

Conmutador de banda ultra-ancha (100MHz – 18GHz) para instrumentación

Ponencia

Antonio Rueda Pérez, Iñigo Molina Fernández, Benito López Berrocal, Enrique Márquez Segura, José de Oliva Rubio.

arp@ic.uma.es, imf@ic.uma.es, benito@ic.uma.es, ems@ic.uma.es, oliva@ic.uma.es
Dpto. de Ingeniería de Comunicaciones. Universidad de Málaga. Boulevard Louis Pasteur 35,
E-29010 Málaga.

Abstract — An ultra-wideband SPDT (Single Pole Double Throw) switch using series and shunt discrete PIN diodes is presented. By using series and shunt configuration with two shunt PIN diodes high performance can be obtained that covers the 100MHz to 18GHz band. The insertion loss of fabricated switch is less than 2.5dB, included bias tee losses, and the isolation is bigger than 30dB.

I. INTRODUCCIÓN

El gran auge que están experimentando las comunicaciones “wireless” hace imprescindible la certificación de todos los nuevos sistemas tales como terminales móviles, dispositivos Bluetooth, Wi-Fi, WiMAX, etc. Para ello se necesitan equipos de medida capaces de realizar pruebas en una gran variedad de bandas de frecuencia, lo que obliga a que estos sistemas sean capaces de realizar medidas a frecuencias tan elevadas como 20 GHz. Uno de los bloques fundamentales de estos sistemas son las matrices de conmutación, por lo que será necesario conseguir conmutadores de banda ultra-ancha y de altas prestaciones que permitan reducir el coste y la complejidad de estos bloques.

Para el diseño de conmutadores de dos salidas existen principalmente dos topologías básicas. Por un lado se puede emplear una topología paralelo con líneas de transmisión de longitud un cuarto de la longitud de onda [1], y por otro se puede usar una topología serie-paralelo [2], [3]. Sin embargo, el ancho de banda de la primera queda reducido por el uso de líneas de transmisión de longitud $\lambda/4$, por lo que si se pretende conseguir un conmutador de banda ancha será necesario emplear una configuración serie-paralelo, que es la empleada en este diseño.

Dentro de este contexto se ha diseñado, fabricado y medido un conmutador SPDT de banda ultra-ancha basado en diodos PIN de montaje superficial que ofrece unas buenas prestaciones en la banda de 100 MHz a 18 GHz.

II. METODOS

A. Diseño del conmutador

En la Figura 1 se muestra la topología empleada para el diseño del conmutador SPDT propuesto. Tal y como puede verse, cada rama está compuesta por un diodo serie y dos diodos paralelos montados sobre un sustrato plástico de altura de sustrato $h=10$ mils y permitividad relativa $\epsilon_r=3.66$ (RO4350B). Para el caso del diodo serie se emplea un diodo tipo “flip chip”, concretamente el MA4FCP200 de M/A-COM, el cual tiene una capacidad de 0.02 pF y una resistencia de 2.8 Ohm. Por otro lado, para el diodo paralelo se emplea uno tipo “die” (MADP-000165-1340W de M/A-COM) con una capacidad de 0.06 pF y una resistencia de 1.3 Ohm. Este segundo diodo se conecta al circuito mediante soldaduras con hilos de oro (“wire bonding”). Debido al uso de este tipo de conexión será muy importante reducir la inductancia parásita que introducen estos hilos de oro, bien minimizando su longitud, bien colocando varios hilos en paralelo.

El control del conmutador se lleva a cabo mediante la red de alimentación de los diodos, compuesta por tres “bias tee” de banda ancha [4]. La selección de una u otra salida dependerá de la tensión impuesta en ambos terminales de control, que debe ser de 1V de amplitud en ambos y signos opuestos. De esta forma la señal de entrada pasará a aquella salida cuya tensión de alimentación sea de -1V.

Estas “bias tee”, compuestas de un condensador de banda ancha, un inductor cónico y un condensador de “bypass”, introducen unas pérdidas máximas de 1.3 dB hasta 24 GHz, pérdidas que se tienen en cuenta en las medidas finales del conmutador propuesto.

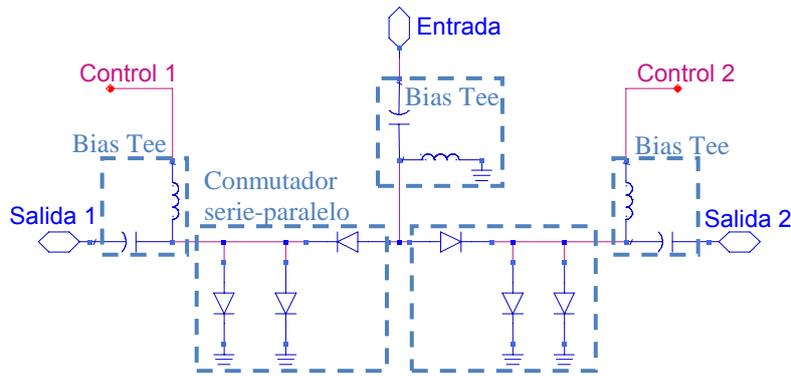


Figura 1. Esquema del conmutador SPDT.

B. Medida y modelado de diodos PIN

Para poder realizar un diseño del conmutador lo más cercano a la realidad y dado que en un diseño de banda ancha no puede ser despreciado ningún parásito, se proponen sendos modelos de pequeña señal de los diodos serie y paralelo en la configuración en la que posteriormente se usan para el montaje final. Para el caso del diodo serie se propone el modelo presentado en la Figura 2.a), donde puede verse por un lado los elementos correspondientes al propio diodo (en el recuadro), así como las tres capacidades debidas al “gap” capacitivo sobre el que éste se monta. Este modelo se ha verificado con la medida de los parámetros S de su montaje, Figura 2.b), comprobándose en la Figura 3 que ambos grupos de parámetros (medidos y predichos por el modelo) son prácticamente idénticos, con lo que queda demostrado que el modelo se ajusta perfectamente a la realidad.

Estas medidas, al igual que todas las que posteriormente se presentan, se han realizado con el analizador de redes E8364A 45 MHz – 50 GHz de Agilent Technologies, empleándose para ello una calibración TRL de forma que se imponen los planos de referencia en el lugar adecuado. Sin embargo, esta calibración no es capaz de eliminar totalmente los errores que aparecen en la medida debido a la reflexiones en cables y conectores, provocando la aparición de rizado en las medidas, sobre todo en la medida del diodo serie polarizado en directa. Por otro lado, las medidas teóricas se han realizado usando para ello el software ADS (Advanced Design System) de Agilent Technologies.

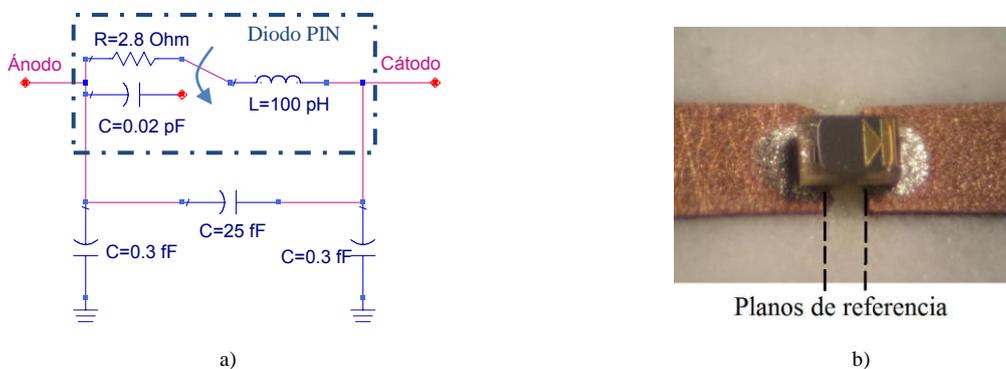


Figura 2. a) Modelo de pequeña señal del diodo serie, b) montaje diodo serie.

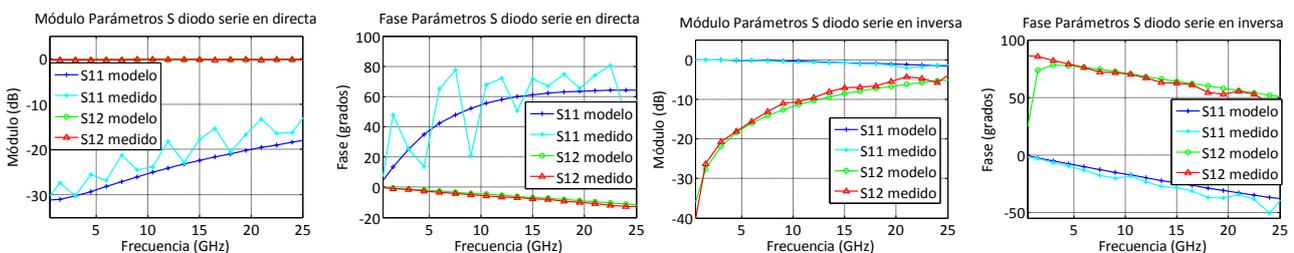


Figura 3. Comparativa de los parámetros S de pequeña señal del modelo propuesto y del montaje real para el diodo serie.

Para el diodo paralelo el modelo propuesto aparece en la Figura 4.a) y su implementación real en la Figura 4.b). Tal y como puede comprobarse este diodo se conecta con las pistas de entrada y salida con sendos “wire bonding”. Al igual que en el caso del diodo serie, los parámetros S del modelo y del montaje real son prácticamente idénticos (Figura 5), demostrándose de este modo la validez del modelo propuesto para realizar simulaciones circuitales de este tipo de montaje con este diodo.

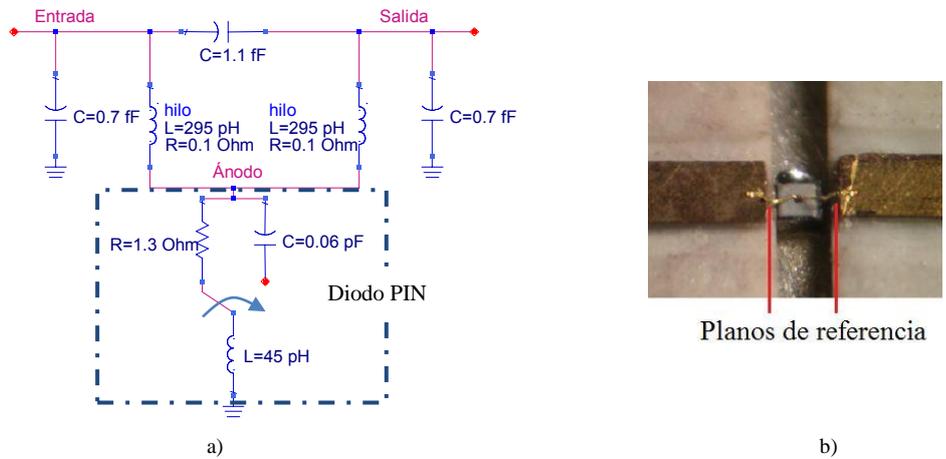


Figura 4. a) Modelo de pequeña señal del diodo paralelo, b) montaje diodo paralelo.

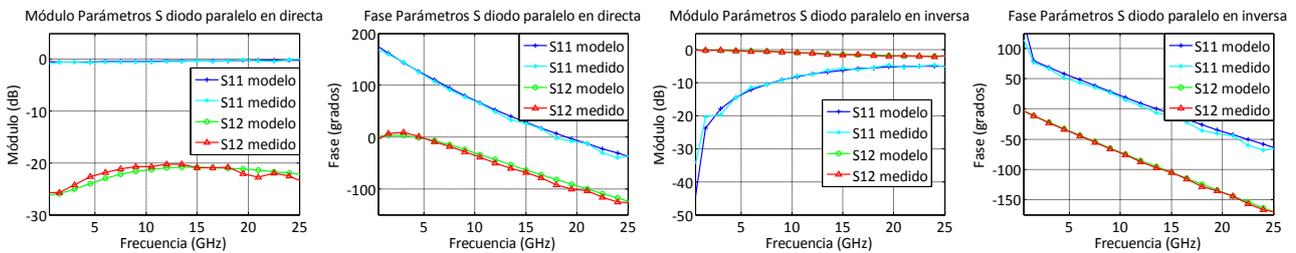


Figura 5. Comparativa de los parámetros S de pequeña señal del modelo propuesto y del montaje real para el diodo serie.

C. Medida configuración serie-paralelo

Antes de proceder al diseño del conmutador de dos salidas se realiza una medida de una topología serie-paralelo-paralelo como la que se emplea en cada una de las ramas del conmutador propuesto, de forma que se pueda comprobar el correcto funcionamiento de los modelos obtenidos. En este caso se han realizado varias conexiones con hilos de oro en paralelo, en un intento por minimizar los parásitos introducidos por los hilos. Los resultados de la medida de este circuito pueden verse en la Figura 6. En esta figura se comprueba que, aunque un poco mayores de lo esperado, las pérdidas se mantienen por debajo de 1dB en toda la banda. Por su parte, el aislamiento es mayor de 30dB hasta 18GHz. Por último, el coeficiente de reflexión de entrada queda por debajo de -15dB en todo el rango de frecuencia de operación.

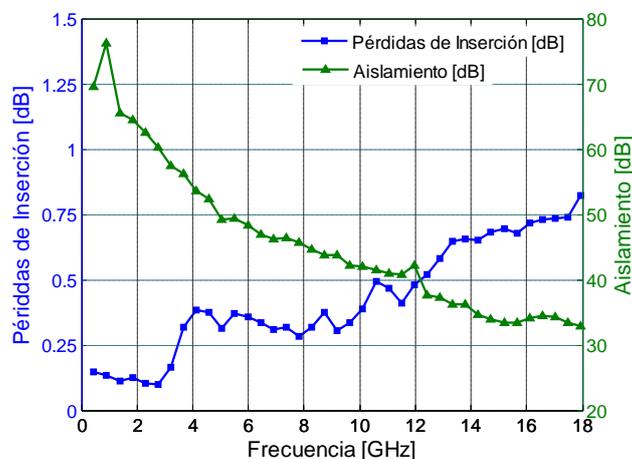


Figura 6. Medidas de la configuración serie-paralelo con dos diodos paralelos.

III. MONTAJE Y MEDIDA DE UN CONMUTADOR SPDT

Una vez comprobado el correcto funcionamiento de la topología que se empleará en cada brazo del conmutador, se lleva a cabo la fabricación y montaje del circuito. La placa sobre la que se monta el circuito completo, al igual que el resto de placas usadas para todas las medidas, se fabrica haciendo uso de una fresadora (Quick Circuit 7000). El aspecto del circuito completo, incluidas las “bias tee” puede verse en la Figura 7.

En cuanto a los resultados obtenidos de la medida cabe destacar que en éstas se incluye el efecto de la red de polarización (“bias tee”), que como ya se indicó anteriormente introducen ciertas pérdidas en toda la banda de medida. Dicho esto se presentan en la Figura 8 las pérdidas de inserción y el aislamiento de este conmutador. En cuanto a las pérdidas, puede verse como éstas son inferiores a 2.5 dB en toda la banda de medida, mientras que el aislamiento es superior a 30 dB. Por su parte el coeficiente de reflexión de entrada no supera en ningún momento los -15 dB. Para la alimentación de los diodos se usan dos fuentes de alimentación, las cuales proporcionan +1V y -1V, con una corriente máxima por diodo de 50 mA.

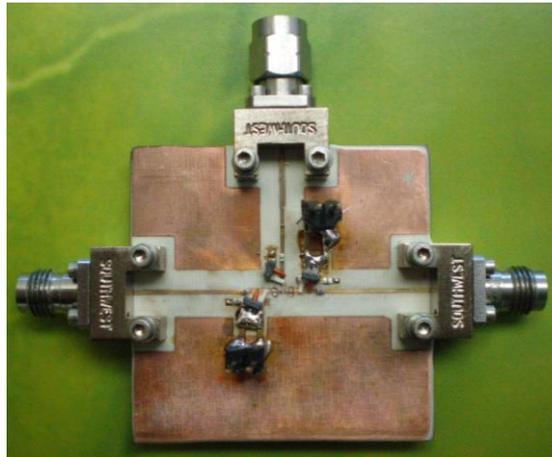


Figura 7. Montaje del conmutador SPDT.

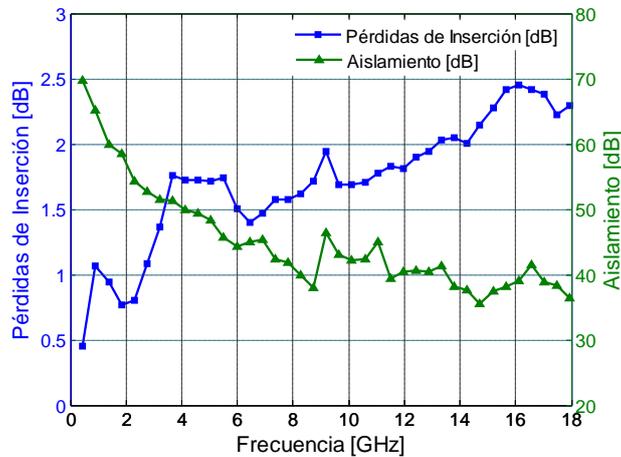


Figura 8. Medidas del conmutador SPDT.

IV. CONCLUSIONES

Se ha presentado el diseño y medida de un conmutador SPDT con unas pérdidas inferiores a 2.5 dB y un aislamiento superior a 30 dB en la banda de 100 MHz a 18 GHz. En esta banda el conmutador funciona con un coeficiente de reflexión de entrada de -15 dB. Para el diseño del conmutador se han propuesto y verificado sendos modelos para los diodos serie y paralelo, y por otra parte, se ha verificado el comportamiento de una única rama, gracias a lo cual, se puede asegurar que con un diseño adecuado de la etapa de entrada, se puede conseguir conmutadores de un mayor número de salidas.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto ha sido parcialmente subvencionado por la Junta de Andalucía bajo el proyecto 3SUPER3 y por AT4 Wireless bajo el contrato 806/59.2569.

REFERENCIAS

- [1] T. Shigematsu, N. Suematsu, N. Takeuchi, Y. Iyama and A. Mizobuchi, "A 6-18 GHz 20WW SPDT Switch Using Shunt Discrete PIN Diodes", IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, page (s): 527-530, 1997.
- [2] C. Sun, J. Magers, W. Oldfield, R. Simmons and E. Liu, "An Ultra Wideband 0.04 to 40GHz PIN Diode Transfer Switch", 3rd International Conference on Microwave and Millimeter Wave Technology. Proceedings. ICMMT 2002. Page(s): 1093-1096. 17-19 Aug. 2002.
- [3] Seung-Won Paek, Hyun-Il Kang, Kye-Ik Jeon, Myung-Deuk Jeong, Dong-Wook Kim, Chae-Rok Lim, Jae-Hak Lee, Won-Sang Lee, Jae-Eung Oh and Ki-Woong Chung, "1-26 GHz High Power p-i-n Diode Switch", IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest., Vol 1, Page(s) 505-508, 11-16 June 2000.
- [4] B. López-Berocal, I. Molina-Fernández, E. Márquez-Segura and J.G. Wangüement-Pérez, "Amplificador de Banda Ultra-ancha (80KHz – 20GHz)", XXII Simposium Nacional de la Unión Científica Internacional de Radio, 19-21 Septiembre, 2007.