

# CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS BÁSICOS DE LÍNEAS MICROSTRIP CON RANURA EN EL PLANO DE MASA

*Eva M<sup>a</sup> García*

*José Antonio Marcotegui*

*Mario Sorolla*

Departamento de Ingeniería  
Eléctrica y Electrónica  
Universidad Pública de Navarra  
[emg\\_gonzalez@yahoo.es](mailto:emg_gonzalez@yahoo.es)

Departamento de Ingeniería  
Eléctrica y Electrónica  
Universidad Pública de Navarra  
[jmarco@unavarra.es](mailto:jmarco@unavarra.es)

Departamento de Ingeniería  
Eléctrica y Electrónica  
Universidad Pública de Navarra  
[mario@unavarra.es](mailto:mario@unavarra.es)

## ABSTRACT

The conventional analysis of the effective dielectric constant and characteristic impedance using FDTD is based on monitoring the traveling wave at multiple locations, or alternatively it can be based on evaluating the inductance and capacitance per unit length at a single point. However these methods are not suitable when we have a slot in the ground plane. In this paper we present a mixture method using the two mentioned above. The resulting tool can be used in order to design Electromagnetic Crystals in microstrip technology.

## 1. INTRODUCCIÓN

FDTD es una herramienta muy útil para el análisis de estructuras microstrip. La principal ventaja de su uso es que permite obtener resultados en un amplio rango de frecuencias realizando una única simulación. Basándose en él, se han desarrollado dos técnicas para la obtención de los parámetros de líneas microstrip. La primera [1] consiste en la observación de los valores de tensión y corriente en dos puntos de la pista calculando a partir de estos  $\beta$  y  $Z_{\text{eff}}$ . La segunda técnica [2]–[3] emplea un único punto de observación y obtiene  $\epsilon_{\text{eff}}$  y  $Z_{\text{eff}}$  a partir de la capacitancia y la inductancia por unidad de longitud de la estructura. En este artículo se justifica porqué ninguna de ellas es válida para el caso de líneas con ranura en el plano de masa, proponiéndose como solución una combinación de ambas técnicas.

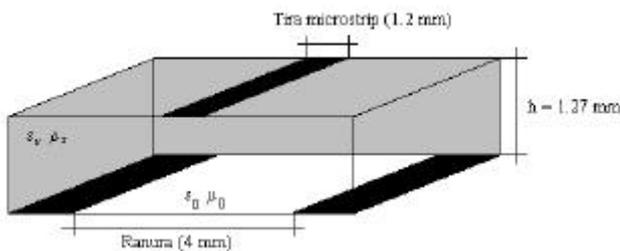


Figura 1. Línea microstrip con ranura en el plano de masa

## 2. CÁLCULO DE PARÁMETROS EN ESTRUCTURAS RANURADAS

El principal problema que surge al tratar de calcular los parámetros básicos de este tipo de estructuras es determinar de

manera correcta la discretización de las ecuaciones involucradas en el análisis. El hecho de ranurar el plano de masa deforma las líneas de campo. Esto provoca que ninguno de los dos métodos desarrollados en el caso de líneas microstrip sea válido, dada la gran dificultad que surge al tratar de determinar correctamente el valor de la tensión.

La solución que se propone para poder evaluar dichos parámetros en este tipo de estructuras es una combinación de ambos métodos, evitando el cálculo de la tensión. Al contrario de lo que sucede con las líneas de campo eléctrico, las líneas de campo magnético sí pueden determinarse de forma sencilla utilizando los valores que proporciona FDTD. Debido a esto, es posible obtener el valor de la corriente que circula por la pista con poco margen de error y, por lo tanto, es posible calcular la constante de propagación observando el valor de la misma en dos puntos diferentes del circuito tal y como se explica en [1].

$$b_y = -Z \left[ \frac{I(w, y_2) / I(w, y_1)}{(y_2 - y_1)} \right] \quad (1)$$

Por medio de este resultado se halla la constante dieléctrica efectiva a través de la relación

$$e_{\text{eff}} = \frac{b_y}{w \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \quad (2)$$

Para calcular la impedancia efectiva de la estructura no es posible utilizar el método descrito en [1], ya que  $Z_{\text{eff}}$  se determina directamente a partir de V e I. Tampoco se puede emplear el mencionado en [2], debido a que, para conocer la capacitancia por unidad de longitud, también es necesario realizar el cálculo de la tensión. Lo que sí es posible evaluar en este caso es la inductancia por unidad de longitud a partir de la corriente y del flujo. Conociendo este parámetro y la constante dieléctrica efectiva se obtiene la capacitancia de forma indirecta utilizando la relación

$$e_{\text{eff}} = c^2 \cdot LC \quad (3)$$

De aquí

$$C = \frac{e_{\text{eff}}}{c^2 \cdot L} \quad (4)$$

Una vez obtenidos C y L, la impedancia efectiva se obtiene directamente como se indica en [2].

$$Z_{eff} = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (5)$$

Para emplear el método FDTD aún se precisa especificar la superficie necesaria para obtener correctamente el flujo magnético. Según se expone en [2], la superficie de integración debe extenderse desde el centro de la pista microstrip hasta el plano de masa. En este caso, al haber una ranura debajo de la pista, se debe extender esta superficie por debajo del mismo. Para determinar el tamaño de dicha superficie se han realizado diversas simulaciones demostrando que hay que prolongarla desde la tira microstrip hasta el límite de la zona PML si se desea obtener resultados en la impedancia con el menor error posible.

### 3. RESULTADOS

Con el fin de comprobar la validez de este método se ha analizado el comportamiento de una línea microstrip con una anchura de 1.2 mm, cuyo sustrato posee una constante dieléctrica igual a 10.2 y un grosor de 1.27 mm. La ranura en el plano de masa tiene una anchura de 4 mm, y se encuentra centrada debajo de la pista (Fig.1). El dominio computacional contiene  $N_x \times N_y \times N_z = 80 \times 160 \times 46$  celdas siendo los incrementos espaciales  $\Delta x = 0.1$  mm,  $\Delta y = 0.2$  mm y  $\Delta z = 0.2117$  mm.

En las figuras 2, 3 y 4 se muestran los resultados obtenidos para la constante de propagación, la constante dieléctrica efectiva y la impedancia efectiva respectivamente.

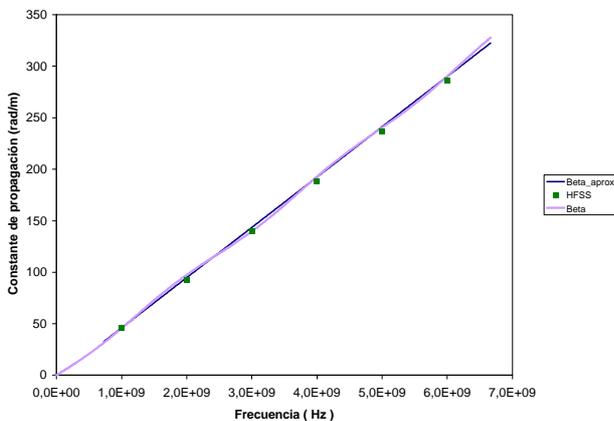


Figura 2. Constante de propagación

Realizando una aproximación lineal de la constante de propagación mediante el método de los mínimos cuadrados se elimina el rizado presente en los resultados. Los parámetros restantes, impedancia efectiva y constante dieléctrica efectiva, se determinan utilizando los valores de beta que resultan de la aproximación. Los resultados presentados comparan los datos obtenidos y los que proporciona el simulador HFSS (Elementos finitos) Agilent<sup>TM</sup>.

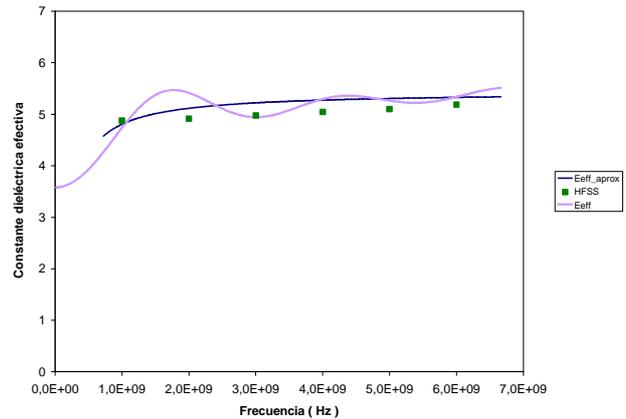


Figura 3. Constante dieléctrica efectiva

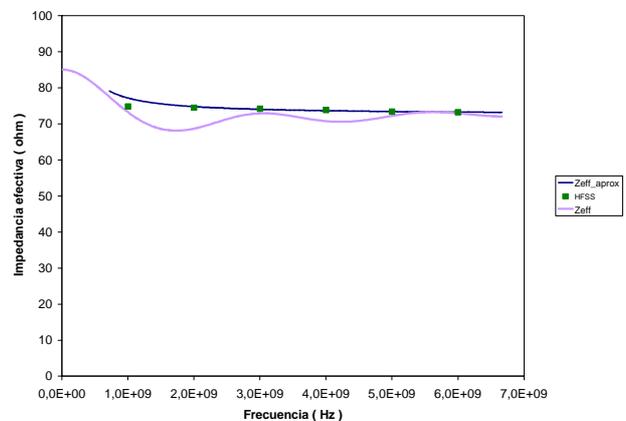


Figura 4. Impedancia efectiva

### 4. CONCLUSIONES

Se ha demostrado la viabilidad del método FDTD para caracterizar líneas con el plano de masa modificado, que permite abordar estructuras tipo Electromagnetic Crystal en microstrip.

### 5. REFERENCIAS

- [1] Xiaolei Zhang, Jiayuan Fang, Kenneth K. Mei and Yaowu Liu "Calculations of the Dispersive Characteristics of Microstrip by the Time - Domain Finite Difference Method", *IEEE Trans. On Microwave Theory and Techniques*, Vol 36, pp 263 - 267, Febrero 1988.
- [2] L. L. Liou, M. Mah, and J. Cook, "An Equivalent Circuit Approach for Microstrip Component Analysis Using the FDTD Method", *IEEE Microwave and Guided Wave Letters*, Vol 8, pp. 330 -332, Octubre 1998.
- [3] Christian Schuster and Wolfgang Fichtner, "Explanation and Extension of the Equivalent Circuit Approach for Parameter Extraction", *IEEE Microwave and Guided Wave Letters*, Vol 9, pp 392 - 394, Octubre 1999