

MEZCLADOR BALANCEADO COMPACTO EN BANDA V

Ignasi Corbella, Lufs M. Carrasco, Albert Porta
Departamento de Teoría de la señal y Comunicaciones
Universidad Politécnica de Cataluña
Apartado 30.002, 08080 Barcelona

ABSTRACT

This paper presents the results of a Millimeter wave balanced mixer designed as part of a front end for a mobile communications system at 60 GHz. It uses a combination of planar technologies that provide good performance in a very compact enclosure. The use of printed circuit technology simplifies the mechanical configuration.

1. INTRODUCCIÓN

La necesidad del uso de ondas milimétricas en comunicaciones móviles es cada vez más evidente, a causa de la saturación del espectro radioeléctrico y la necesidad de mayores anchos de banda. Conscientes de esta necesidad, se está llevando a cabo un proyecto para el desarrollo de un sistema de comunicaciones interiores de alta velocidad a 60 GHz. La comunicación presenta los resultados preliminares de un mezclador balanceado en banda V, que es parte del "front-end" de ese sistema. Dicho mezclador es muy compacto, y combina varias estructuras de ondas milimétricas, tales como transiciones ridge, guías coplanares, finline y otras. El primer prototipo ha arrojado unas pérdidas de conversión de unos 9 dB aproximadamente.

2. DISEÑO DEL MEZCLADOR

Debido a las altas frecuencias de operación, deben utilizarse estructuras basadas en guías de onda. Sin embargo, una de las primeras premisas del diseño fue el uso de tecnología impresa, por la facilidad que supone de incluir diodos y porque, en principio, la mecánica puede simplificarse. A fin de maximizar el aislamiento OL-RF y aumentar el ancho de banda de operación se realizó un mezclador de tipo balanceado. Las especificaciones principales requeridas son las siguientes:

Frecuencias: RF: 60 GHz OL: 58,1 GHz FI: 1,9 GHz
Accesos de RF y OL: Guía WR-15 (0,38x0,19 mm) con brida standard UG-385/U
Diodos: Schottky beam lead MA-40417 de MACOM
Tecnología: Impresa con substrato Cuclad 217 ($\epsilon_r=2,17$, $h=0,254$ mm)

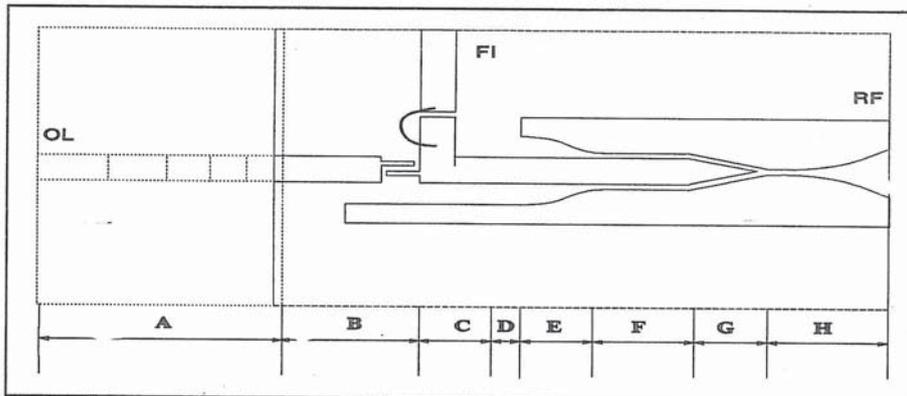


figura 1 Esquema general del mezclador

2.1 Descripción del circuito

La figura 1 muestra esquemáticamente el circuito, que es similar al de la referencia [1], aunque más simple. Se aprecian en él distintas partes (A a H) que se comentan a continuación con más detalle

A: Transición Ridge. La transición en el puerto de OL entre la guía de onda estándar WR-15 y la línea microstrip de 50 ohms se realiza mediante un adaptador de impedancias consistente en tramos de guía ridge de

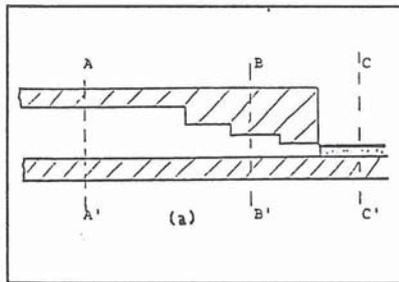


figura 2 Esquema de la transición ridge

de $\lambda_g/4$ e impedancias características (definición potencia-tensión) adecuadas (figura 2). Con objeto de comprobar la importancia de la precisión mecánica, se llevó a cabo un estudio de tolerancias con un método de Montecarlo, con variación aleatoria de todas las dimensiones. Éste reflejó que la mejor elección es de 3 secciones y respuesta frecuencial tipo Butterworth. Para este tipo, considerando unas tolerancias mecánicas de 50μ (lo mejor que se podía realizar con los medios mecánicos disponibles), el 91% de los diseños simulados tuvieron unas pérdidas de retorno mejores que 17 dB en toda la banda V. Para $n=4$ y la misma tolerancia, sólo el 44% llegó a ese valor. Una doble transición con 10 mm de línea microstrip mostró unas pérdidas de inserción medidas mejores de 1 dB a 60 GHz, con un comportamiento plano en la banda.

B: DC-BLOCK. Su función es evitar que la FI (1.9 GHz) generada por el mezclador sea cortocircuitada por la transición ridge. Sus dimensiones han sido optimizadas mediante el software HP-MDS y se muestran en la figura 3. Las dimensiones t, s y w son las mínimas que permite la tecnología actual del laboratorio.

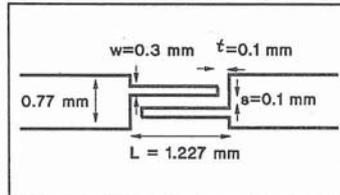


figura 3 Dimensiones del DC-Block

C: Choque y salida FI. La salida de frecuencia intermedia se sitúa en el punto medio de un stub en circuito abierto de longitud $\lambda/2$ a 60 GHz (figura 4). Se conecta, pues, en un cortocircuito virtual a RF y OL, por lo que no altera las impedancias a esas frecuencias. La señal de FI se lleva mediante una línea microstrip al exterior del mezclador, donde se conecta un filtro realizado en microstrip.

D: Línea Microstrip Línea de 50 ohms que se utiliza para llevar el oscilador local al híbrido y para la salida de FI.

E: Transición microstrip a guía coplanar. Es necesaria para pasar de una transmisión de OL en microstrip a línea coplanar, dado que los diodos están montados en un híbrido construido en ese último tipo de estructura. Su longitud es grande (3 mm) para garantizar la suavidad de la transición. Las líneas de puntos de la figura 1 indican la estructura del plano de masa, parte importante de la transición.

F: Línea Coplanar. Esta línea está diseñada de manera que sólo el modo par (casi TEM) pueda propagarse. Para ello la guía de ondas en la que se sitúa tiene anchura reducida (del orden de 0,85 mm), produciendo una frecuencia de corte de aproximadamente 80 GHz.

Ello es necesario para producir un buen aislamiento entre RF y OL, al no permitir el paso de la RF, que, dada la disposición de los diodos, excita el modo impar. La reducción de anchura de guía no se muestra en la figura 1, y se realiza mediante dos tacos metálicos adosados a la zona de guía coplanar.

G: Híbrido y diodos Las señales de RF y OL se combinan en el híbrido realizado en guía coplanar, mostrado

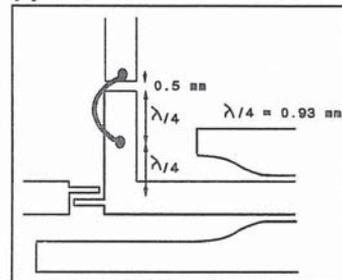


figura 4 Detalle de la salida de FI

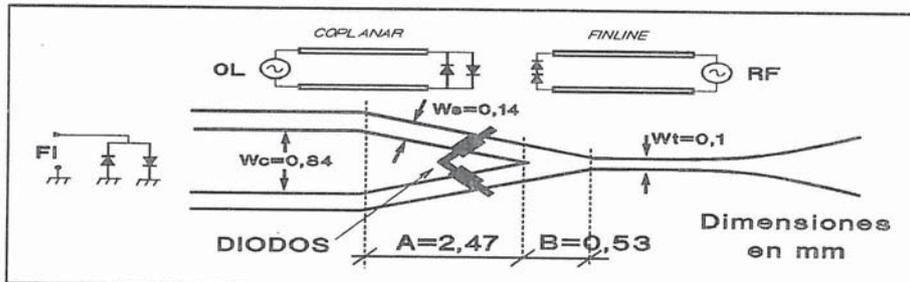


figura 5 Dimensiones del híbrido en coplanar y circuitos equivalentes del mismo para las distintas frecuencias

con más detalle en la figura 5. Debido a la propagación del modo par en la guía coplanar, los dos diodos están en paralelo para la señal de oscilador local. Sin embargo, la señal de RF, que procede de la finline de la derecha, excita el modo impar, por lo que los diodos se presentan en configuración serie. En definitiva, las señales de RF y OL se aplican a los diodos en una configuración balanceada, i la FI producida sale por la guía coplanar, que no tiene frecuencia de corte en su modo impar. Los circuitos equivalentes para las tres señales se ven también en la figura 5.

El modelo eléctrico de los diodos utilizados (MA4047 de MA-COM) lo proporciona directamente el fabricante y es el mostrado en la figura 6. Se ha utilizado para realizar las simulaciones necesarias para permitir el diseño. El encapsulado es de tipo "Beam-lead" y su montaje es muy crítico, pues deben situarse lo más simétricamente posible, con objeto de asegurar un funcionamiento correcto del mezclador.

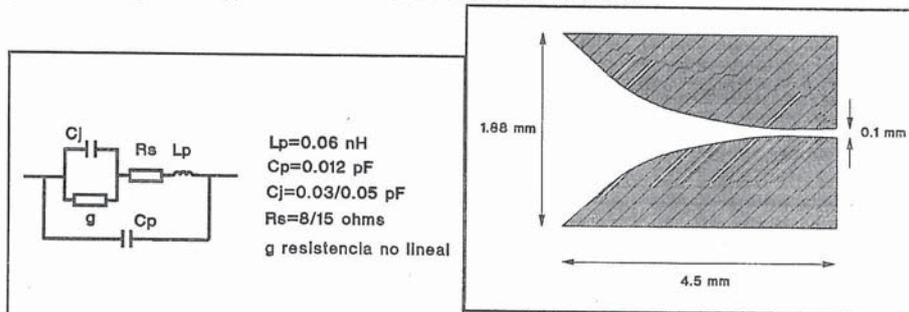


figura 6 Modelo equivalente de los diodos MA40417

figura 7 Esquema del taper, o transición gradual guía-finline

H: Transición gradual de finline a guía de ondas TAPER. El acceso de RF se realiza mediante un taper triangular de Chebichef en finline. La longitud óptima es, según [2], de 1 o 1.5λ y, por razones de espacio, se escogió de $\ell = \lambda$ (aproximadamente 4,5 mm). La anchura mínima de la ranura es de 0,1 mm y la máxima de 1.88 mm (altura estándar de la guía WR-15). La figura 7 resume el diseño.

2.2 Configuración mecánica

La configuración mecánica es uno de los aspectos fundamentales. Debido a que las entradas de RF y OL se efectúan en tecnologías diferentes, las mismas están orientadas con un ángulo de 90° . En la zona de finline se debía tener en cuenta que el espesor de las paredes fuese de $\lambda/4$, para tener una buena masa virtual en las paredes. También, en la zona de la línea coplanar, es preciso cortar el modo impar, para lo que la guía correspondiente ha de ser de altura reducida, que se consigue con la inclusión de unas piezas adicionales que se sueldan a la caja.

3 RESULTADOS EXPERIMENTALES

3.1 Montajes de medida

Dado que el grupo de investigación no dispone de sistemas automáticos de medida en banda V, se utilizaron montajes de guías de onda y procedimientos manuales, que se describen en este apartado. Con ellos se pueden estimar pérdidas de inserción y aislamientos entre los puertos de OL y RF, así como las pérdidas de conversión del mezclador. Como generador se utiliza un oscilador comercial (MA615603) sintonizable mecánicamente unos 250 MHz, que produce unos 70 mW a 60 GHz. La medida de la potencia se realiza con un analizador de espectros HP70000 con una extensión preseleccionada para la banda V (HP11974V) que está calibrada en potencia absoluta. Un conjunto de aisladores, acopladores direccionales, y tramos de guía se utilizan para realizar las distintas medidas.

La medida de las pérdidas de retorno se realiza simplemente con un acoplador direccional entre el oscilador, el mezclador a medir, y el analizador de espectros, previa calibración con un cortocircuito. El aislamiento RF-OL se mide de manera similar mediante la inserción entre el oscilador y el analizador de espectros del mezclador. Finalmente, las pérdidas de conversión se miden con el montaje de la figura 8, que es autoexplicativa.

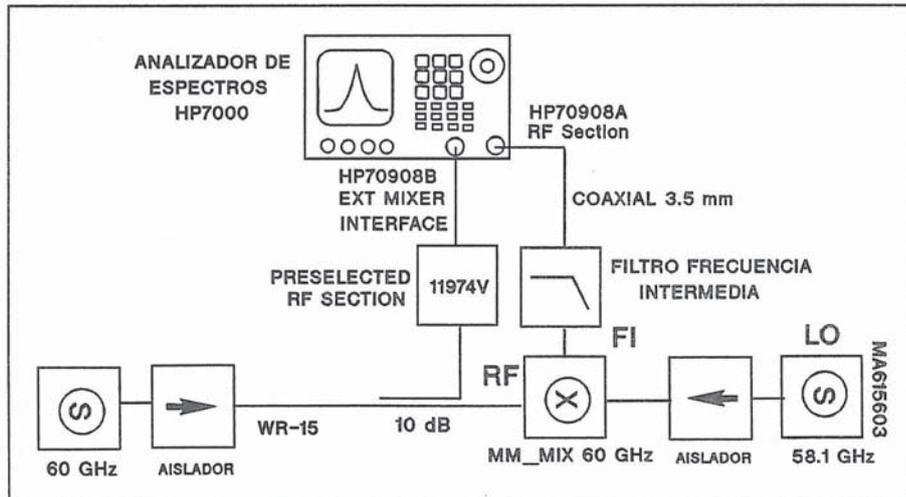


figura 8 Montaje para la medida de las pérdidas de conversión

3.2 Medidas

Los resultados preliminares obtenidos no son lo buenos que se esperaban. En concreto se obtuvieron los siguientes datos:

$$\begin{aligned} f_{OL} &= 58.5 \text{ GHz} & P_{OL} &= 17.0 \text{ dBm} \\ f_{RF} &= 60.0 \text{ GHz} & P_{RF} &= -26.0 \text{ dBm} \\ f_{FI} &= 1.50 \text{ GHz} & P_{FI} &= -35.0 \text{ dBm} \end{aligned}$$

que arroja unas pérdidas de conversión de unos 9.0 dB aproximadamente. Las pérdidas de retorno medidas en cada una de las puertas son:

$$\begin{aligned} \text{Pérdidas de retorno puerto RF:} & \quad 8.0 \text{ dB} \\ \text{Pérdidas de retorno puerto OL:} & \quad 5.0 \text{ dB} \end{aligned}$$

El puerto de OL está, pues, muy desadaptado, y podría ser una causa de las elevadas pérdidas de conversión. Por su parte, el aislamiento RF-OL es de unos 20 dB.

4 CONCLUSIONES

El diseño que se ha presentado es una de las primeras realizaciones del grupo en la banda V, y ha supuesto trabajar al límite tecnológico de los recursos, ya que la repetibilidad y tolerancias mecánicas, así como la realización de máscaras de circuitos a estas frecuencias, han introducido factores que han dificultado la realización de los subsistemas y afectado a las prestaciones de los mismos. En particular se han tenido dificultades de caracterización de los diodos y de las estructuras en guía de onda y circuitos planares montados en ellas.

A pesar de todo se ha llegado a un diseño muy compacto en el que las distintas partes han sido bien solucionadas. Desgraciadamente los resultados obtenidos hasta el momento no son lo buenos que cabía esperar, debido seguramente a una mala caracterización de algunas de las estructuras de milimétricas.

5. RECONOCIMIENTOS

La caja del mezclador ha sido realizada por A. Cano, y el montaje de los componentes por J. Giner, los cuales han realizado un trabajo inmejorable.

El trabajo ha sido subvencionado en parte por Alcatel Standard Electrica, S.A.

6. REFERENCIAS.

- [1] W. Menzel, H. Callsen "Integrate Fin-line Components and Subsystems at 60 and 94 GHz" IEEE Trans on MTT vol. MTT-31 n° 2 february 1983
- [2] Bhat, "Analysis, Design and Applications of Fin Lines", Artech House, 1987