

METODO NEURODIFUSO PARA LA EXTRACCIÓN DE LOS ELEMENTOS PARASITOS EN MESFET Y HEMT

G. Rafael Valdivia

Departamento de Ingeniería
Electrónica
Universidad Católica de Santa María

J.M. Zamanillo, C. Pérez-Vega,
T. Fernández, A. Mediavilla, A. Tazón

Departamento de Ingeniería de
Comunicaciones (DICOM)
Universidad de Cantabria

ABSTRACT

In this paper a new methodology for the extraction of parasitic elements of the small-signal models of GaAs MESFET and AlGaAs P-HEMTs is shown. The neurofuzzy algorithm used for the extraction allows the calculation of the values of access resistances, capacitances and inductances, with no especial cold FET measurements. Experimental results show very good agreement with the theoretical analysis.

1. INTRODUCCIÓN

Las medidas en FET frío ($V_{ds}=0$) se utilizan usualmente para extraer los elementos parásitos de MESFET y HEMTs [1], pero a veces este tipo de medidas no son posible de realizar debido a la carencia de elementos técnicos. En estos casos se utilizan métodos convencionales de optimización para calcular valores realistas de los elementos parásitos, pero en ocasiones los resultados obtenidos quedan lejos de la solución correcta. En esta comunicación se presenta un sistema experto neurodifuso “neurofuzzy” como alternativa a las medidas en FET-frío y a la optimización convencional. La lógica difusa es un superconjunto de variables booleanas que ha extendido los conceptos de valores “parcialmente ciertos” a “completamente ciertos” y “completamente falsos”. Dicho concepto fue introducido por L. Zadeh en la década de 1960 como resultado de modelar la incertidumbre del lenguaje natural [2-3]. Zadeh introdujo el proceso de difusión o “fuzzification” como una metodología para generalizar cualquier teoría de un conjunto discreto a un conjunto continuo (fuzzy). Un sistema experto fuzzy, consiste en un conjunto de reglas y funciones, los cuales utilizan lógica booleana para procesar los datos. Las reglas en un sistema experto fuzzy generalmente son de la forma: “si x es pequeño e y es grande entonces z = mediano” donde x e y son variables de entrada (nombres de los datos conocidos), z es una variable de salida (nombre del dato a ser calculado), pequeño es una función de pertenencia (o subconjunto fuzzy) definido sobre la variable x , grande es una función de pertenencia definida sobre la variable y , y mediano es una función de pertenencia definida sobre la variable z . El antecedente ó premisa de la regla describe que grado de la regla se aplica, mientras que la conclusión (consecuencia de la regla) asigna una función de pertenencia a

una o varias variables de salida. La mayoría de las herramientas que trabajan con lógica fuzzy hacen uso de sistemas expertos capaces de obtener más de una conclusión por regla. El conjunto de reglas en un sistema fuzzy se denomina “base del conocimiento”.

2. EL ALGORITMO DE EXTRACCION

El circuito de pequeña señal utilizado, Fig. 1, es aplicable tanto transistores de tipo HEMT como MESFET.

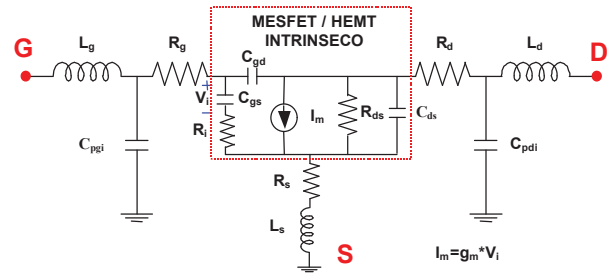


Figura 1. Modelo de pequeña señal de MESFET y HEMT usado en la presente comunicación.

El algoritmo presentado en esta comunicación ha sido programado en MATLAB 6.0 utilizando la ventaja de la herramienta neurofuzzy se proporciona con el lenguaje MATLAB. El programa posibilita la extracción de los elementos parásitos e intrínsecos del modelo de pequeña señal para puntos de polarización del FET caliente ($V_{ds} \neq 0$). Este software tiene dos modos de operación: normal (utilizando las técnicas clásicas de extracción), y automático (neurofuzzy) para poder efectuar la comparación entre ambas técnicas. En el algoritmo de extracción presentado aquí, las variables de entrada son los ocho elementos parásitos del modelo de pequeña señal: R_g , R_d , R_s , L_g , L_d , L_s , C_{pgi} y C_{pdi} . La metodología utiliza una red neuronal para conseguir resultados más precisos, explotando la capacidad de aprendizaje de la red neuronal. Una metodología similar (red neuronal + lógica fuzzy) ha sido utilizada para otro tipo de aplicaciones con buenos resultados por Haykin [3]. La arquitectura de red del modelo es el perceptrón multicapa, como se muestra en la figura 2(a). La capa central es una función del tipo tangente hiperbólica, la cual fue probada con buenos resultados por Cybenko [4] en la cual una red bicapa posee una

función la cual a su vez puede aproximar simultáneamente una función y sus derivadas. La red neuronal calcula el rango partida de cada conjunto fuzzy. Como se muestra en la parte izquierda de la figura 2(b), el modelo utiliza 3 conjuntos fuzzy por cada 2 variables. Las funciones de pertenencia son de tipo Gaussiano en vez de funciones triangulares para evitar discontinuidades en el proceso de interferencia fuzzy. Para realizar la tarea de “defuzzyfication” se ha utilizado el método del centroide y así reducir el tiempo de computo. El uso de la expresión de Singleton para el proceso de defuzzyficación viene dado por la expresión:

$$\bar{y} = \frac{\int y * U_B(y) dy}{\int U_B(y) dy} \quad (1)$$

donde U_B es el grado de pertenencia, e y es el valor máximo del conjunto fuzzy para la variable de entrada. La figura 2 (c) muestra las curvas extraídas de C_{gs} vs. V_{ds} utilizando el método aquí presentado. La tabla 1 muestra la comparación entre el método tradicional [1] y la red experta neurofuzzy presentada en esta comunicación.

	Resistencias (Ω)			Inductancias (nH)			Capacitancias (pF)	
	MESFET GEC MARCONI F20 Bath-tub 6x120 μ m							
	Rg	Rd	Rs	Lg	Ld	Ls	Cpgi	Cpdi
*	3.50	2.00	1.25	0.160	0.100	0.014	0.070	0.160
[1]	4.08	1.99	1.83	0.147	0.122	0.156	0.122	0.280
	P-HEMT Philips 6x15 μ m							
	Rg	Rd	Rs	Lg	Ld	Ls	Cpgi	Cpdi
*	3.00	9.00	10.00	0.035	0.01	0	0.010	0.010
[1]	4.40	9.50	10.30	0.031	0.01	0	0.015	0.009

Tabla 1 Comparación entre los resultados de los elementos extrínsecos obtenidos mediante lógica neurodifusa (*) y un método tradicional Ref. [1] para un transistor de tipo MESFET y otro de tipo HEMT.

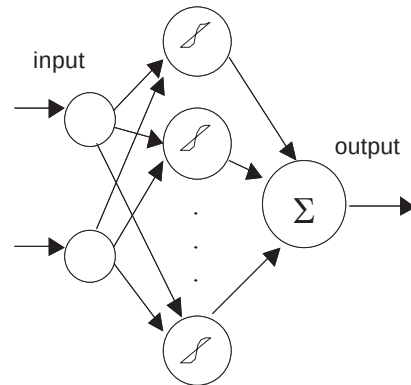
3. CONCLUSIONES

Se ha presentado una nueva metodología para la extracción de los elementos parásitos en el modelo de pequeña señal de transistores MESFET y HEMT a partir de medidas de “FET caliente” en vez de FET-frío. Una comparación entre el método tradicional y el nuevo método muestra una buena concordancia entre ambos.

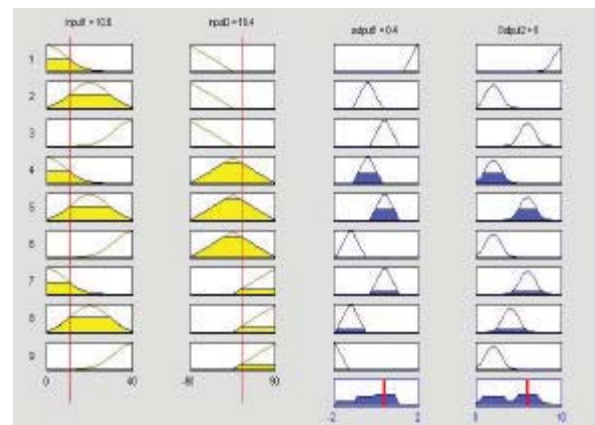
4. REFERENCIAS

- [1] G. Dambrine, A. Cappy, F. Heliodore, and E. Playez, “A New Method of determining the FET small-signal equivalent circuit,” IEEE Trans. MTT, Vol 36, July 1988, pp. 1151-1159.
- [2] L.A.Zadeh. "The Calculus of Fuzzy Restrictions, in Fuzzy Sets and Applications to Cognitive and Decision Making Processes", Academic Press, New York, 1975, pp. 1-39.
- [3] L.A Zadeh,. “From computing with numbers to computing with words. From manipulation of measurements to manipulation of perceptions”. IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Fundamental Theory and Applications, Vol 46 Issue:1 , Jan. 1999 pp. 105 -119

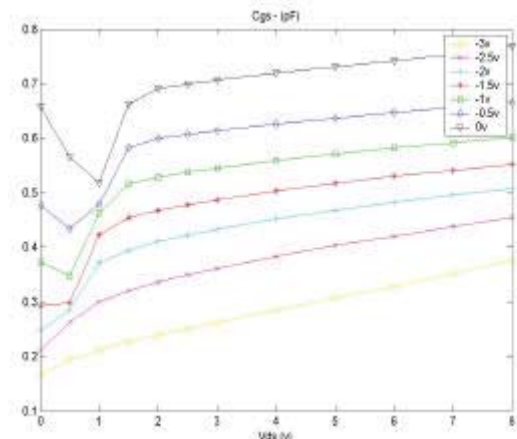
- [4] S.Haykin, “Neural Network:a comprehensive foundation”. Macmillan College Publishing Company, 1994.
- [5] G. Cybenko. “Approximations by superposition of a sigmoidal function”. Math. Control Signals Systems 2 (1989) pp.303-314.



(a)



(b)



(c)

Figura 2.(a) Perceptrón multicapa. (b) Conjunto fuzzy. (c) Curvas de C_{gs} vs. V_{ds} en extracción multibias para el transistor MESFET GEC MARCONI F20 Bath-tub 6x120 μ m utilizando el método aquí presentado para los elementos extrínsecos.