el factor de ruido resultante para diversos coeficientes de reflexión a la entrada del transistor. Los parámetros de ruido se obtienen minimizando una función de error adecuada. Se debe disponer por tanto, de un mecanismo de medida del coeficiente de reflexión justo en el plano de entrada del

transistor y de una cadena de medida de ruido que permita, aplicando una formulación adecuada [5], obtener el factor de ruido generado únicamente por el transistor.

El sistema completo de medida se presenta en la figura 1. El transistor en chip es soportado por un circuito microstrip en sustrato de alúmina, este circuito se emplaza en un test-fixture, el cual se conecta, o bien a la cadena de medida de ruido o al analizador de redes con objeto de medir los parámetros-S del transistor, así como las transiciones de coaxial a microstrip.

La cadena de medida de factor de ruido se basa en el medidor HP8970B, utilizándose un oscilador local para obtener una frecuencia intermedia dentro de la banda que permite el medidor. Para minimizar el efecto de desadaptación de la fuente de ruido se coloca un aislador a su salida, independizándose además, del estado (hot/hold) de la fuente. El sintonizador se ha implementado [2] a partir de una T-mágica en guía WR-28 terminada en cortocircuitos deslizantes en los puertos desacoplados. Para introducir la corriente continua de polarización del transistor ha sido necesario diseñar unas T's de polarización basadas en líneas acopladas en microstrip cuya separación es de 0.1 mm. Asimismo las T's actúan como transiciones de guía WR-28 a coaxial 2.4 mm, de manera que permite adaptar el sintonizador al test-fixture. Incorporan además una resistencia en chip de adaptación a bajas frecuencias (pocos GHz) para evitar que el transistor oscile. La colocación de un segundo aislador permite adaptar la salida del transistor de medida y presentar adaptación al amplificador de bajo ruido. Este reduce el factor de ruido del sistema de medida (fórmula de Friis). Finalmente el mezclador permite obtener la frecuencia intermedia que se aplica al medidor.

Método de medida

Para calcular el coeficiente de reflexión a la entrada del transistor es necesario conocer no sólo el valor de impedancia sintetizada por el sintonizador, sino también los parámetros-S de los elementos pasivos intercalados entre éste y la entrada del transistor, además deben ser medidos con suficiente precisión, ya que a estas frecuencias resulta difícil conocer la fase con exactitud. Un error de fase puede falsear los resultados. Asimismo para calcular el factor de ruido del transistor se parte de dos medidas globales en la cadena: calibración y medida; permitiendo de esta forma conocer el factor de ruido del medidor, entendiéndose por éste todo el hardware existente entre el plano de calibración y el medidor propiamente dicho, y el factor de ruido del conjunto insertado en la medida. A partir de este último factor de ruido y conociendo con precisión los parámetros-S de los elementos pasivos, puede obtenerse el factor de ruido del transistor aplicando la fórmula de Friis.

La medida de parámetros-S de los elementos con entrada y salida en guía de onda WR-28: aisladores, sintonizador, amplificador, no presenta dificultad. Calibrando el analizador de redes HP8510B mediante el método full two-port o TRL pueden medirse directamente. Al medir las T's de polarización aparece la dificultad de que tienen distinta familia de conector a la entrada (guía de onda WR-28) y a la salida (coaxial 2.4 mm), estos elementos se conocen con el nombre de dispositivos no insertables. En este caso el analizador no puede calibrarse directamente, debiéndose recurrir al uso de la técnica Adapter Removal que ofrece el analizador HP8510B. Mediante dicha técnica se calculan los parámetros de error a partir de dos calibraciones, una en cada puerto de medida conectando un elemento de adaptación de conectores en el otro puerto. El algoritmo usado para calcular los nuevos parámetros de error necesita disponer además del retardo

(electrical delay) que se produce en el adaptador. En este caso al ser un adaptador con una parte de guía de onda y otra parte en coaxial debe tenerse en cuenta la velocidad de propagación correspondiente en cada caso.

Los parámetros-S del transistor se miden mediante la técnica de calibración TRL que permite conocerlos con exactitud en sus planos de entrada-salida, para ello se dispone de un conjunto de standards de calibración acoplables al test-fixture. También es necesario disponer de los parámetros-S de la transición coaxial a 2.4 mm hasta el plano del transistor en el test-fixture. De nuevo existe la dificultad de medida por ser un dispositivo no insertable, en consecuencia debe recurrirse a la técnica Adapter Removal, siendo en este caso el adaptador el patrón de calibración thru.

Disponiendo de los parámetros-S de todos los elementos puede procederse a realizar la medida de los factores de ruido para cada una de las impedancias que se sintetizan.

Resultados experimentales

Se ha caracterizado el transistor JS8830 de Toshiba a 30 GHz, para ello se han medido un conjunto de 50 puntos uniformemente distribuidos por toda la carta de Smith. En realidad no se puede cubrir toda la carta en el plano del transistor debido a las pérdidas presentadas por los elementos pasivos. Al realizar la optimización para obtener los parámetros de ruido se comprueba que los datos de laboratorio poseen un error apreciable, puesto que los resultados obtenidos dependen en gran medida del número de puntos de la superficie tomados y en consecuencia se sabe [1] que los parámetros de ruido no se extraen con precisión. La figura 2 muestra los parámetros de ruido obtenidos para el transistor JS8830. La figura 3 muestra el factor de ruido en función de la corriente de polarización.

Las causas de la carencia de precisión hay que buscarlas en el hardware utilizado en la cadena de medida. En primer lugar la precisión en la medida del factor de ruido es tanto mayor cuanto menor sea el factor de ruido del medidor, siendo éste de 7.5 dB que resulta ser un valor excesivo. Por otra parte de las pérdidas de las etapas pasivas previas al transistor influyen notoriamente en la precisión obtenida. Otra dificultad adicional que aparece en la medida, es la de garantizar un contacto repetible en la transición coaxial a microstrip en el test-fixture, limitación estrictamente mecánica.

Conclusiones

Se ha implementado un sistema completo de medida de parámetros de ruido, partiendo de estudios y sistemas realizados anteriormente, y de hardware desarrollado a tal fin. Por lo que a métodos de medida se refiere, se han establecido formas concretas de medida de elementos con cualquier tipo de conexión, tanto en la entrada como en la salida. Para conseguir un aumento de la precisión hay que disponer de un amplificador de bajo ruido en banda Ka, la calidad del cual depende a su vez del grado de conocimiento de los parámetros de ruido de los transistores que intervienen. En definitiva el método presentado es válido para medir parámetros de ruido de transistores en chip en banda milimétrica, siempre que se disponga del hardware apropiado con suficiente calidad.

Referencias

[1] L. Pradell, S. Borràs, A. Comerón, E. Artal.

"Determination of transistor noise parameters from noise figure and S-parameters measurement" Microwave Engineering Europe, January/February 1991.

[2] M. Jover, P. J. Planas, L. Pradell.

"Desarrollo de subsistemas para la medida de parámetros de ruido", Actas V Simposium Nacional URSI 1990.

[3] S. Borràs, L. Pradell, A. Comerón, E. Artal.

"Metodo para la determinación de los parámetros de ruido a partir de medidas precisas de factor de ruido y parámetros-S", Actas V Simposium Nacional URSI 1990.

[4] A. Davidson, B. Leake, E. Strid.

"Accuracy factors in microwave noise parameters measurement"

IEEE Mtt-S International Symposium Digest, pp 827-830, 1989.

[5] L. Pradell.

"Diseño de amplificadores de bajo ruido en banda milimétrica", Tesis Doctoral presentada a la Universitat Politècnica de Catalunya, 1989.

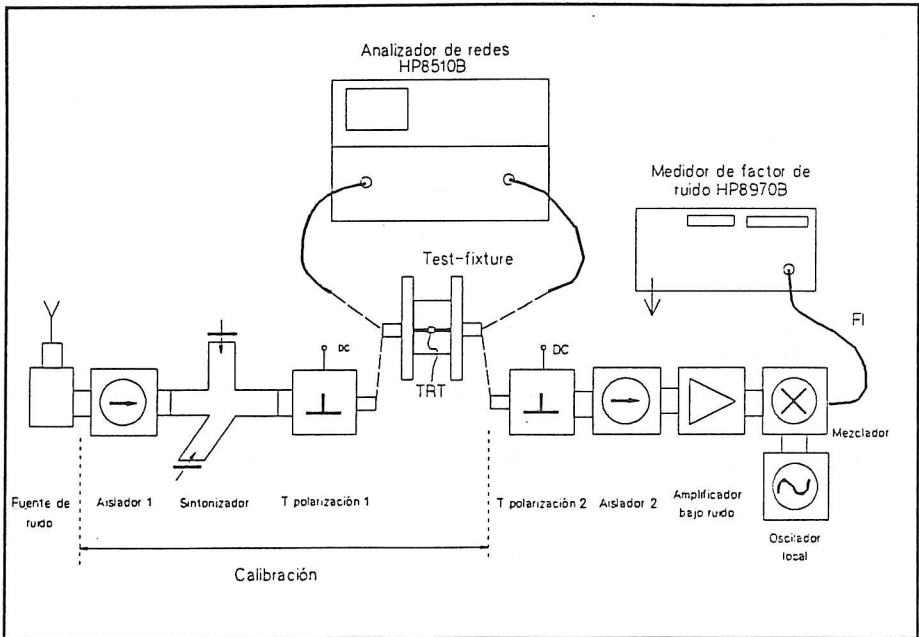


Figura 1. Sistema de medida de parámetros de ruido a 30 GHz.

	Experimental	Fabricante
F(dB)	4.25	4.0
Rn(Ω)	39.6	---
Γ_{opt}	0.27_{-178°	---

Figura 2. Resultados experimentales, transistor JS8830.

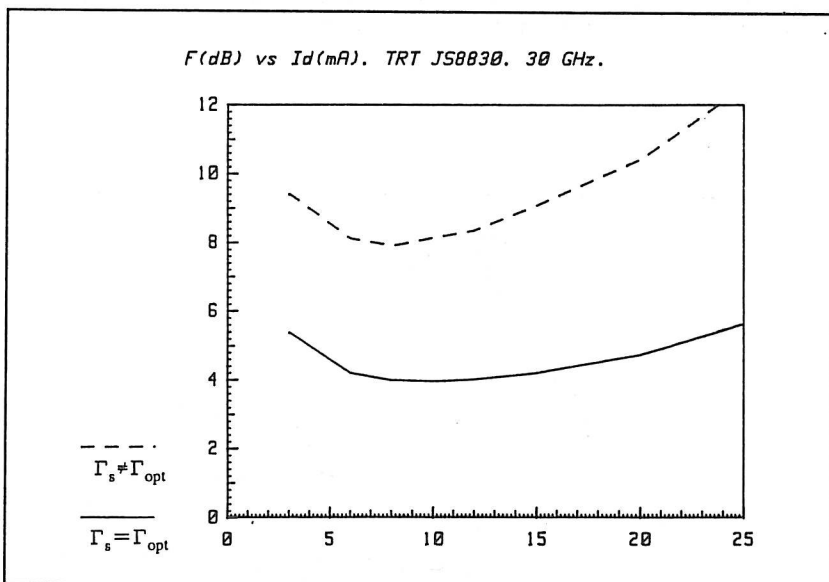


Figura 3. Factor de ruido en función de la corriente de polarización.