

# OPTIMIZACIÓN TEÓRICA Y EXPERIMENTAL DE LAS PRESTACIONES DE MEZCLADORES DE MICROONDAS

A. Velázquez Ventura, L. Pradell Cara, A. Comerón Tejero, A. Lázaro Guillén y P. de Paco Sánchez  
[velazquez@tsc.upc.es](mailto:velazquez@tsc.upc.es), [pradell@tsc.upc.es](mailto:pradell@tsc.upc.es), [comeron@tsc.upc.es](mailto:comeron@tsc.upc.es), [lazaro@tsc.upc.es](mailto:lazaro@tsc.upc.es), [depaco@tsc.upc.es](mailto:depaco@tsc.upc.es)

Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones  
 Universidad Politécnica de Cataluña

**Abstract-** In this paper we describe a methodology and design procedures for the development of microwave mixers with emphasis in performance optimization. Theoretical concepts are combined with a very efficient non linear model for the diode used in the design and CAD tools are employed to make a fully non linear analysis and optimization of an X band mixer that gives experimental results of 5 dB conversion loss when pumped with 11 dBm local oscillator power signal.

## 1. INTRODUCCIÓN

El diseño óptimo de mezcladores de microondas involucra tomar en cuenta la teoría básica de operación [1], [2], así como contar con un modelo preciso del dispositivo no lineal que describa su comportamiento bajo operación en gran señal. Para la solución del circuito es muy conveniente aprovechar la capacidad de análisis y optimización con que cuentan algunos paquetes informáticos orientados específicamente al diseño de circuitos de microondas, como MDS y ADS [3] en los que se hace uso de los métodos de balance armónico que son de los más eficientes para el análisis de circuitos no lineales de microondas [4]. En este trabajo se presenta una metodología para el diseño de mezcladores de microondas que combina la aplicación de conceptos teóricos básicos de mezcladores con un modelo muy preciso del diodo empleado como dispositivo no lineal y las poderosas herramientas CAD de análisis y optimización de circuitos no lineales de microondas.

## 2. ANÁLISIS TEÓRICO

La configuración básica para el mezclador bajo estudio es del tipo Y de acuerdo con la nomenclatura empleada en [1], la cual se caracteriza por presentar en las terminales del diodo un corto circuito a todas las frecuencias de mezclado, excepto a las frecuencias de RF y FI. Para tratar de manera especializada la frecuencia imagen (que corresponde a  $2W_{OL} - W_{RF}$ ) o algún otro producto de mezclado, se utilizan los habilitadores de tensión que permiten la existencia de tensiones a las frecuencias de resonancia. La figura de mérito más importante que cuantifica el comportamiento del mezclador son las pérdidas de conversión definidas como la relación entre la potencia disponible a la entrada de RF y la potencia disponible a la salida de FI, como se ilustra en la figura 1.

Para esta estructura de mezclador se requiere que los filtros y las redes de adaptación, además de filtrar adecuadamente la señal de interés, permitan adaptar las impedancias óptimas de entrada y salida del diodo en un ancho de banda determinado y también presentar a la frecuencia imagen la impedancia de circuito abierto

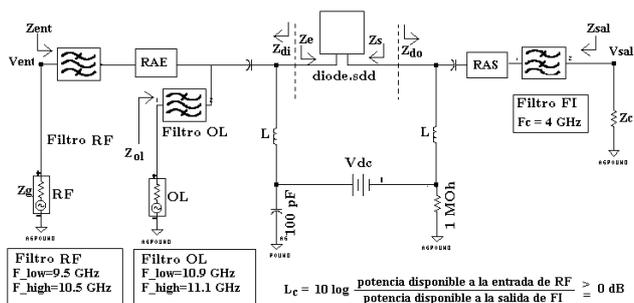


Figura 1: Configuración básica del mezclador

que permitirá recuperar la energía a dicha frecuencia y disminuir las pérdidas de conversión.

## 3. METODOLOGÍA DE DISEÑO

En relación con la figura 1, los pasos en la metodología propuesta son:

- Obtener un modelo no lineal para el diodo a utilizar.
- Determinar las impedancias de entrada y salida ( $Z_{di}$  y  $Z_{do}$  respectivamente) del diodo que proporcionen mínimas pérdidas de conversión
- Sintetizar las redes de adaptación para estas impedancias óptimas (RAE y RAS).
- Definir los filtros para los tres puertos del mezclador según los criterios de selección de la carga a la frecuencia imagen.
- Integrar el mezclador con los elementos anteriores para analizarlo y optimizar su comportamiento general con las herramientas CAD disponibles.

Respecto al modelo no lineal del diodo que en este caso es un diodo de barrera Schottky con empaquetamiento tipo beam-lead, se generó un modelo en base a medidas experimentales y se definió un elemento SDD no lineal para introducirlo como un componente circuital de MDS incluyendo los elementos parásitos. El modelo se muestra en la figura 2.

## 4. CARACTERIZACIÓN DEL MEZCLADOR

Con la aplicación de la metodología descrita se ha diseñado y construido el mezclador que se muestra en la figura 3. Se utiliza un filtro tipo spurline en el puerto de RF y un filtro direccional en el de OL. A la salida de FI hay un filtro pasabajos. Se tienen elementos de adaptación a la entrada y salida del diodo.

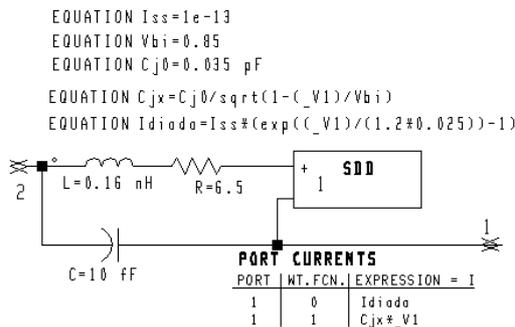


Figura 2: Modelo no lineal del diodo

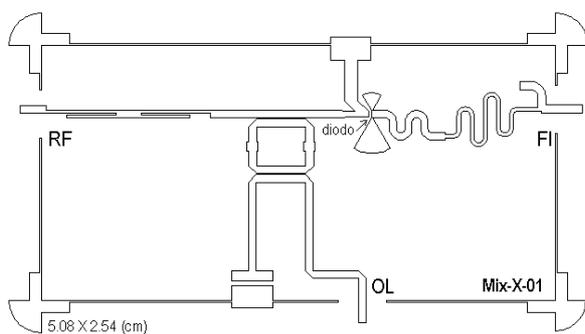


Figura 3: Layout del mezclador diseñado

En la figura 4 se muestran los resultados de la medida de las pérdidas de conversión, las cuales tienen un valor de 5.0 dB y corresponden a una entrada de RF cercana a 10.2 GHz, lo cual implica un leve desplazamiento en la frecuencia intermedia que debería estar en 1 GHz. El incremento en las pérdidas de conversión es de 1.2 dB con respecto a lo calculado con MDS.

Dentro de las causas que han podido incidir en el aumento de las pérdidas de conversión se incluyen las pérdidas por desacoplamiento en RF y en FI atribuibles en parte a los conectores SMA, las cuales de acuerdo con valores obtenidos experimentalmente suman alrededor de 1 dB. Otra posible causa es que la inductancia parásita en el modelo no lineal del diodo utilizado en la simulación del mezclador no corresponde al valor real de dicha inductancia ya que las condiciones del montaje del diodo sobre una transición coplanar-microstrip para su caracterización pueden cambiar con respecto al montaje del diodo sobre el sustrato del circuito mezclador.

Con respecto a la desviación frecuencial también se tendría la contribución de los filtros spurline en la entrada de RF y el filtro direccional en el puerto del OL, ya que siendo sus respuestas de banda muy estrecha y muy dependiente de las dimensiones físicas, son elementos susceptibles de presentar este tipo de desviaciones.

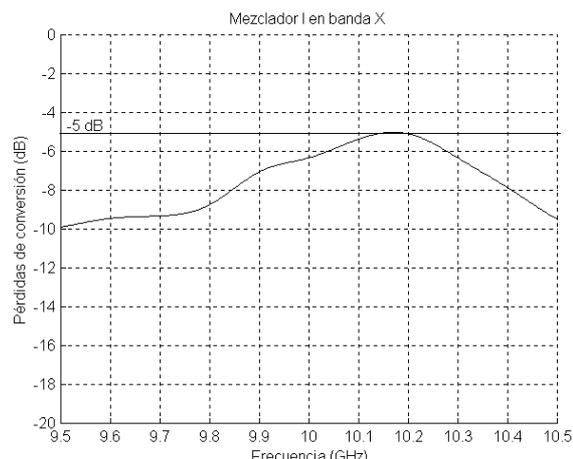


Figura 4: Pérdidas de conversión

## 5. CONCLUSIONES

Se ha presentado una metodología para optimizar las prestaciones de mezcladores de microondas que consiste básicamente en la combinación adecuada de tres elementos: conceptos teóricos, un modelo preciso para el dispositivo no lineal y herramientas CAD para analizar y optimizar circuitos de microondas. Los resultados obtenidos son satisfactorios ya que el ligero aumento en las pérdidas de conversión y la desviación frecuencial en el prototipo, se consideran como resultado del cambio en las condiciones óptimas de operación producidas por variaciones en valores de elementos circuitales.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado mediante los proyectos 2FD97-0960-C05-05 y 2FD97-1769-C04-03 (CICYT- FEDER) y una beca del CONACYT-México. A. Velázquez cuenta con un permiso de ausencia del Dpto. de Electrónica y Telecomunicaciones del CICESE-México.

## REFERENCIAS

- [1] Saleh, A. A. M. *Theory of Resistive Mixers*, Research Monograph #64, The MIT Press, London, England. 1971.
- [2] Kerr, A. "A Technique for determining the local oscillator waveforms in a microwave mixer", IEEE Trans. on MTT, vol. MTT-23, No. 10, pp 828-831, 1975
- [3] Microwave Design System V.7 y Advanced Design System V.1.5, Agilent Technologies, 395 Page Mill Road, Palo Alto, California
- [4] Maas, S.A. *Microwave Mixers*, 2<sup>nd</sup>. Ed. Artech House, 1993.