

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 396 341**

21 Número de solicitud: 201031936

51 Int. Cl.:

H01P 1/203

(2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

23.12.2010

43 Fecha de publicación de la solicitud:

20.02.2013

71 Solicitantes:

UNIVERSIDAD DE ALCALÁ (100.0%)

PLAZA DE SAN DIEGO, S/N

28801 ALCALÁ DE HENARES (Madrid) ES

72 Inventor/es:

GÓMEZ GARCÍA, Roberto;

MUÑOZ FERRERAS, José María y

SÁNCHEZ RENEDO, Manuel

54 Título: **Filtro paso-banda multi-banda de microondas con un número arbitrario de bandas de paso**

57 Resumen:

Filtro paso-banda multi-banda de microondas con un número arbitrario de bandas de paso.

Esta estructura está formada por la conexión en cascada de varios bloques. Las secciones de interferencia transversal de señales, basadas en dos líneas de transmisión en paralelo (2 y 4), confieren la acción filtrante multi-banda al circuito total. Las etapas de entrada y salida (1 y 5) son líneas de transmisión adaptadoras que minimizan las pérdidas de retomo de potencia en las bandas de paso. El elemento intermedio (3) es una línea de transmisión que permite la conexión adecuada de las secciones interferenciales para aumentar el rechazo de potencia fuera de banda. Se trata de una topología filtrante compacta y de alta selectividad, apta como circuito selector de bandas en aplicaciones de comunicaciones multi-canal y sistemas radar multi-frecuencia.

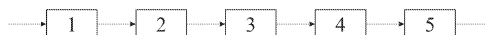


Figura 1

**FILTRO PASO-BANDA MULTI-BANDA DE MICROONDAS CON UN
NÚMERO ARBITRARIO DE BANDAS DE PASO**

DESCRIPCIÓN

5

SECTOR DE LA TÉCNICA

La presente invención se enmarca dentro del sector técnico de las tecnologías de alta frecuencia, y más concretamente en la temática del diseño de filtros pasivos paso-banda multi-banda para rangos espectrales de microondas y milimétricas.

ESTADO DE LA TÉCNICA

Actualmente, resulta innegable el creciente interés en el diseño de circuitos de microondas multi-frecuencia, capaces de operar simultáneamente en distintas bandas espectrales. Esto ha venido motivado por las últimas tendencias en el sector de las telecomunicaciones hacia el desarrollo de equipos de radiofrecuencia multifunción, como soporte *hardware* de las nuevas aplicaciones de comunicaciones inalámbricas multi-estándar y sistemas radar multi-frecuencia. Dicha necesidad también ha quedado patente en la implementación de conceptos emergentes dentro de este ámbito, tales como la “radio definida por *software*” y la “radio cognitiva”.

Sin lugar a dudas, uno de los principales exponentes dentro de esta corriente de investigación son los filtros paso-banda de microondas con múltiples bandas de paso. Nótese que cualquier equipo multi-frecuencia ha de proceder, en algún punto de su cadena, a una selección espectral multi-banda para su correcto funcionamiento: en la faceta transmisora, para emitir una señal multi-canal pura, sin componentes armónicos fuera de banda que puedan interferir a otros sistemas; en la función receptora, para eliminar espurios y ruido fuera de banda presentes junto a la señal de interés, posibilitando el consiguiente procesado multi-banda de la misma.

La forma tradicional de diseñar circuitos selectores multi-frecuencia se ha basado en el empleo de bancos canalizados de filtros interconectados a entrada y salida por un

divisor y un combinador de potencia, respectivamente. No obstante, son muchos los inconvenientes de esta solución que desaconsejan su uso práctico. Entre ellos, cabe mencionar su excesivo tamaño físico y volumen, su ineficiencia en potencia debido a fenómenos de desadaptación entre etapas y disipación en el bloque combinador, y su

5 complejidad de diseño. Una modificación de esta estructura, de cara a disminuir sus dimensiones, ha consistido en reemplazar el conjunto banco-de-filtros/divisor-de-potencia por un multiplexor. Desafortunadamente, la implementación del multiplexor, así como su conexión con la etapa combinadora, son tareas difíciles de abordar.

10 Es por ello que la investigación en el campo de filtros paso-banda multi-banda de microondas ha suscitado una gran atención, de cara a superar todas las limitaciones existentes en los circuitos selectores multi-frecuencia convencionales. De este modo, se ha propuesto en los últimos años multitud de topologías de filtros paso-banda con varias

15 bandas de paso, sobre todo para tecnologías planares. Dichas estructuras se fundamentan principalmente en esquemas de resonadores acoplados más o menos complejos, dependiendo de las prestaciones pretendidas. En cualquier caso, sólo algunas de dichas configuraciones permiten obtener todos los requisitos deseables para estos circuitos; entre ellos: 1) alta selectividad filtrante mediante la generación de ceros de transmisión entre las bandas de paso, 2) compacidad física, 3) disponibilidad de

20 metodología teórica de diseño y 4) extrapolación para la síntesis de cualquier número de bandas. En relación a este último punto, cabe mencionar que el número máximo de bandas de paso demostrado hasta la fecha en desarrollos experimentales de filtro multi-banda ha sido cuatro. No obstante, se trata de estructuras obtenidas empíricamente, carentes de procedimiento analítico de diseño y difícilmente generalizables para

25 conformar un mayor número de bandas. Además, como inconveniente añadido de todas estas soluciones basadas en resonadores acoplados, ha de señalarse su difícil aplicación en sistemas de banda ultra-ancha debido a limitaciones tecnológicas. Efectivamente, anchos de banda relativos mayores al 20% son difíciles de alcanzar debido a la mínima separación realizable entre líneas resonantes acopladas.

30 En la última década, ha surgido una nueva filosofía de filtrado de radiofrecuencia basada en técnicas de interferencia de señales. Dicho concepto toma su punto de partida en los principios clásicos de filtrado digital basados en estructuras transversales multi-

camino. Así pues, la implementación directa de estos esquemas mediante configuraciones activas de microondas más o menos generalizadas ha conducido a acciones filtrantes de alta frecuencia de gran selectividad. Más recientemente, también se ha demostrado la aplicabilidad de estos métodos interferenciales en la realización de

5 filtros paso-banda pasivos haciendo uso de circuitos selectivos no convencionales; por ejemplo, acopladores y divisores de potencia funcionando en modo transversal, o secciones interferenciales constituidas por dos líneas de transmisión en paralelo. El éxito de dichas topologías filtrantes ha quedado validado en aplicaciones de banda estrecha, moderada y ultra-ancha, para funciones de transferencia mono-banda y de

10 banda doble.

La presente invención se presenta como una alternativa sencilla para la realización de filtros multi-banda pasivos de microondas de reducido tamaño y alta selectividad filtrante, fundamentada en técnicas de interferencia de señales. Dicha invención,

15 mediante el empleo de secciones de interferencia formadas por dos líneas de transmisión conectadas en paralelo, permite sintetizar respuestas filtrantes multi-banda con un número arbitrario de bandas de paso. Seguidamente, se procede a la descripción minuciosa de esta topología filtrante multi-banda y su metodología de diseño, ejemplificada para un filtro con seis bandas de paso.

EXPLICACIÓN DE LA INVENCION

La presente invención hace uso de dos secciones de interferencia de señales idénticas (2 y 4), formadas cada una por la conexión en paralelo de dos tramos de línea de

25 transmisión distintos. La función de transferencia de cada sección aislada es de alta selectividad, es decir, exhibe una transición muy abrupta entre cada banda de paso y las atenuadas adyacentes, así como un fuerte rechazo de potencia fuera de banda. Esto se consigue mediante la generación de ceros de transmisión de potencia entre cada par de bandas de paso consecutivas.

Los bloques correspondientes a las secciones de interferencia de señales (2 y 4) producen ceros de transmisión de potencia entre las bandas de paso, a la vez que generan interferencias constructivas para conformar las mismas. Para ello, es preciso

que las longitudes eléctricas de los tramos de línea que forman las secciones presenten valores adecuados a la frecuencia central del rango espectral en el que se conforma la acción filtrante multi-banda (frecuencia de diseño). Concretamente, la longitud eléctrica del tramo de línea más corto (6) ha de ser el número de bandas a generar multiplicado por $\pi/2$ radianes (90 grados), mientras que el tramo de línea más largo (7) debe tener una longitud eléctrica adicional de π radianes (180 grados). También es necesario que la resta de los inversos de las impedancias características del tramo de línea de transmisión más corto (6) y más largo (7) sea igual al inverso de la impedancia de referencia. Por impedancia de referencia se entiende el valor de la impedancia equivalente de generador y carga que verá el circuito a su entrada y salida, respectivamente.

De lo anterior, se deduce que a medida que la longitud eléctrica de las líneas (6) y (7) aumenta se genera un mayor número de bandas de paso, lográndose interferencias constructivas perfectas en las mismas y cancelaciones de señal entre cada par de bandas de paso consecutivas. La separación entre bandas continuas resulta ser igual a dos veces la frecuencia de diseño dividido por el número de bandas de paso producidas más la unidad.

Las líneas adaptadoras de entrada y salida (1 y 5) son líneas de impedancias características similares a la de referencia y de longitudes eléctricas habitualmente de $\pi/2$ ó π radianes (90 ó 180 grados). Mediante la optimización de los valores de las impedancias características, se logra obtener adaptaciones de potencia mayores de 10 dB para todas las bandas de paso sintetizadas. Por otro lado, la línea de cascada (3) entre las dos secciones interferenciales (2 y 4) permite una conexión física adecuada de las mismas (2 y 4). Esto se hace para aumentar el rechazo global en todas las bandas atenuadas del filtro, respecto al ofrecido por una sola sección interferencial.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

- Figura 1 es el diagrama de bloques conceptual de la presente invención, constituido por la conexión en cascada de una línea adaptadora de entrada (1), una sección de interferencia de señales (2), una línea de cascada (3), una sección de interferencia de señales (4), y una línea adaptadora de salida (5).

- Figura 2 muestra la implementación circuital de la sección de interferencia de señales, formada por la conexión en paralelo de dos tramos de línea de transmisión de distintas longitudes eléctricas (6 y 7).
- Figura 3 es una gráfica que representa la respuesta normalizada de transmisión de potencia (8) y de reflexión de potencia (9) para el prototipo de filtro multi-banda construido con seis bandas de paso. El eje Y se corresponde con la amplitud en decibelios, mientras que el eje X muestra la frecuencia normalizada respecto a la frecuencia central (frecuencia de diseño) del filtro de seis bandas.

MODO DE REALIZACIÓN

Un modo de realización de la presente invención es un filtro paso-banda con seis bandas de paso, formado por la conexión en cascada de una línea adaptadora de entrada (1), una sección de interferencia de señales (2), una línea de cascada (3), una sección de interferencia de señales (4) idéntica a (2), y una línea adaptadora de salida (5).

Las secciones interferenciales (2 y 4) son indistinguibles entre sí. Cada una de ellas se realiza mediante la conexión en paralelo de dos tramos de línea de transmisión de distinta longitud eléctrica (6 y 7). La línea más corta (6) tiene una longitud eléctrica a la frecuencia de diseño de valor 4π (720 grados), mientras que la línea más larga (7) tiene una longitud eléctrica a la frecuencia de diseño de valor 5π radianes (900 grados). Para satisfacer la relación necesaria entre las impedancias características de ambas líneas, la impedancia característica de la línea más corta (6) es la mitad de la impedancia de referencia y la impedancia característica de la línea más larga (7) es igual a la impedancia de referencia.

Las etapas adaptadoras de entrada y salida (1 y 5) son también idénticas y se realizan, cada una de ellas, mediante una línea de transmisión de longitud eléctrica $\pi/2$ radianes (90 grados) a la frecuencia de diseño.

Finalmente, un modo de realización de la etapa de cascada (3) consiste en el uso de una línea de transmisión de longitud eléctrica π radianes (180 grados) a la frecuencia de diseño.

En Fig. 3 se observan las seis bandas de paso sintetizadas, correctamente adaptadas, en las respuestas de transmisión (8) y reflexión (9) de potencia.

5 **APLICACIÓN INDUSTRIAL**

La presente invención supone una potencial aplicación en el sector técnico de las tecnologías de alta frecuencia. En particular, permite el diseño y desarrollo de estructuras filtrantes multi-banda altamente selectivas para las cadenas de radiofrecuencia dirigidas a sistemas de comunicaciones inalámbricas multi-estándar y radar multi-frecuencia.

15

20

25

30

REFERENCIAS

1. M. Brandolini *et al.*, “*Toward multistandard mobile terminals---fully integrated receivers requirements and architectures*,” IEEE Trans. Microw. Theory Tech.,
5 vol. 53, no. 3, pp. 1026-1038, Mar. 2005.
2. P. Cruz *et al.*, “*Designing and testing software-defined radios*,” IEEE Microw. Mag., vol. 11, no. 4, pp. 83-94, Apr. 2010.
- 10 3. M. Mokhtaari *et al.*, “*Coupling-matrix design of dual and triple passband filters*,” IEEE Trans. Microw. Theory Tech., vol. 54, no. 11, pp. 3940-3946, Nov. 2006.
- 15 4. J. Lee and K. Sarabandi, “*Design of triple-passband microwave filters using frequency transformations*,” IEEE Trans. Microw. Theory Tech., vol. 56, no. 1, pp. 187-193, Jan. 2008.
- 20 5. J. C. Liu *et al.*, “*CPW-fed dual-mode double-square-ring resonators for quad-band filters*,” IEEE Microw. Wireless Compon. Lett., vol. 20, no. 3, pp. 142-144, Mar. 2010.
- 25 6. C. M. Cheng and C. F. Yang, “*Develop quad-band (1.57/2.45/3.5/5.2 GHz) bandpass filters on the ceramic substrate*,” IEEE Microw. Wireless Compon. Lett., vol. 20, no. 5, pp. 268-270, May 2010.
7. L. Y. Ren, “*Quad-band bandpass filter based on dual-plane microstrip/DGS slot structure*,” IET Electron. Lett., vol. 46, no. 10, pp. 691-692, May 2010.
- 30 8. José Ignacio Alonso Montes y Roberto Gómez García, “*Estructura filtrante activa paso-banda mediante secciones de interferencia con líneas de transmisión conectadas en paralelo*”, Patente Española 200400377.

9. R. Gómez-García and J. I. Alonso, “*Design of sharp-rejection and low-loss wide-band planar filters using signal-interference techniques*,” IEEE Microw. Wireless Compon. Lett., vol. 15, no. 8, pp. 530-532, Aug. 2005.

5 10. R. Gómez-García *et al.*, “*A class of microwave transversal signal-interference dual-passband planar filters*,” IEEE Microw. Wireless Compon. Lett., vol. 19, no. 3, pp. 158-160, Mar. 2009.

11. D. M. Pozar, *Microwave Engineering*, 2nd ed. New York: Wiley, 1998.

10

REIVINDICACIONES

1. Filtro pasivo paso-banda multi-banda de microondas altamente selectivo caracterizado por filtrar señales de radiofrecuencia mediante el empleo de secciones interferenciales que generan ceros de transmisión de potencia entre bandas de paso consecutivas y producen interferencias constructivas en las bandas de paso.
2. Filtro pasivo paso-banda multi-banda de microondas altamente selectivo, según la reivindicación 1, caracterizado porque las secciones interferenciales se forman con dos líneas de transmisión distintas en paralelo, con longitudes eléctricas diferenciadas en π radianes (180 grados) y siendo la longitud eléctrica de la línea más corta igual al número de bandas de paso a obtener multiplicado por $\pi/2$ radianes (90 grados).
3. Filtro pasivo paso-banda multi-banda de microondas altamente selectivo, según la reivindicación 1, caracterizado porque las etapas adaptadoras y de cascada se realizan mediante líneas de transmisión de longitudes e impedancia características adecuadas.
4. Filtro pasivo paso-banda multi-banda de microondas altamente selectivo, según la reivindicación 2, caracterizado porque las secciones de interferencia son idénticas.
5. Filtro pasivo paso-banda multi-banda de microondas altamente selectivo, según la reivindicación 2, caracterizado por permitir su implementación en tecnologías planares, tales como *stripline*, *microstrip* y guía de ondas coplanar.

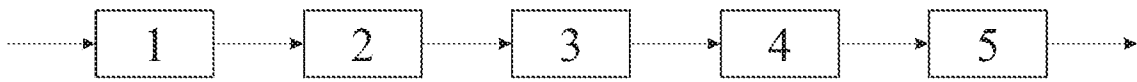


Figura 1

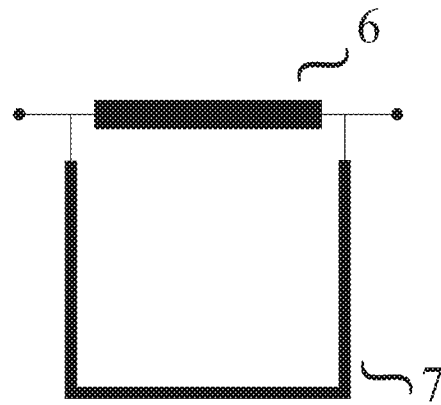


Figura 2

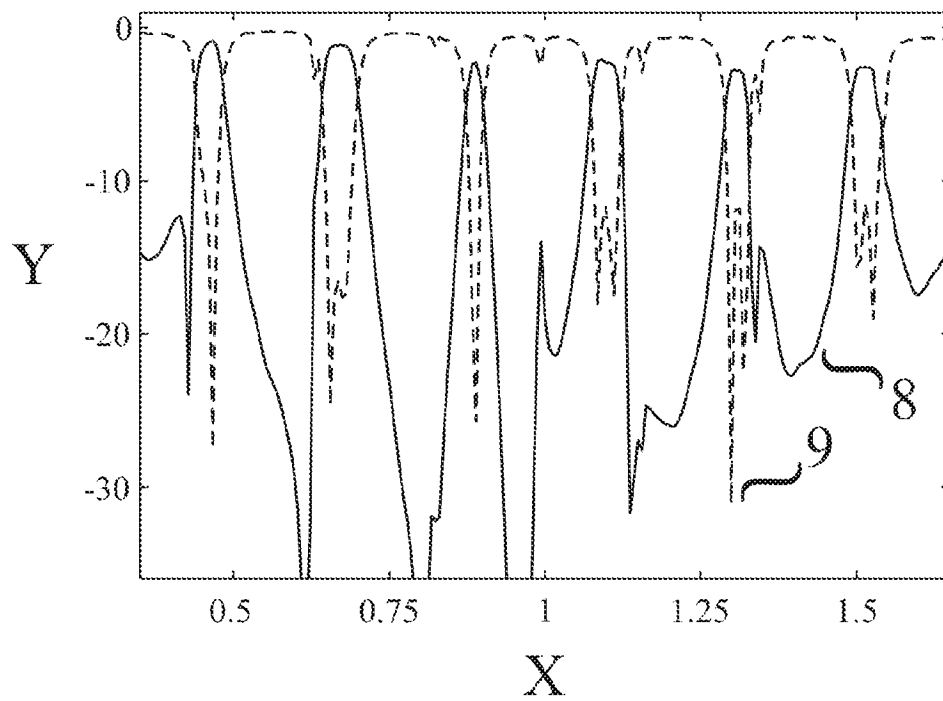


Figura 3