

# INCLUSIÓN DE LOS FENÓMENOS NO CUASI-ESTÁTICOS EN LA SIMULACIÓN DEL RUIDO DE DISPOSITIVOS MESFET MONOLÍTICOS

Celia García Corrales, Teresa M<sup>a</sup> Martín Guerrero, Carlos Camacho Peñalosa

Departamento de Ingeniería de Comunicaciones  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación, Universidad de Málaga  
Campus Universitario de Teatinos, E-29071, Málaga  
[celia@ic.uma.es](mailto:celia@ic.uma.es), [teresa@ic.uma.es](mailto:teresa@ic.uma.es), [ccp@ic.uma.es](mailto:ccp@ic.uma.es)

## ABSTRACT

In this contribution, noise simulation performance of a non-quasistatic FET equivalent circuit is analyzed. The obtained results show that this equivalent circuit provides noise simulation, at least, as good as those given by conventional ones but in a more consistent way.

## 1. INTRODUCCIÓN

En aplicaciones de instrumentación, radioastronomía o comunicaciones por satélite, entre otras, se requiere una alta sensibilidad, por lo que resulta fundamental disponer de dispositivos de bajo nivel de ruido. El análisis del comportamiento del ruido en cualquier dispositivo se basa habitualmente en un circuito equivalente de pequeña señal del mismo, por lo que, aparte de la técnica de modelado de ruido propiamente dicha que se emplee, la elección que de este circuito equivalente se haga, condicionará en gran medida la simulación obtenida.

Por otro lado, es bien conocido que los fenómenos no cuasi-estáticos (NQS) están presentes de forma significativa en los dispositivos tipo FET de microondas y milimétricas y que es preciso incorporarlos en los modelos si se desea una correcta simulación de su comportamiento [1]. Sin embargo, no son muchos los circuitos equivalentes de pequeña señal que incorporan estos fenómenos de forma consistente y, menos aún, los que se emplean para simular el comportamiento del ruido.

En esta comunicación se utiliza un circuito equivalente NQS de pequeña señal, derivado de forma consistente a partir de un modelo NQS de gran señal [1], conjuntamente con el método de modelado de ruido de Pospieszalski [2] para simular el comportamiento del ruido de dispositivos MESFET monolíticos y evaluar sus prestaciones.

## 2. MODELADO DEL RUIDO EN EL FET

El método de Pospieszalski [2] propone que el ruido en alta frecuencia para transistores FET se puede modelar como ruido térmico en un circuito equivalente de pequeña señal convencional (Fig. 1). Se asignan temperaturas equivalentes  $T_g$  y  $T_d$  a  $r_{GS}$  y  $g_{DS}$ , respectivamente, y se considera que el resto de resistencias contribuyen con ruido térmico a la temperatura ambiente,  $T_a$ . Las incógnitas del modelo,  $T_g$  y  $T_d$ , se suelen determinar mediante técnicas de optimización que ajustan la respuesta simulada con las medidas de los parámetros de ruido del dispositivo. Una vez calculadas, estas temperaturas permiten, dado que se consideran

independientes de la frecuencia, simular el ruido del dispositivo en un amplio ancho de banda.

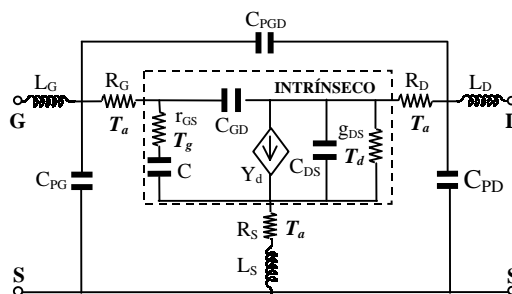


Figura 1. Circuito equivalente convencional para simulación de ruido.

El circuito equivalente NQS de pequeña señal utilizado es el representado en la Fig. 2, donde se aprecia la aparición de componentes resistivas en todas las ramas debido a la existencia del tiempo de relajación  $\tau$ , asociado al carácter NQS del modelo de gran señal del que se deriva. Para introducir en este circuito el ruido, se ha optado por el método de Pospieszalski [2], asociando ruido térmico a todos los elementos resistivos. Aunque nuestro circuito equivalente intrínseco es diferente, se ha seguido un esquema similar consistente en asignar una temperatura  $T_g$  a las ramas puerta-fuente y puerta-drenador, y una temperatura  $T_d$  a la rama drenador-fuente (Fig. 2). Dado que, en esta versión preliminar del análisis, la red de parásitos no incluye resistencias, todas las fuentes de ruido se encuentran en el intrínseco.

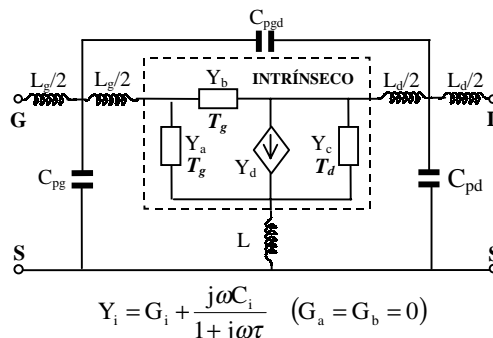


Figura 2. Circuito equivalente no cuasi-estático.

## 3. RESULTADOS

Para evaluar las prestaciones del modelo propuesto se ha utilizado un dispositivo MESFET monolítico  $4 \times 50 \mu\text{m}$  ( $W=200 \mu\text{m}$ ) fabricado por Alenia, en el punto de polarización  $V_{ds} = 2.1\text{V}$  y  $V_{gs} = -0.7\text{V}$  ( $I_{ds} = 50\% I_{dss}$ ). Los parámetros del

circuito equivalente de pequeña señal y de ruido del dispositivo se han obtenido a partir, respectivamente, de medidas de los parámetros  $S$  y del factor de ruido para diferentes admitancias de fuente en la banda 5-25 GHz a temperatura ambiente ( $T_a=300^\circ\text{K}$ ). La extracción de los correspondientes parámetros de ruido a cada frecuencia se ha realizado utilizando el método descrito en [3].

Con el fin de verificar la hipótesis en la que se basa el modelo de ruido de Pospieszalski (independencia de  $T_g$  y  $T_d$  respecto de la frecuencia), se han calculado sus valores para cada frecuencia de medida utilizando el circuito equivalente convencional y el NQS. En la Fig. 3 se aprecia que ambos circuitos equivalentes proporcionan resultados similares, si bien la dispersión de las temperaturas es algo menor en el NQS (modelo NQS:  $\sigma_{T_d} = 94^\circ\text{K}$ ,  $\sigma_{T_g} = 30^\circ\text{K}$ , modelo convencional:  $\sigma_{T_d} = 108^\circ\text{K}$ ,  $\sigma_{T_g} = 36^\circ\text{K}$ ).

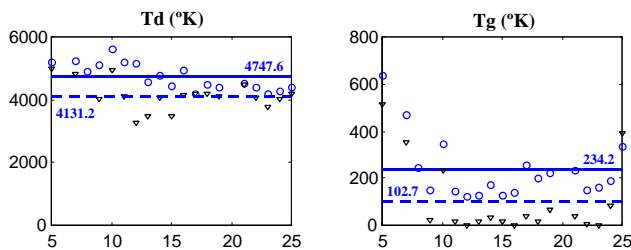


Figura 3. Temperaturas equivalentes de ruido del método de Pospieszalski en función de la frecuencia para MESFET 4x50  $\mu\text{m}$  (Modelo NQS:  $\circ$   $\circ$  y  $\text{—}$ . Modelo convencional:  $\nabla$   $\nabla$  y  $\text{- -}$ )

En la Fig. 4 se representan los parámetros de ruido que proporcionan ambos modelos junto con los valores obtenidos a partir de las medidas. En general puede afirmarse que la simulación que proporcionan ambos circuitos es similar y bastante buena, si bien el modelo NQS parece reproducir con mayor fidelidad las variaciones de  $R_n$  con la frecuencia.

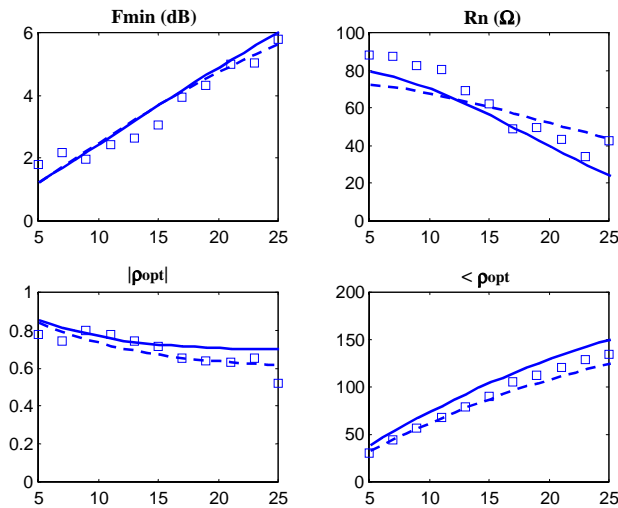


Figura 4. Parámetros de ruido en función de la frecuencia para el MESFET 4x50  $\mu\text{m}$  (Medidas:  $\square$   $\square$   $\square$ ) (Modelo NQS:  $T_d = 4747^\circ\text{K}$ ;  $T_g = 234^\circ\text{K}$ ;  $\text{—}$ ) (Modelo convencional:  $T_d = 4131^\circ\text{K}$ ;  $T_g = 102^\circ\text{K}$ ;  $\text{- -}$ )

Este mismo proceso se ha repetido para otros dos MESFET monolíticos de la misma familia, 4x25  $\mu\text{m}$  y 4x75  $\mu\text{m}$ , en idéntico punto de polarización. Especialmente cuando se utiliza

el modelo NQS, las temperaturas medias obtenidas son similares para los tres dispositivos, lo que en la posibilidad de que un único conjunto de temperaturas permita representar el ruido de la familia completa de dispositivos.

Dispositivo	Modelo NQS		Modelo convencional	
	$T_d$ ( $^\circ\text{K}$ )	$T_g$ ( $^\circ\text{K}$ )	$T_d$ ( $^\circ\text{K}$ )	$T_g$ ( $^\circ\text{K}$ )
4 x 25 $\mu\text{m}$	4359	218	5806	300
4 x 50 $\mu\text{m}$	4749	234	4131	103
4 x 75 $\mu\text{m}$	4335	204	3368	115

Cuando se emplea un único circuito equivalente de pequeña señal (convenientemente escalado) y dos únicas temperaturas,  $T_{dM}$  y  $T_{gM}$  (valores medios de las mostradas en la tabla). Los resultados que se obtienen (ilustrados en la Fig. 5 con el parámetro  $R_n$ ) indican una clara mejora en la simulación asociada al empleo del modelo NQS.

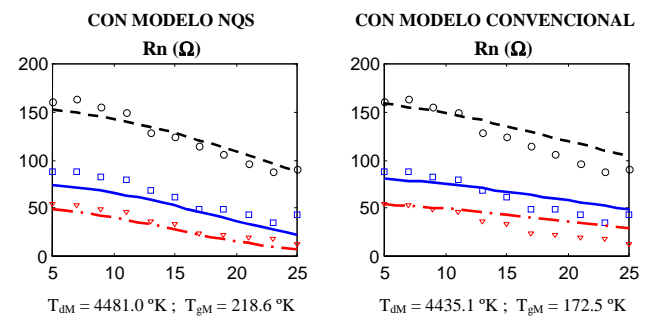


Figura 5. Resistencia equivalente de ruido (Dispositivo 4x25  $\mu\text{m}$ : Simulación  $\text{—}$  ; Medidas  $\circ$   $\circ$   $\circ$ ) (Dispositivo 4x50  $\mu\text{m}$ : Simulación  $\text{—}$  ; Medidas  $\square$   $\square$   $\square$ ) (Dispositivo 4x75  $\mu\text{m}$ : Simulación  $\text{—}$  ; Medidas  $\nabla$   $\nabla$   $\nabla$ ).

#### 4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos sugieren que la introducción de los fenómenos NQS de forma consistente en la simulación del ruido de dispositivos MESFET monolíticos puede mejorar su modelado. No obstante, las simplificaciones introducidas tanto en el modelo de ruido como en el propio circuito equivalente NQS de pequeña señal (p. ej. absorción en el intrínseco de las posibles resistencias parásitas) cuestionan, en cierta medida, esta conclusión y aconsejan realizar un estudio más amplio.

#### 5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Departamento de Ingeniería Electrónica de la Universidad de Roma 'Tor Vergata' (Italia) la aportación de medidas experimentales, y a la CICYT y al MCYT el soporte financiero a través de los proyectos TIC 98-1027 y HI1999-0218, respectivamente.

#### 6. REFERENCIAS

- [1] B. Castillo Vázquez, *Modelo Distribuido Escalable No Cuasi-Estático para Dispositivos Monolíticos tipo FET de Microondas y Milimétricas*, Tesis Doctoral, Universidad de Málaga, 1999.
- [2] M. W. Pospieszalski, "Modelling of Noise Parameters of MESFET's and MODFET's and Their Frequency and Temperature Dependence", *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. 37, no 9, pp. 1340-1350, September 1989.
- [3] M. Mitama, H. Katoh, "An Improved Computational Method for Noise Parameter Measurement", *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. 27, no 6, pp. 612-615, June 1979.