

# MODELADO CIRCUITAL MULTIMODAL DE RESONADORES SLOTLINE-COPLANAR

Miquel Ribó i Pal

Lluís Pradell i Cara

Departamento de Comunicaciones y Teoría de la  
Señal  
Universidad Ramon Llull  
mrp@salleURL.edu

Departamento de Teoría de la Señal y  
Comunicaciones  
Universidad Politécnica de Catalunya  
pradell@voltage.upc.es

## ABSTRACT

Coplanar waveguides and slotlines are widely used in high frequency microwave circuits. The coplanar waveguide is a multimodal waveguide which propagates two fundamental modes at working frequencies, the coplanar even mode and the coplanar odd mode. This multimodal behavior can be used to perform slotline-coplanar resonators. In this paper, a slotline-coplanar resonator is presented and analyzed from a multimodal point of view, proposing a multimodal circuit model in order to explain its behavior. The proposed model is tested with experimental measurements.

## 1. INTRODUCCIÓN

La guía de ondas slotline es una guía de ondas monomodal a las frecuencias de interés. La guía de ondas coplanar es una guía de ondas multimodal a las frecuencias de interés: puede propagar simultáneamente el modo coplanar par (o modo coplanar) y el modo coplanar impar (o modo slotline, dada su similitud con el modo fundamental de una guía de ondas slotline). El modo coplanar impar es un modo usualmente no deseado por ser más dispersivo y radiante que el par, y se elimina mediante puentes de equipotencialidad, o se previene su generación mediante la realización de circuitos simétricos respecto del conductor central de la guía de ondas coplanar. En cualquier asimetría respecto de dicho conductor se produce un proceso de balance modal entre el modo coplanar par y el modo coplanar impar por el que una parte de la energía de cada modo se transfiere al otro. Este proceso de balance modal puede utilizarse para desarrollar nuevos tipos de circuitos coplanares que saquen provecho del modo coplanar impar en vez de eliminarlo.

Uno de estos circuitos es el resonador slotline-coplanar [1] de la Figura 1. Consiste en un tramo de guía de ondas coplanar conectado a dos guías de ondas slotline, a través de las cuales se excita. La guía de ondas coplanar presenta una asimetría, un cortocircuito en uno de sus slots. Las guías de ondas slotline excitan el modo coplanar impar en la guía de ondas coplanar (la transición coplanar-slotline se comporta como una conexión directa para los modos slotline e impar), que sufre un proceso de balance modal en la asimetría, transformándose en parte en el modo coplanar par, que queda en confinado en la guía de ondas

coplanar (la transición coplanar-slotline se comporta como un circuito abierto para el modo par), resonando.

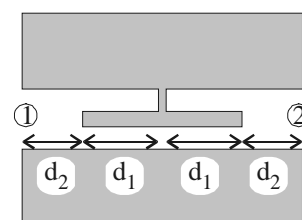


Figura 1. Estructura del resonador slotline-coplanar.

## 2. MODELO CIRCUITAL EQUIVALENTE PARA EL RESONADOR.

A partir de un modelo circuital más complejo para impedancias asimétricas en paralelo en guías de ondas coplanares [2] y mediante las simplificaciones circuiteales adecuadas, se llega al modelo circuital multimodal equivalente de la Figura 2 para el resonador slotline-coplanar de la Figura 1, donde  $\beta_e$ ,  $Z_{0e}$ ,  $\beta_o$ ,  $Z_{0o}$ ,  $\beta_s$  y  $Z_{0s}$  son, respectivamente, las constantes de propagación y las impedancias características para el modo par, impar y slotline. Los transformadores 1:1 corresponden a las transiciones entre las guías de ondas slotline y la guía de ondas coplanar. Dichas transiciones dejan en circuito abierto el modo coplanar par. El conjunto central de transformadores corresponde al modelo circuital del cortocircuito en el slot coplanar superior. Como puede observarse, para este tipo de resonador el balance modal entre modos pares e impares se realiza a través de una conexión en paralela entre modos.

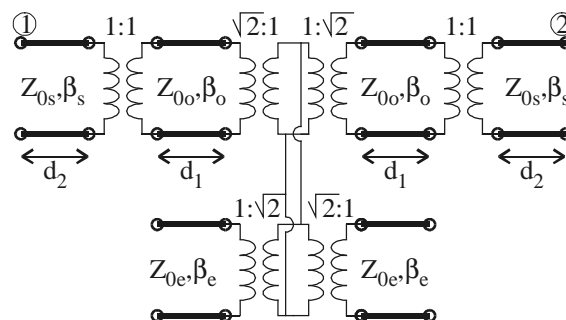


Figura 2. Modelo circuital multimodal para el resonador slotline-coplanar.

Los parámetros S del resonador son (para el caso habitual en que  $Z_{0o} \approx Z_{0s}$  y  $\beta_o \approx \beta_s$ ) son:

$$S_{11} = \frac{-Z_{0s}}{Z_{0s} - j4Z_{0e} \text{ctg}(\beta_e d_1)} e^{-j2\beta_s(d_1+d_2)} \quad (1)$$

$$S_{21} = \frac{-j4Z_{0e} \text{ctg}(\beta_e d_1)}{Z_{0s} - j4Z_{0e} \text{ctg}(\beta_e d_1)} e^{-j2\beta_s(d_1+d_2)} \quad (2)$$

### 3. VALIDACIÓN EXPERIMENTAL

Se ha montado un resonador slotline como el que se muestra en la Figura 1 en el plano E de una guía de ondas rectangular WR-42 (18 a 26.5 GHz), por las facilidades de excitación que esta configuración ofrece para el modo slotline, que puede obtenerse a partir del modo TE<sub>10</sub> de la guía rectangular utilizando tapers entre guía de ondas rectangular y finline/slotline. El dieléctrico utilizado es teflón ( $\epsilon_R=2.17$  y grosor 0.254 mm). La anchura del slot slotline/finline es de 0.3 mm, y las de los slots y el conductor central coplanar son de 0.1 mm. Las longitudes del circuito son  $d_1=16.76$  mm y  $d_2=12.66$  mm. En las Figuras 3 y 4 se compara la medida con la simulación circuital del mismo. La simulación circuital, utilizando el modelo circuital de la Figura 2, se a realizado con el simulador circuital ADS de Agilent. La coincidencia de resultados valida el modelo circuital propuesto.

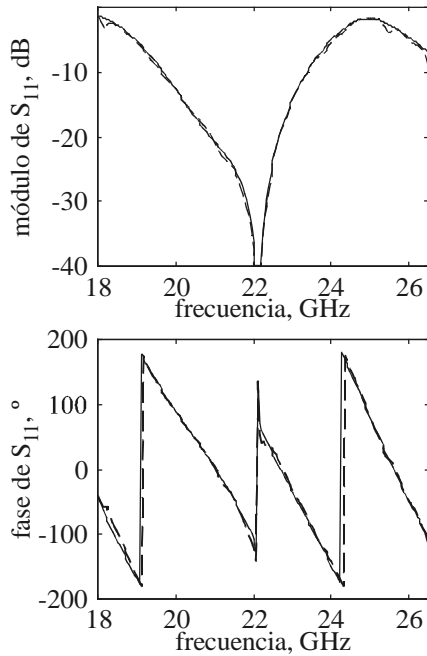


Figura 3. Medidas (línea discontinua) y simulación circuital (línea continua) para el resonador de la Figura 1.

Como se deduce del modelo circuital, las zonas pasa banda ( $S_{12} \approx 1$ ), y banda eliminada ( $S_{12} \approx 0$ ) del resonador quedan controladas por la impedancia de entrada de los stubs correspondientes al modo par. En la simulación circuital del resonador se han tenido en cuenta los pequeños efectos parásitos que aparecen en cualquier transición de microondas debidos a modos de orden superior en corte que se generan para cumplir las

condiciones de contorno que fuerzan las transiciones. Dichos efectos se han modelado mediante pequeñas impedancias en serie o admitancias en paralelo conectadas en los puertos de las diferentes transiciones que forman el resonador.

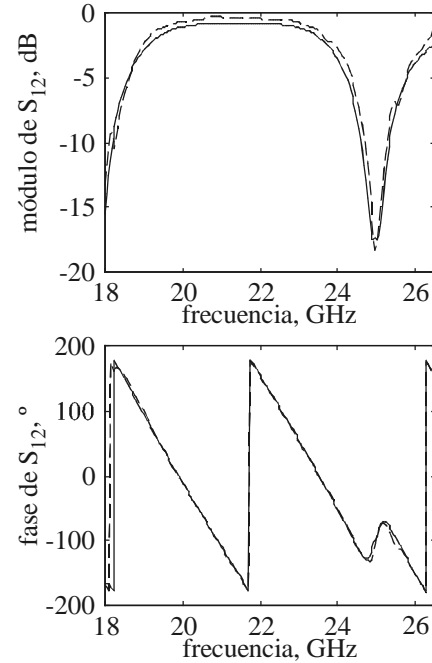


Figura 4. Medidas (línea discontinua) y simulación circuital (línea continua) para el resonador de la Figura 1.

### 4. CONCLUSIONES

Se ha propuesto y validado experimentalmente un modelo circuital multimodal (que tiene en cuenta los dos modos coplanares fundamentales) para un resonador slotline-coplanar. Este resonador aprovecha el comportamiento multimodal de la guía de ondas coplanar ante asimetrías para realizar su funcionalidad circuital, que sería imposible de realizar sin un intercambio energético entre el modo coplanar par y el impar. El modelo circuital deducido permite diseñar de manera sencilla resonadores que de otro modo solo podrían diseñarse mediante métodos numéricos.

### 5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado mediante los proyectos 2FD97-0960-C05-05 y 2FD97-1769-C04-03 (CICYT-FEDER) y el premio "Rosina Ribalta" concedido por la Fundación EPSON.

### 6. REFERENCIAS

- [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.