

# ANÁLISIS DE INTERCONEXIONES BASADO EN MODELOS ASINTÓTICOS MEDIANTE ALGORITMOS GENÉTICOS

José M. Gómez, Beatriz Gómez

José. I. Alonso

Dpto. de Teoría de la Señal y Comunicaciones  
Universidad de Alcalá  
jose.gomez@uah.es

Dpto de Señales, Sistemas y Radiocomunicaciones  
Universidad Politécnica de Madrid  
ignacio@gmr.ssr.upm.es

## ABSTRACT

A robust and accurate technique for analyze signal integrity on high-speed VLSI interconnects using frequency asymptotic models based on measured S parameters is present. These models may contents general lumped and distributed elements and can be easily implemented into a general time domain simulator. The following method is useful for evaluate transient responses of high-speed interconnect circuits with negligible errors compared with other conventional techniques. To guarantee the smallest model order is realized one optimization process that use a genetics algorithms.

## 1. INTRODUCCIÓN

Para diseñar sistemas electrónicos digitales de alta velocidad que presenten gran funcionalidad, es necesario disponer de modelos precisos capaces de incorporar los efectos electromagnéticos, de naturaleza distribuida, presentes en las interconexiones, encapsulados y en general en todos los diseños que empleen circuitos impresos como son los retardos, las reflexiones y el ruido. La dificultad de este modelado es debida a la complejidad de los modelos obtenidos. Los programas de simulación de circuitos estándar no pueden abordar el elevado número de variables de estado que surgen en este modelado y que emplean inductancias, capacidades y resistencias distribuidas.

Para abordar el complejo problema del modelado es necesario desarrollar técnicas que permitan reducir el orden del modelo [1]. En la técnica propuesta se generan modelos de orden reducido para las interconexiones que parten del conocimiento de los parámetros S y emplean topologías basada en el Método Generalizado de las Características compuesta por impedancias y generadores.

## 2. MODELADO DE INTERCONEXIONES

La técnica propuesta parte de un modelo basado en el Método Generalizado de las Características [1] que se compone de impedancias de entrada,  $Z_{ii}(s)$  y de fuentes de

tensión,  $F_{ij}(s)$ . Las ecuaciones que definen el circuito equivalente que será modelado responden a la expresión matricial:

$$\mathbf{V} = \mathbf{Z}\mathbf{I} + \mathbf{E} = \mathbf{Z}\mathbf{I} + \mathbf{F}[\mathbf{V} + \mathbf{Z}_0\mathbf{I}] \quad (1)$$

Los elementos constitutivos del circuito equivalente expresados por medio de las matrices  $\mathbf{Z}$  y  $\mathbf{F}$  están relacionados con los parámetros S del circuito lineal de  $n$  puertas mediante las siguientes relaciones funcionales [1]:

$$Z_{ii} = \frac{Z_{oi}^* + S_{ii}Z_{oi}}{1 - S_{ii}} \quad F_{ij} = \sqrt{\frac{\text{Re}(Z_{oi})}{\text{Re}(Z_{oj})}} \frac{S_{ij}}{1 - S_{ii}} \quad (2)$$

Los componentes constitutivos del modelo de la red lineal se determinan mediante una aproximación, compuesta por un número reducido  $q$  de polos simples,  $p_j$ , y sus correspondientes residuos  $k_j$ . Así, los simuladores de circuitos de propósito general pueden abordar las dimensiones del problema. La técnica desarrollada permite aproximar las funciones de los componentes que forman el modelo propuesto  $X(s)$   $-Z_{ii}(s), F_{ij}(s)-$  determinadas en puntos discretos de frecuencia, por medio de una función aproximada  $X^*(s)$  del tipo:

$$X^*(s) = \sum_{j=1}^q \frac{k_j}{s - p_j} \quad (3)$$

La obtención del modelo aproximado se realiza por medio de un *algoritmo genético* [3] que comienza definiendo un cromosoma o conjunto de valores de los parámetros a optimizar que se denominan genes. Estos parámetros son los polos y los residuos de las funciones  $Z_{ii}$  y  $F_{ij}$ . Un cromosoma tiene  $N=2q$  parámetros, dados por  $c_1, c_2, \dots, c_N$ , donde  $q$  es el número de polos/residuos. El algoritmo comienza con un gran número de cromosomas aleatorios que tienen una función de coste asociada que se evalúa para cada uno de ellos, obteniéndose un “valor de mérito” que se asigna al correspondiente cromosoma. La función de coste responde a la expresión:

$$\text{cost} = f(c_1, c_2, \dots, c_N) = \sum_{k=0}^m (e_1(s_k) + e_2(s_k)) \quad (4)$$

donde la precisión de la aproximación viene dada por las matrices de error relativo de magnitud y de fase  $e_1(s_k)$  y  $e_2(s_k)$ . El siguiente paso es clasificar los cromosomas, los  $N_{cro}/2$  cromosomas peores son descartados y posteriormente son emparejados los  $N_{cro}/2$  cromosomas restantes. Una vez que han sido emparejados, los nuevos descendientes son creados mediante un intercambio entre el material genético de los pares de cromosomas realizado mediante una combinación lineal aleatoria. Después de cada iteración el número total de cromosomas permanece constante e igual a  $N_{cro}$ . A continuación, se producirán mutaciones aleatorias que alteran un pequeño porcentaje de genes dentro de la lista de cromosomas multiplicando el gen por un número aleatorio comprendido en el intervalo  $[0,1]$ . Una vez producida la mutación se evalúa de nuevo la función de coste en los cromosomas descendientes y en los mutados y el proceso vuelve a repetir. El número de generaciones que evoluciona depende de si se encuentra una solución aceptable o de si el número de iteraciones prefijado es excedido. En general es posible obtener una función de coste de 0.01 con modelos de orden 5-30.

### 3. EJEMPLO

Consideramos dos líneas de transmisión de cobre acopladas con una longitud total de 5 cm. La línea activa es conectada a un generador de pulsos trapezoidales de 1V de amplitud, 0.8 ns de anchura y con unos tiempo de subida y de bajada de 0.1 ns. Las cargas en todos los terminales son resistencias de  $100\Omega$  [4]. Los parámetros S han sido calculados en 101 puntos entre 0 y 10 GHz. La figura muestra la geometría de las líneas microstrip no uniformes acopladas y las formas de onda en las líneas activa y pasiva tanto en los extremos del generador como en los de la carga. El orden de los modelos obtenidos para las funciones Z y F están comprendidas entre 8 y 11. Los resultados obtenidos son idénticos al ejemplo desarrollado en la referencia.

### 4. CONCLUSIONES

Se ha desarrollado una técnica que permite el análisis de interconexiones en sistemas electrónicos de alta velocidad por medio simuladores de circuitos de propósito general. Para ello se han obtenido unos modelos asintóticos mediante un algoritmo genético. Los resultados obtenidos han validado este método.

### 5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado gracias al proyecto TIC99-1172-C02-01 de la Comisión Interministerial de

Ciencia y Tecnología (CICYT).

### 6. REFERENCIAS

- [1] Tang, T. K. And Nakhla, M. S., "Analysis of High-Speed VLSI Interconnects Using the Asymptotic Waveform Evaluation Technique", IEEE Trans. Computer-Aided Design, Vol. No. 11, pp. 341-352, March 1992.
- [2] Gomez, J. M and Alonso, J. I., "Making a Better Interconnection through Modeling", IEEE Circuits and Devices magazine. Digest, Vol. 15, No. 4, pp. 24-32, July 1999.
- [3] Menozzi R. et al., "Small-Signal Modeling for Microwave FET Linear Circuits based on a Genetic Algorithm", IEEE Trans. on Circuits and Systems I: Fund. Theory and Applications, CD-43, No. 10, pp. 839-847, October 1996.
- [4] Pan, G.-W. et al., "Frequency-Domain Analysis of Coupled Nonuniform Transmission Lines using Chebyshev Pseudo-Spatial Techniques" IEEE Trans. Microwave Theory Tech., 40, 11, 2025-2033. 1992.

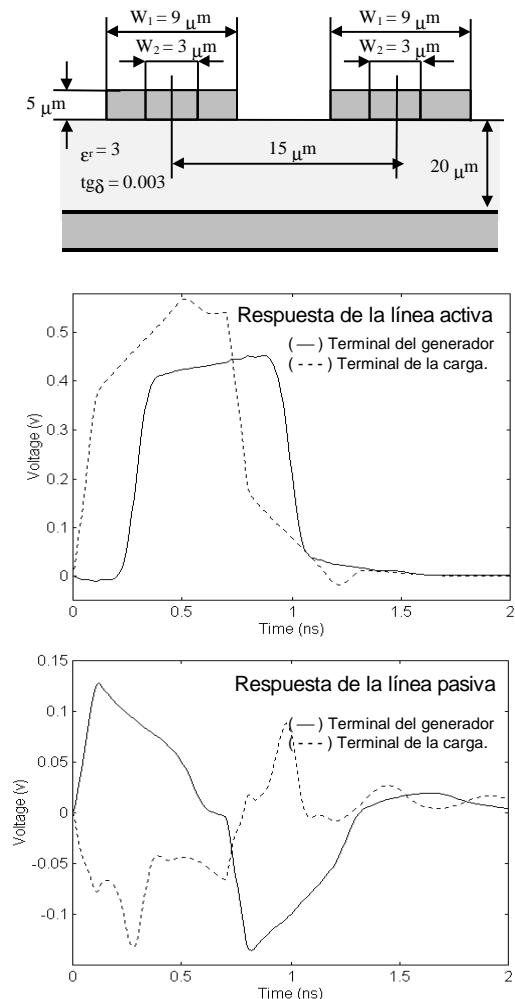


Figura. Geometría y formas de onda de las líneas activa y pasiva