AUTOMATIZACION DE LA CARACTERIZACION DE TRANSISTORES MESFET DE MICROONDAS

Josep Costa, Lluís Pradell
E.T.S.E. Telecomunicación-U.P.C.
Depto. T.S.C.-Grupo A.M.R.
Apto. 3002, D.P. 08080-BARCELONA

ABSTRACT

The design of an automatic system for the circuit modelling of MESFET and HEMT transistors is described. The system includes Controler, Network Analizer, Switching circuits and DC-bias T'S.

From DC measurements, the extrinsic resistances (drain, source and gate) are automatically obtained. DC characteristic (Id-Vds) and Trt. [S] parameters are also measured for selected DC points.

The system advantages and drawbacks compared to commercial systems are also discuted.

INTRODUCCION

En este trabajo se presenta un sistema automatizado para caracterizar transistores MESFET, basado en el método de Fukui [1], que cubre tres objetivos básicos:

-Utilizar los distintos equipos de instrumentación, controlables mediante el BUS HP-IB, disponibles en el Grupo A.M.R. de la E.T.S.E.T. de Barcelona.

-Lograr que el proceso de automatización tenga en cuenta las pérdidas ohmicas.Introducidas por el cableado de conexión de los distintos equipos con el dispositivo de medida (transistor MESFET).

-Aprovechar los resultados obtenidos por el proceso de automatización para ejecutar un programa de simulación, existente en el departamento [2], con el fin de modelar de forma no lineal el transistor MESFET.

DESARROLLO DEL PROGRAMA DE CONTROL

El proceso de automatización, se ha realizado de forma flexible. El menú de opciones consta, entre otros, de tres submenús principales:

-Cálculo de las resistencias extrínsecas

-Obtención de las curvas características

-Parámetros [S]

Cálculo de las Resistencias Extrínsecas

De acuerdo con el circuito equivalente del transistor MESFET propuesto por Fukui [1] (ver Figura 1), el programa calcula las resistencias extrínsecas basándose en el esquema de medida indicado en la Figura 2. Para ello, se llevan a cabo los pasos siguientes:

-Con la fuente del transistor a masa y el drenador al aire, el programa obtiene la característica (Vgs-Ig) del diodo resultante. De manera análoga, se obtienen las características (Vgd-Ig) y (Vgds-Ig) de los diodos formados al conectar el drenador a masa y drenador junto con la fuente a masa respectivamente.

-Seguidamente, para cada uno de los diodos indicados, se obtiene su resistencia equivalente a partir del Subprograma DIOMODEL [3], el valor de la resistencia de puerta Rg y (Rd-Rs) [4].

-A continuación, de acuerdo con el esquema de medida indicado en la Figura 3, el programa obtiene la característica (Vgs-Id) con Vds=50 mv. (transistor en zona ohmica). De donde, aplicando el método de la regresión lineal, se calcula la tensión de Pinch-off (Vp) del transistor.
-A partir de la expresión [1]:

$$V_{bi}=0.768-0.06\cdot \log\left(\frac{10^{y}}{Lg\,z}\right)$$

Lg: longitud de metalización de la puerta en μm

z: anchura total de puerta en mm

m fuerza los valores de $V_g(m)$ y $V_g(m-1)$ según las siguientes expresiones:

$$y=12+m-\frac{1}{1-\frac{V_g(m-1)}{V_g(m)}} \qquad \begin{array}{l} I_{g1}=10^{m} \Rightarrow V_g(m) \\ I_{g2}=10^{m-1} \Rightarrow V_g(m-1) \end{array}$$

el programa calcula la tensión de Built-in (Vbi) del transistor MESFET. El valor de (Rs+Rd) se obtiene a partir de la característica X-Rds [4]. Siendo:

$$R_{ds}\ R_d+R_s+R_0X \qquad R_{ch}=X\cdot R_0 \qquad X=\frac{1}{1-\sqrt{\frac{V_{bi}-V_{gs}}{V_{bi}+V_p}}}$$

-Finalmente se tiene un sistema de dos ecuaciones con dos incognitas de las cuales es posible calcular los valores de las resistencias de fuente (Rs) y drenador (Rd) respectivamente.

El soporte del transistor es un Test Fixture apto para la medida de parámetros [S] hasta 40 GHz.. Ello garantiza una buene conexión en contínua con el transistor.

Es necesario destacar que el programa de forma transparente al usuario, garantiza que la tensión de polarización aplicada al dispositivo de medida es independiente de las pérdidas ohmicas existentes en los cables de conexión (Calibración en Contínua).

Obtención de las Curvas Características

Basándose en el esquema de medida indicado en la Figura 3, el programa obtiene las curvas características (Vds-Id) con Vgs variable. Representando de forma gráfica y alfanumerica los valores de tensión y de corriente medidos (hasta un máximo de 120 puntos, 12 para Vds y 10 para Vgs).

Hay que destacar que el programa realiza también una calibración en contínua para cada uno de los puntos de polarización indicados por el usuario. De modo que almacena en un fichero de resultados los valores reales de tensión que han necesitado enviar las fuentes de alimentación para tener en el transistor los valores de Vgs y Vds indicados por el usuario.

Parámetros [S]

Antes de iniciar las medidas, debe realizarse una calibración TRL utilizando el Test Fixture [5].

El programa para cada punto de polarización (Vgs,Vds) del fichero de resultados, envía un comando al analizador de redes para que éste obtenga los parámetros [S] en un margen de 1 a 40 GHz.. Los parámetros [S son enviados al controlador HP 217 donde son representados y almacenados.

Para que las medidas sean correctas, deben usarse los mismos cables de conexión asi como el mismo esquema de medida, sin las T's de polarización, usado para la obtención de las curvas características (Figura 3).

RESULTADOS OBTENIDOS. COMPARACION CON EL SISTEMA DE MEDIDAS HP 4145B

Se ha probado el transistor MESFET encapsulado NEC720 con el sistema de automatización de medidas realizado asi como con el sistema de medidas HP 4145 B, obteniéndose los resultados indicados en las Fifuras 4 a 7.

Puede observarse que ambos sistemas de medida son comparables a pesar de la mejor resolución inicial, en cuanto a polarización, del sistema de medida HP 4145 B.

Para medidas de corriente elevadas, se comprueba que los valores dados por el sistema HP 4145 B son menores que los dados por el sistema automatizado de medidas realizado. Ello es debido a que el sistema de medida HP 4145 B no tiene en cuenta la calibración en contínua para los cables de conexión usados.

La desventaja del sistema automatizado de medida está en su tiempo de ejecución. El cual es mucho mayor que el del sistema HP 4145 B. Por ejemplo para la obtención de las curvas características (Vds-Id) con Vgs variable, el sistema automatizado de medida tarda alrededor de 1h 15'. En cambio la ejecución con el sistema HP 4145 B es prácticamente instantánea.

Hay que destacar además que el sistema automatizado de medida realizado tiene una repetibilidad en las medidas realizadas bastante buena. Habida cuenta de la resolución en las fuentes de polarización usadas (2 mv. en el margen de -1v. a 1v.).

AGRADECIMIENTO

Los autores desean agradecer al Depto. de Ingenieria Electrónica de la U.P.C. su colaboración al permitirles utilizar instrumental de su laboratorio.

REFERENCIAS

[1] "Determination of the Basic Device Parameters of a GaAs MESFET" H. Fukui
The Bell System Technical Journal-vol 58, No 3, March 1979

[2] "Instantaneous Model of a MESFET for use in a linear and no linear Circuit Simulation"
I. Corbella, J.M. Legido, G. Naval
IEEE Trans. on Microwave Theory and techniques, vol.MTT-40, No 7, July 1992

[3] "Mezcladores para Receptores de Bajo Ruido en las Bandas de 20 y 30 GHz."
F.Torres Torres P.F.C. E.T.S.E.T. Barcelona 1988

[4] "Amplificadores de Bajo Ruido en Bandas de Milimétricas" Capítulo 2-J.R. Sanchez bravo
P.F.C. E.T.S.E.T. Barcelona 1988

[5] "TRL Calibration applied to the measurement of chip transistor S-parameters up to 40 GHz." L. Pradell, C. Sabater, E. Artal, A. Comerón, J. Bará, I. Corbella, J. Fortuny
20th European Microwave Conference (EuMC), pp. 214-219. Budaoest, September 1990

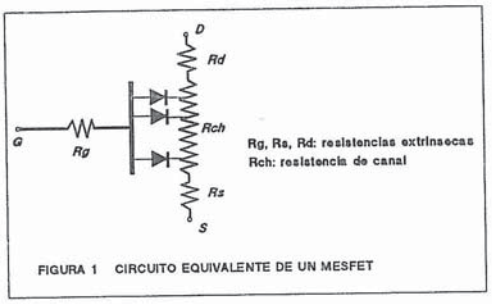

FIGURA 1 CIRCUITO EQUIVALENTE DE UN MESFET

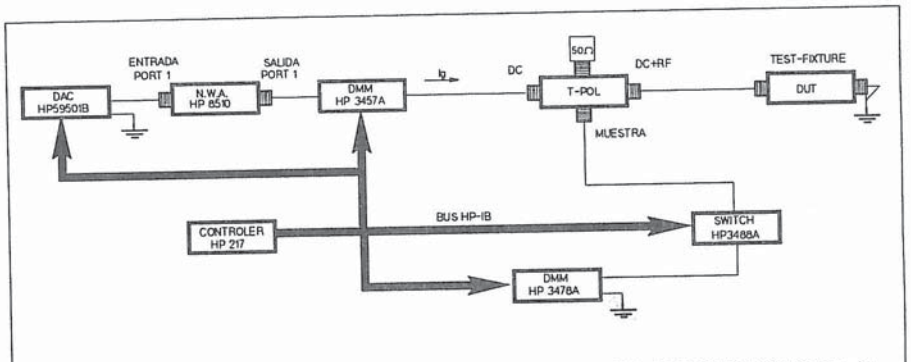

FIGURA 2 ESQUEMA DE MEDIDA USADO PARA OBTENER LAS CARACTERISTICAS Vgx-Ig.
(El caso concreto de la figura, es para la carcterística Vgds-Ig)

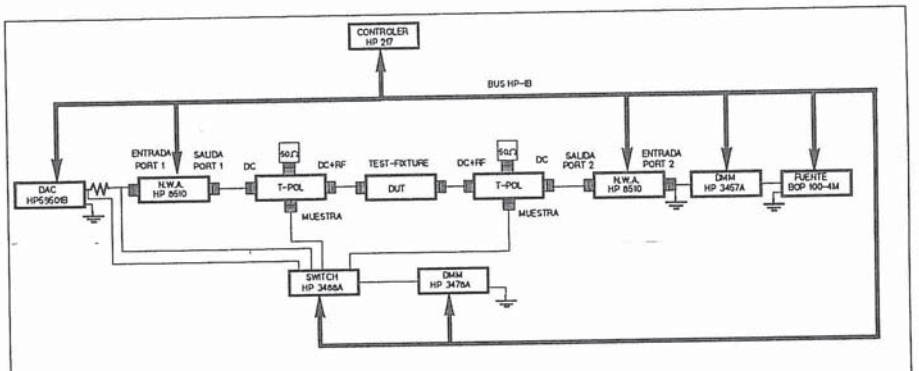

FIGURA 3 ESQUEMA DE MEDIDA USADO PARA OBTENER LA TENSION DE PINCH-OFF, LAS CURVAS CARACTERISTICAS Y LOS PARAMETROS [S]

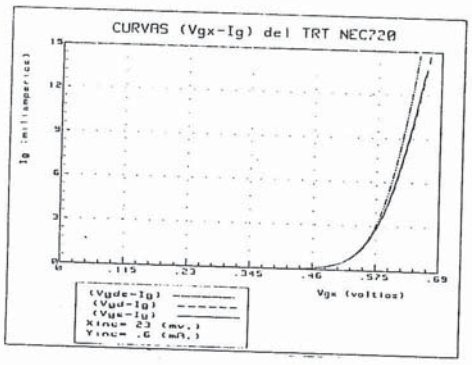

FIGURA 4 Caracteristicas Vgx-Ig medidas (sistema automatizado)

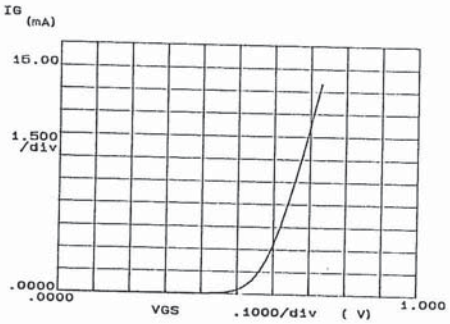

FIGURA 5 Caracteristicas Vgx-Ig medidas (sistema HP 4145 B)

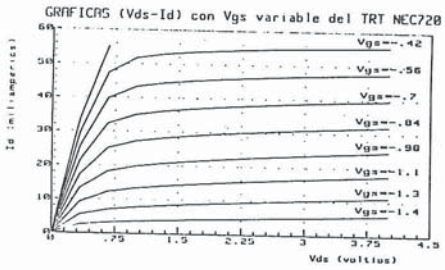

FIGURA 6 Caracteristicas Vds-Id medidas. Vgs var. (sistema automatizado)

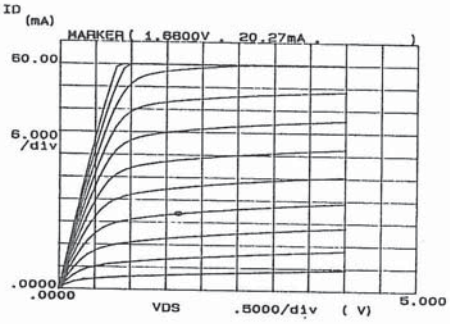

FIGURA 7 Caracteristicas Vds-Id medidas Vgs var. (sistema HP 4145 B)