

Diseño de un Doblador de Frecuencia 6.5-13 GHz con Diodo Shottky Polarizado Externamente

P. J. González, J. Chuan Zee, L. F. Herrán, A. Tazón
DPTO. INGENIERÍA DE COMUNICACIONES. UNIVERSIDAD DE CANTABRIA.
Avda. LOS CASTROS s/n. 39005 SANTANDER.. ESPAÑA.
Tel. +34-942-201391, Fax. +34-942-201488, email: pedroj@dicom.unican.es

Abstract:

In this paper, the design procedure of a single diode 6.5-13 GHz frequency doubler is presented. A low cost Shottky diode is used in series configuration with external bias. The particular input and output resonant networks' requirements and design are described. The frequency doubler features 10.5 dB conversion loss and >24 dB fundamental and third harmonic rejection at +4 dBm input level.

1. Introducción

La generación más o menos eficiente de armónicos a frecuencias microondas es posible usando tanto dispositivos activos (FETs y bipolares) como pasivos (diodos) [1],[2]. Entre los multiplicadores pasivos, se denominan reactivos aquéllos que aprovechan la capacidad no lineal del diodo para obtener armónicos bien de bajo orden (caso de varactores), o bien de alto orden (caso de los diodos "step recovery"). Aunque relativamente eficientes en términos de potencia, son intrínsecamente de banda estrecha, muy sensibles a variaciones de los parámetros del circuito y propensos a la inestabilidad, por lo que resultan difíciles de diseñar.

En cambio, los multiplicadores llamados resistivos explotan la característica no lineal I-V de un diodo Shottky. Aunque tienen una menor eficiencia de conversión, constituyen una buena opción en el caso de dobladores o triplicadores de frecuencia de bajas prestaciones y bajo coste, pues son relativamente simples de diseñar y ajustar.

En este artículo se muestra el procedimiento de diseño seguido para desarrollar un doblador de frecuencia con diodo Shottky para 6.5-13 GHz. Aunque es habitual el uso de estructuras equilibradas, que proporcionan rechazo de algunos armónicos automáticamente, se ha optado por un diseño con un solo diodo polarizado externamente, lo que supone un grado de libertad más en la optimización del circuito.

2. Diseño del Doblador de Frecuencia

En [3] se propone una implementación de un doblador resistivo con un solo diodo en configuración serie, tal y como se muestra en la Figura 1.

Las líneas de la entrada y de la salida son sintonizadores de cuarto de onda ("stubs $\lambda/4$ ") a la frecuencia fundamental f_o . El stub acabado en cortocircuito de la entrada presenta al terminal A del diodo un circuito abierto a f_o y un cortocircuito a $2f_o$, mientras que el stub en circuito abierto de la salida hace que el terminal K del diodo "vea" un

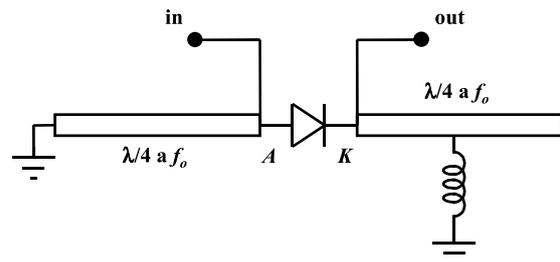


Fig. 1: Doblador resistivo con un solo diodo propuesto en [3].

cortocircuito a f_o y un circuito abierto a $2f_o$. De esta forma se aísla la entrada de la salida, a la vez que virtualmente se coloca al diodo en paralelo para la entrada a la frecuencia fundamental, y asimismo en paralelo para la salida a $2f_o$.

Por otro lado, el choke de RF sirve de retorno de continua. El mejor punto para colocarla es en la mitad del stub de la salida, precisamente donde la impedancia de la línea a $2f_o$ es mínima, y los requerimientos de un choke de alta reactancia son menores.

Para permitir la aplicación de una polarización externa al diodo, se deben realizar algunas modificaciones en el circuito. Una posibilidad se muestra en la Figura 2. En la entrada se usa una línea $\lambda/4$ en cuyo extremo se ha sustituido el cortocircuito por dos stubs radiales de dimensiones apropiadas que actúan como sendos cortocircuitos a f_o y $2f_o$. Así, puede colocarse una resistencia de polarización, sin peligro de modificar las impedancias requeridas en el terminal A del diodo Shottky.

Por otra parte, la red de la salida mostrada en la Figura 2 permite evitar la bobina de retorno de continua. El stub radial presenta en su vértice un cortocircuito al segundo armónico, que con la línea $\lambda/4$ a $2f_o$ es transformado en el deseado circuito abierto a dicha frecuencia. Sólo queda ajustar la longitud l_1 de la línea terminada en cortocircuito para que el terminal K vea un cortocircuito a la frecuencia fundamental (el valor de l_1 apenas influye en la impedancia que presenta la red a la frecuencia $2f_o$).

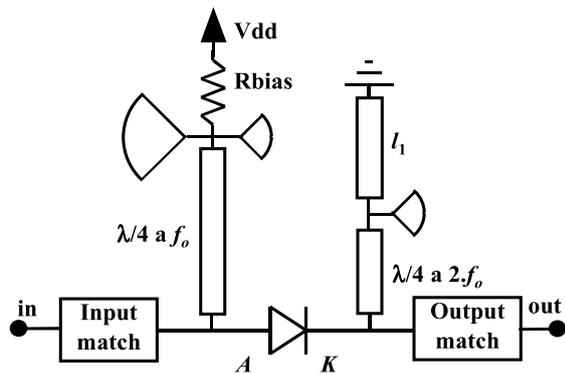


Fig. 2: Implementación propuesta del doblador con un sólo diodo polarizado externamente.

El diodo Shottky usado, de bajo coste, es un BAT15-004 de Siemens. Se han estimado los parámetros de la ecuación de la corriente de la unión Shottky que mejor ajustan la característica I-V del diodo. Puesto que se usará con polarización directa, el efecto de la no-linealidad capacitiva del mismo tiene una importancia secundaria. Se ha incluido además un modelo simple del encapsulado, de forma que se pueden reproducir los parámetros S del diodo en la banda de frecuencias 2-14 GHz para varios puntos de polarización.

El diseño preliminar de las redes de adaptación de entrada y de salida se ha llevado a cabo partiendo de los parámetros S del diodo correspondientes a una corriente de polarización típica $I_d = 0.5$ mA. Por último, se ha analizado el circuito en régimen gran señal, para una potencia de entrada nominal de +4 dBm, usando la técnica de balance armónico. Se han ajustado los parámetros de las redes de adaptación para obtener un buen compromiso entre pérdidas de conversión, rechazo de la frecuencia fundamental y pérdidas de retorno.

3. Resultados

En la Figura 3 se muestra el layout del doblador de frecuencia construido. El circuito se implementó sobre substrato CuClad, con $\epsilon_r = 2.17$ y $h = 0.254$ mm. Las dimensiones totales del mismo son 25.4×38.1 mm².

El doblador construido mostró unas pérdidas de conversión de 10.5 dB para una potencia de entrada de +4 dBm. La componente a frecuencia fundamental se veía rechazada unos 24 dB (algo más de 13 dB por debajo del segundo armónico), mientras que los armónicos de orden superior al menos 30 dB.

Para el mismo nivel de entrada de +4 dBm, las pérdidas de retorno en el puerto de entrada se estimaron en unos 14 dB, lo que supone una excelente adaptación

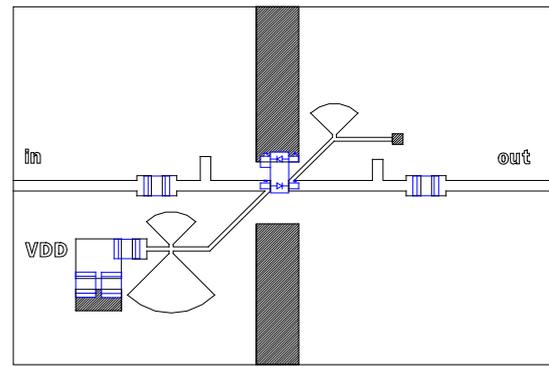


Figura 3: Layout del doblador construido.

Hay que resaltar que debido a la peculiar configuración de las redes resonantes de la entrada y la salida del doblador a diodo Shottky diseñado, el circuito proporciona unas prestaciones de pérdidas de conversión aproximadamente constantes (con un rizado inferior a ± 1 dB) para un ancho de banda a la entrada cercano a 1 GHz, aunque a costa de sacrificar el rechazo de la componente fundamental. Este parámetro alcanza su máximo para la frecuencia de resonancia "serie" de la red de salida, degradándose a medida que la frecuencia de la señal de entrada se aleja de la misma.

4. Conclusiones

Se ha diseñado un doblador de frecuencia con diodo simple de bajo coste, en configuración serie, usando únicamente sencillas técnicas de análisis lineal y no lineal. Mediante un adecuado diseño de las redes resonantes y de adaptación de la entrada y la salida, así como una buena elección del punto de operación de DC óptimo, es posible obtener buenas prestaciones de eficiencia de conversión, rechazo de la frecuencia fundamental y los armónicos superiores, así como de pérdidas de retorno en los accesos.

5. Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la Comisión Europea a través del proyecto FEDER referencia 1FD97-1066-C02-01 del programa TIC.

6. Referencias

- [1] S. A. Maas, "Nonlinear Microwave Circuits", Artech House, 1988.
- [2] M. T. Faber, J. Chramiec, M. E. Adamski, "Microwave and Millimeter Wave Diode Frequency Multipliers", Artech House, 1995.
- [3] S. A. Maas, "The RF and Microwave Circuit Design Cookbook", Artech House, 1998.