

Modelado Circuitual Multimodal de un Resonador Pasobanda Reconfigurable

Adrián Contreras⁽¹⁾, Miquel Ribó⁽²⁾, Lluís Pradell⁽¹⁾

contreras@tsc.upc.edu, mrp@salle.url.edu, pradell@tsc.upc.edu

⁽¹⁾ Universitat Politècnica de Catalunya, Departament de Teoria del Senyal i Comunicacions, 1-3 Jordi Girona, 08034 Barcelona, Tel. +34-93.401.68.34.

⁽²⁾ La Salle - Universitat Ramon Llull, Departament d'Electrònica i Telecomunicacions, C. Quatre Camins 2-4, 08022 Barcelona

Abstract- In this work, we present a simple uniplanar bandpass resonator that can be used for the development of reconfigurable uniplanar filters. The multimodal behaviour of the coplanar waveguide is taken into account for the design of the resonator. We show that a simple multimodal model can be used to represent the proposed structure. Experimental measurements validate the accuracy of the proposed model.

I. INTRODUCCIÓN

Los circuitos de microondas en guía de onda coplanar (CPW) presentan varias ventajas sobre los circuitos que utilizan tecnología microstrip: menos dispersión, dos grados de libertad para lograr una impedancia característica y posibilidad de montar componentes en paralelo sin necesidad de hoyos metalizados o “vias”. Al diseñar circuitos utilizando tecnología CPW hay que tener en cuenta que esta guía de onda tiene dos modos fundamentales de propagación: el modo coplanar par y el modo coplanar impar o slotline.

Por lo regular, cuando la estructura CPW es asimétrica se utilizan puentes de equipotencialidad sobre la discontinuidad, con el objetivo de mantener el mismo potencial en los planos de masa, cortocircuitando el modo de propagación impar en ese punto. De esta manera, se puede considerar a la estructura como monomodal. Sin embargo, es posible representar el intercambio de energía entre los modos, mediante un circuito equivalente [1,2], el cual se puede utilizar para diseñar resonadores pasobanda, como el que se muestra en la Fig. 1.

Este resonador asimétrico consiste en un tramo de guía de onda coplanar con un slot cortocircuitado en un punto y limitado por dos puentes de equipotencialidad. Al excitar el cortocircuito asimétrico de la estructura se genera un intercambio de energía entre los modos coplanar par e impar. En el resonador de la Fig. 1, el modo coplanar impar solo se propaga entre el cortocircuito y los puentes de equipotencialidad.

La estructura de la Fig. 1 resulta más conveniente de implementar que los resonadores propuestos anteriormente [2,3], ya que no es necesario utilizar guías de onda o transiciones slotline-CPW para excitar la estructura.

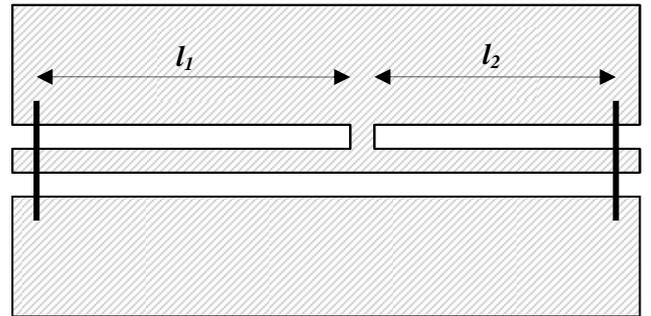


Figura 1. Estructura del resonador coplanar con cortocircuito en paralelo.

En el segundo apartado de este artículo se presenta el análisis de la estructura propuesta y su validación experimental se muestra en el tercer apartado.

II. ANALISIS Y MODELO DEL RESONADOR PASOBANDA

A partir de un modelo circuitual multimodal para impedancias asimétricas en paralelo en guías de ondas coplanares [2] y mediante las simplificaciones circuitales adecuadas, se llega al modelo de la Fig. 2 para el resonador de la Fig. 1, donde β_e , Z_{0e} , β_o , Z_{0o} , son, respectivamente, las constantes de propagación y las impedancias características para el modo par e impar de una línea coplanar determinada.

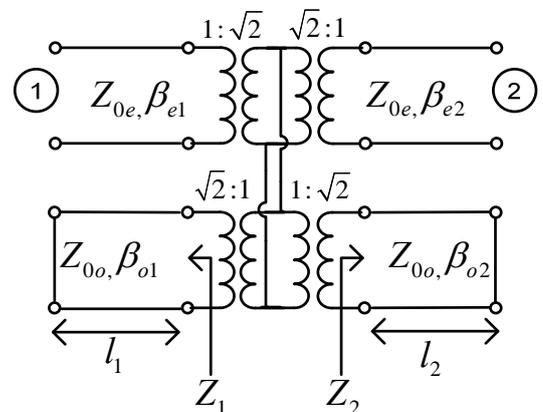


Figura 2. Modelo circuitual multimodal para el resonador coplanar con cortocircuito en paralelo.

Las secciones donde se propaga el modo impar, cortocircuitadas por los puentes de equipotencialidad (ver Fig. 2), se pueden representar como dos resonadores en paralelo cuyas impedancias de entrada son

$$Z_1 = jZ_{0o} \tan(\beta_o l_1) \quad (1)$$

$$Z_2 = jZ_{0o} \tan(\beta_o l_2) , \quad (2)$$

donde $\beta_o = \frac{2\pi}{v_{po}} f$, y v_{po} corresponde a la velocidad de

propagación del modo coplanar impar. Para que la estructura resuene a una frecuencia de diseño, es necesario que la suma de las longitudes donde se propaga el modo impar sea igual a media longitud de onda,

$$l_t = l_1 + l_2 = \lambda_o / 2 , \quad (3)$$

donde λ_o es la longitud de onda del modo impar. El ancho de banda de la estructura se puede variar cambiando la posición del cortocircuito en paralelo. La posición del primer cero de transmisión se puede calcular mediante

$$f_{cero1} = \frac{v_{po}}{2l_1} . \quad (4)$$

III. VALIDACIÓN EXPERIMENTAL

Se ha diseñado un resonador en guía de onda coplanar con plano de masa finito (FGCPW) con una frecuencia central $f_0 = 1.9$ GHz, cero de transmisión en $f_{cero1} = 2.13$ GHz y ancho de banda de 0.21 GHz. La Fig. 3 muestra una fotografía del resonador. Para su diseño se ha utilizado el modelo equivalente de la Fig. 2, y se ha simulado circuitalmente con ayuda de ADS de Agilent [4].

El sustrato utilizado tiene una constante dieléctrica relativa $\epsilon_R = 3$, un grosor $h = 1.52$ mm y tangente de pérdidas $\tan\delta = 0.0013$. El ancho de la línea central es $w = 2.8$ mm y las separaciones entre la línea central y los planos de masa es $s = 0.18$ mm. Las longitudes del circuito son $l_1 = 51.2$ mm y $l_2 = 4.7$ mm, y la longitud total de la estructura, contando el cortocircuito, es $l_t = 57$ mm. El área total que ocupa la estructura es de 57 mm \times 15mm. Como se muestra en la Fig. 3, se han utilizado conectores coaxiales para poder excitar el resonador, los cuales sirven además como puentes de equipotencialidad en los extremos de la estructura, cortocircuitando al modo impar. Es necesario modelar los efectos parásitos del conector coaxial utilizado, debido a que cada conector representa un incremento de fase. Dicho efecto se ha tomado en cuenta utilizando un modelo de línea coaxial incluido en ADS de Agilent [4], el cual se ha incluido en el circuito multimodal de la estructura.



Figura 3. Resonador pasobanda 1.

Los parámetros de dispersión [S] del resonador de la Fig. 3 se midieron utilizando un analizador de redes vectorial PNA HP N5242A calibrado de 0.01 a 4 GHz. En las Figs. 4 y 5 se comparan los parámetros [S] medidos y la respuesta del modelo multimodal de la estructura.

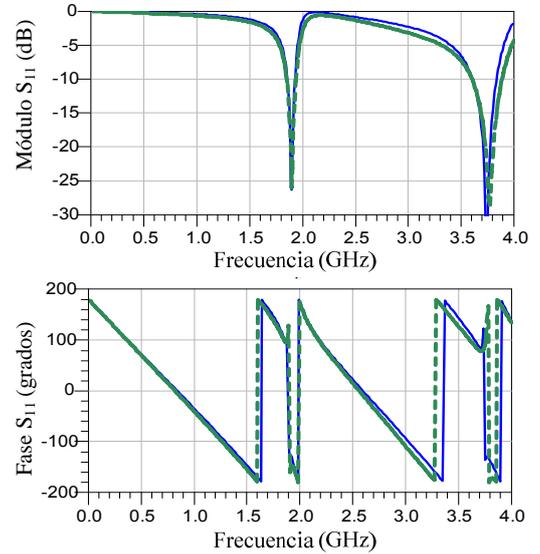


Figura 4. Medidas (línea discontinua) y simulación circuital (línea continua) para el resonador de la Fig. 3 (reflexión en puerto 1).

Como se observa, la respuesta del modelo multimodal coincide con los parámetros [S] medidos de la estructura. Por lo anterior, si se conocen los parámetros característicos de los modos par e impar de una línea coplanar determinada, es posible diseñar fácilmente un resonador con un ancho de banda determinado.

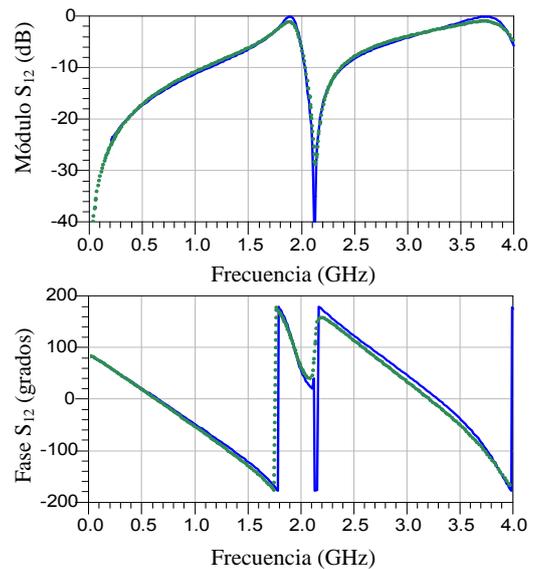


Figura 5. Medidas (línea discontinua) y simulación circuital (línea continua) para el resonador de la Fig. 3 (transmisión).

REFERENCIAS

Con el objetivo de comprobar la reconfigurabilidad de la estructura propuesta, se diseñaron dos resonadores adicionales, con ceros de transmisión en $f_{\text{cero}2} = 2.32\text{GHz}$ y $f_{\text{cero}3} = 2.58\text{GHz}$ (ver tabla 1). El área de estos resonadores es la misma que la del resonador de la Fig. 3 (resonador 1), $57\text{ mm} \times 15\text{ mm}$, debido a la reconfigurabilidad solo depende de la posición del cortocircuito.

- [1] M. Ribó, Modelado multimodal de transiciones y asimetrías en guías de ondas coplanares, Tesis doctoral, Universitat Ramon Llull, 2001.
- [2] M. Ribó and L. Pradell, "Circuit model for mode conversion in coplanar waveguide shunt impedances", Electronics Letters, vol 35, pp. 713-715, abril de 1999.
- [3] M. Ribó, L. Pradell "Modelado circuital multimodal de resonadores slotline-coplanar", XVI Symposium Nacional URSI, Actas del Congreso, pp. 195-196, Villaviciosa del Odón (Madrid), septiembre de 2001.
- [4] Documentación de Agilent ADS 2008.

Número de resonador	Longitud l_2 [mm]	Longitud l_1 [mm]	$f_{\text{cero}1}$ [GHz]	Ancho de banda relativo
1	4.7	51.2	2.13	0.11
2	6.75	49.15	2.32	0.26
3	14.9	41	2.58	0.41

Tabla I: Dimensiones de los resonadores fabricados

En la Fig. 6 se puede apreciar como el ancho de banda del resonador, que depende de la posición del cero de transmisión, esta determinado por la longitud l_1 de la estructura multimodal.

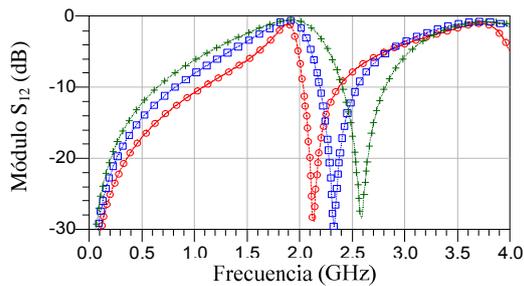


Figura 6. Parámetro S_{21} de los resonadores: Resonador 1 (círculo), resonador 2 (cuadrado) y resonador 3 (cruz).

IV. CONCLUSIONES

Se ha presentado un resonador pasobanda uniplanar que aprovecha el comportamiento multimodal de la guía de onda coplanar, haciendo posible obtener una estructura compacta y fácil de implementar. Una vez conocidos los parámetros característicos de la línea coplanar a utilizar, el resonador puede modelarse mediante un modelo circuital sencillo, útil para predecir el comportamiento de la estructura sin necesidad de programas de análisis electromagnético. Es posible cambiar la posición del cero de transmisión y el ancho de banda del resonador, cambiando la posición del corto circuito. Por lo anterior, la estructura se puede reconfigurar utilizando diodos PIN o dispositivos MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación mediante el proyecto de investigación TEC2007-65705 y la beca ref. BES-2008-004923.