

# DISEÑO Y MEDIDA DE FILTROS DE BANDA ANCHA EN LA BANDA Q

Marco Detratti, J.P. Pascual, M<sup>a</sup> Luisa de La Fuente, Eduardo Artal

Departamento Ingeniería de Comunicaciones

ETSII y Telecomunicación, Universidad de Cantabria

Avda de los Castros s/n, 39005 Santander

Tfno: 942201391 ext.11 Fax: 942201488 Email: [daitarn@dicom.unican.es](mailto:daitarn@dicom.unican.es)

## ABSTRACT

A new design method to achieve accurately predictable response in microstrip bandpass filters is presented. Filters are based on conventional coupled line microstrip technology and their frequency range is up to 50 GHz. The design method allows to avoid the inaccuracy of electrical models at these frequencies due to the presence of parasitic effects. Limitations of test procedures using coaxial to microstrip transitions are discussed, and an electrical model for this transition has been obtained. Using a very accurate test method, based on coplanar to microstrip transitions and TRL calibration techniques, it is possible to get a very good agreement between simulation and test results.

## 1. INTRODUCCIÓN

Un filtro paso banda en la banda Q centrado a 44 GHz con un ancho de banda del 20% debe ser utilizado en los módulos del Back End de los radiómetros de la misión Planck[1] para fijar el ancho de banda efectivo del sistema. Se ha elegido una topología convencional de filtro de líneas acopladas en microstrip por las bajas pérdidas de inserción y las dimensiones reducidas compatibles con los requerimientos de circuitos embarcados. Un substrato con constante dieléctrica pequeña ( $\epsilon_r=2.17$ ) y espesor  $h=0.254$  mm es una buena elección para que no se propaguen modos de orden superior hasta más de 50 GHz y para poder conseguir anchos de líneas y separaciones entre ellas realizables con la tecnología del ataque fotoquímico. Después de un cuidadoso análisis de los modelos del simulador a través de comparaciones entre simulaciones (circuitales y electromagnéticas) y medidas, el diseño se restringe a todos aquellos elementos en microstrip que aseguran una buena fiabilidad.

La medida de circuitos en tecnología microstrip hasta 50 GHz con buena precisión, requiere una buena calibración y de-embedding. Las transiciones coaxial-microstrip (conector de 2.4mm) introducen un gran efecto en las medidas, enmascarando el comportamiento real del filtro. Un modelo eléctrico para esta transición ha sido desarrollado y comprobado usando una doble transición coaxial-microstrip. Finalmente se ha usado un método de medida más preciso, que usa transiciones coplanar-microstrip y calibración TRL con sondas coplanares, que ha permitido obtener una muy buena concordancia entre simulaciones y medidas.

## 2. METODOLOGÍA DE DISEÑO

Los filtros de líneas acopladas pueden ser diseñados para producir respuesta plana con un ancho de banda hasta el 20%

utilizando técnicas bien conocidas[2]. Un filtro con tres resonadores ha sido diseñado y optimizado [3] teniendo en cuenta las limitaciones físicas, debidas al procedimiento de fabricación, en las anchuras de líneas y separaciones. Una vez obtenida una respuesta circuital adecuada, el filtro fue realizado y montado en una caja metálica con los conectores de 2.4mm. Los resultados de las medidas y las simulaciones (circuital y EM) se pueden observar en la figura 1.

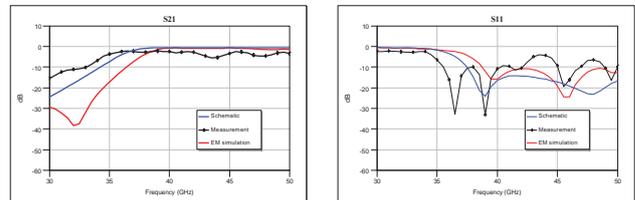


Figura 1. Primera medida y simulaciones.

La diferencia entre simulaciones y medidas es evidente. Este hecho se debe a que los simuladores lineales proporcionan resultados que no reflejan todos los parámetros físicos asociados al layout del circuito. Las causas de estas diferencias se han buscado para poder obtener una metodología de diseño capaz de predecir con precisión la respuesta en frecuencia de cualquier circuito pasivo hasta las bandas de milimétricas.

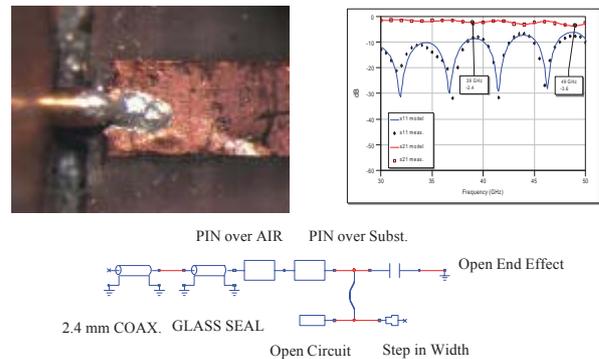


Figura 2: Detalle de la transición coaxial microstrip; Comparación entre simulación y medida, Modelo eléctrico de la transición

El primer paso a seguir es eliminar la incertidumbre del sistema de medida que enmascara el comportamiento real del circuito. Se puede demostrar que la presencia de muchos polos (5 en lugar de 2) en la banda del filtro y las pésimas pérdidas de inserción son causadas por la doble transición coaxial-microstrip. A este propósito se ha obtenido un modelo eléctrico

para este tipo de transición a través de la observación directa del montaje y la comparación con las medidas (fig.2). Para quitar este efecto se ha usado un útil de medida comercial [4] y una calibración TRL. El efecto de los conectores y gran parte de la imprecisión se ha eliminado. La medida del nuevo montaje resulta así mucho más fiable. Hay que notar que las medidas son validas solo hasta 45 GHz debido a las limitaciones en el funcionamiento del útil de medida.

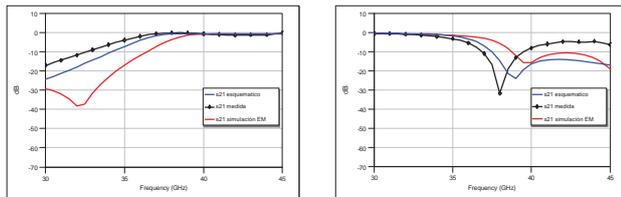


Figura 3. Segunda medida y simulaciones.

En la figura 3 se puede observar un desplazamiento en frecuencia y una peor adaptación con respecto a las simulaciones. Ahora se puede afirmar que estos resultados son debidos enteramente a la falta de fiabilidad de los modelos del simulador (por lo menos a estas frecuencias). Hecho que además queda demostrado por las evidentes diferencias entre simulación circuital y EM. Por lo tanto la idea es analizar todos los modelos y descubrir cuales de estos son la causa de estas discrepancias. Sustituyendo el modelo de línea acoplada con el modelo equivalente de otro simulador comercial[5], se notó como el desplazamiento en frecuencia se puede predecir con exactitud, así como una buena concordancia entre simulación circuital y EM. Diferentes conclusiones se deducen para el problema de la adaptación. Para conseguir la respuesta en frecuencia deseada en términos de ancho de banda y adaptación se necesitan líneas con anchuras y separaciones muy pequeñas ( $<100\mu\text{m}$ ). Si se considera una impedancia de referencia de 50 Ohm ( $\approx 770\mu\text{m}$ ) una importante discontinuidad se presenta a la entrada y salida del circuito. Los efectos parásitos de estas discontinuidades no se pueden analizar con la adecuada precisión con los modelos eléctricos standard (ni siquiera con el simulador EM) y contribuyen dramáticamente a la respuesta del filtro en la banda de milimétricas. El método de diseño que se propone utiliza una transición gradual (taper) en lugar de una discontinuidad brusca para evitar esta incertidumbre en las simulaciones. Este tipo de transición está bien modelada por el simulador, hecho confirmado por la buena similitud entre las simulaciones circuitales y EM.

### 3. UN EJEMPLO DE DISEÑO Y MEDIDA

Siguiendo el procedimiento descrito, se ha diseñado un nuevo filtro de forma muy sencilla con la única ayuda del simulador circuital y unos pocos pasos de optimización. El circuito realizado se puede observar en la figura 6 Para conseguir una medida fiable hasta 50 GHz, se ha usado una transición coplanar-microstrip[6] conectada a una estación de sondas coplanares (fig.6). También en este caso el sistema ha sido calibrado en TRL, y los efectos de los hilos de bonding ( $100\mu\text{m}$ ) utilizados para conectar las sondas al circuito se pueden omitir.

Como se puede ver en la figura 7 se ha conseguido un excelente concordancia entre simulación y medida.

El filtro presenta un ancho de banda mayor que el 20% centrado en 44GHz, con una adaptación mejor que 12dB y perdidas de inserción menores de 1.5dB en toda la banda.



Figura 6: Foto del filtro y detalle de la transición

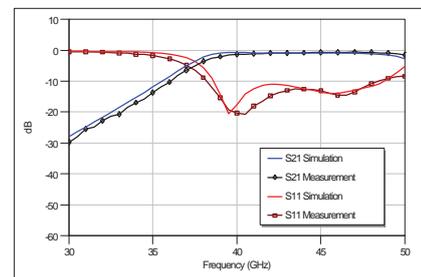


Figura 7: Medida y simulación del filtro realizado

## 4. CONCLUSIONES

En esta comunicación se ha descrito una metodología de diseño para conseguir respuestas en frecuencia predecibles, con el uso de un software comercial, de filtros en tecnología microstrip (el resultado se podría extender a cualquier circuito pasivo). Después de una cuidadosa evaluación de la validez de los modelos, comparando simulaciones y medidas, se ha restringido el diseño a todos aquellos elementos que pueden ser adecuadamente caracterizados por el simulador. El filtro que se ha diseñado con la metodología propuesta muestra un comportamiento muy bueno en la banda Q (perdidas de inserción menores de 1.5 dB y adaptación por de bajo de 12 dB) además de una excelente concordancia con las simulaciones

## 5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado con la ayuda 1FD97-1769-CO4-02 de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT) y de la Comisión Europea.

## 6. REFERENCIAS

- [1] ESA Astro Physics Home page of Science Team of Planck: <http://astro.estec.esa.nl/Planck>
- [2] G. Matthaei, L. Young, E.M.T. Jones, *Microwave filters, Impedance-Matching Networks, and Coupling Structure*, Norwood MA, USA, Artech House 1964
- [3] ADS version 1.5, *Agilent Technologies*
- [4] *Intercontinental Microwave*, 1515 Wyatt Drive, Santa Clara, CA, 95054-1586, USA
- [5] HP MDS version 7.2, *Agilent Technologies*
- [6] J micro Technology, 3744NW Bluegrass Place, Portland OR 97229, USA