

AMPLIFICADORES MMIC EN LA BANDA Ka DE BANDA ANCHA

B. Aja, M.L. de la Fuente, J.P. Pascual, A. Mediavilla, E. Artal
Dpto. Ing. de Comunicaciones. Universidad de Cantabria
Avda. los Castros s/n 39005 Santander
Tel.: 34 - 942 201493 Fax: 34 - 942 201488 e-mail: beatriz@dicom.unican.es

ABSTRACT

This paper describes the design and assembly of two low noise wideband monolithic Ka-Band amplifiers. The designs are fully monolithic. Philips Microwave Limeil ED02AH process, which employs a 0.2 μm Pseudomorphic-High Electron Mobility Transistor (P-HEMT) was the technology chosen. One amplifier has four stages and the other has three stages. A first stage with inductive source feedback has been used to achieve a low noise performance with reasonable gain and return loss and parallel feedback has been used in the last stages to give an upward slope to the gain. The circuit has been measured in a home made test fixture with ridged waveguide (WR-28) own designed transitions to couple the signal from waveguide to microstrip. A gain greater than 12 dB with an average noise of 4.1 dB from 28 to 40 GHz and a minimum noise figure of 2.3 dB at 28.5 dB was measured for the three stages MMIC amplifier. A gain greater than 20 dB with an average noise of 2.3 dB from 28 GHz to 36 GHz and a minimum noise figure of 1.8 dB at 29.5 dB was measured for the four stages MMIC amplifier.

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de comunicaciones que requieren grandes capacidades en la banda milimétrica están teniendo un gran desarrollo como por ejemplo los sistemas de banda ancha para la distribución de señales de video sin cable tales como LMDS (Local Multipoint Distribution System) que operan en la banda de 28 GHz. Para satisfacer esta demanda el diseño circuitos integrados monolíticos de microondas (MMIC) es de gran interés ya que poseen ventajas en cuanto a miniaturización, gran repetitividad, bajo coste en grandes producciones y mayor fiabilidad debido al reducido número de interconexiones.

2. DISEÑO

Se ha realizado el diseño de dos amplificadores en la banda Ka, uno de ellos de tres etapas y el otro de cuatro. Los modelos de pequeña señal de los transistores utilizados para realizar el diseño están proporcionados por la fundición para cada polarización. En ambos diseños los transistores son de tipo depleción y tamaño $6 \times 15 \mu\text{m}$. Se ha escogido la menor anchura de dedo permitida por la fundición para disminuir la resistencia de puerta y así minimizar el ruido. Por otro lado con este tamaño, a través de la realimentación inductiva en fuente, permite aproximar la impedancia óptima de ruido a la

impedancia de adaptación conjugada. En la figura 1 se observa un esquema de la topología del amplificador de cuatro etapas. Para el amplificador de tres etapas se utilizó una topología similar al representado en la figura 1.

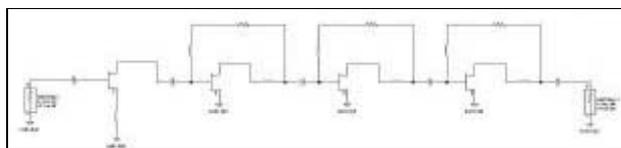


Figura 1. Esquemático del Amplificador MMIC de 4 etapas

La primera etapa en los dos diseños lleva realimentación inductiva en la fuente [1] con el fin de obtener bajo ruido con una ganancia y pérdidas de conversión razonables. Las otras dos etapas en el caso del amplificador de tres etapas y las tres etapas finales en el amplificador de cuatro etapas llevan realimentación resistiva paralela [2,3] con el objetivo de obtener una ganancia constante en todo el rango de funcionamiento al compensar la caída natural en ganancia de un transistor con la frecuencia. Esta realimentación paralela tiene un impacto mínimo en la figura de ruido y asegura estabilidad incondicional a todo el amplificador. La figura 2 muestra una fotografía de cada uno de los amplificadores monolíticos. Ambos circuitos tienen el mismo tamaño e igual a $3 \times 1 \text{ mm}^2$.



Figura 2. Fotografía de los amplificadores MMIC de 3 y 4 etapas

Los amplificadores han sido diseñados utilizando el simulador MDS (Agilent) y para las redes pasivas se ha empleado su herramienta de simulación electromagnética quasi-3D.

3. MONTAJE

Los circuitos han sido ensamblados y medidos en un útil de fabricación propia con accesos en guía de onda. Las transiciones para acoplar la señal de guía de onda a microstrip han sido diseñadas utilizando guías de onda Ridged [4]. La figura 3 muestra una vista del útil de medida que consiste en una caja con cuatro transiciones a guía en la que hay montados

dos MMICs y todo ello esta sobre una placa con circuitos de protección de continua.



Figura 3. Fotografía de la caja con transición Ridge

La figura 4 muestra un detalle del montaje del amplificador MMIC de 3 etapas conectado a líneas microstrip y a redes de polarización mediante hilos de oro. Las líneas microstrip están hechas en sustrato Al_2O_3 con un espesor de 0.254 mm y constante dieléctrica relativa de 9.9. Las redes de polarización consisten en resistencias, condensadores y bloqueos de RF.

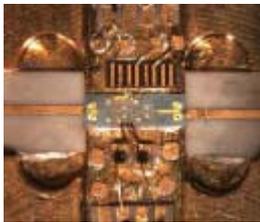


Figura 4. Fotografía del montaje de amplificador MMIC de 3 etapas con los circuitos de polarización

4. MEDIDAS

En los dos amplificadores MMIC diseñados se han realizado medidas de parámetros de Scattering y de figura de ruido. En la figura 5 se muestra la ganancia y el ruido medidos para el amplificador de tres etapas. Se obtuvo una ganancia mayor de 12 dB desde 28 hasta 39.5 GHz y una figura de ruido media de 4.1 dB. La mínima figura de ruido es de 2.6 dB a 28.5 GHz con una ganancia de 13.5 dB y pérdidas de retorno de 10 dB y 18.8 dB en la entrada y salida respectivamente.

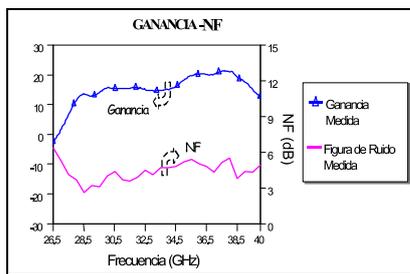


Figura 5. Ganancia y figura de ruido del amplificador MMIC de 3 etapas.

La figura 6 muestra la ganancia y el ruido medidos para el amplificador de cuatro etapas. En este circuito el ancho de banda obtenido es algo menor y la figura de ruido más baja que para el de tres etapas, teniendo ganancia mayor de 20 desde 28

hasta 36 GHz y una figura de ruido media de 2.3 dB. En 29.5 GHz se obtuvo la mínima figura de ruido, 1.8 dB, con una ganancia de 21.5 dB y pérdidas de retorno de 7.3 dB y 22.5 dB en la entrada y salida respectivamente.

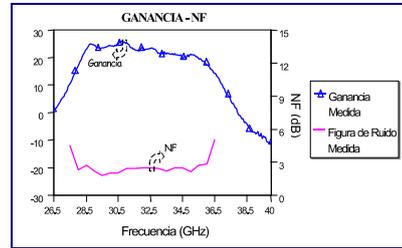


Figura 6. Ganancia y figura de ruido del amplificador MMIC de 4 etapas.

5. CONCLUSIONES

Se han diseñado y caracterizado dos amplificadores en tecnología monolítica en la banda Ka para aplicaciones en sistemas de comunicaciones en la banda milimétrica. Los circuitos han sido montados en un útil de fabricación propia con accesos en guía de onda y se han realizado medidas de parámetros de Scattering y de ruido. Los dos amplificadores presentan banda ancha. En el amplificador de tres etapas se ha obtenido una ganancia mayor de 12 dB desde 28 hasta 40 GHz y una figura de ruido media de 4.1 dB. En el circuito de cuatro etapas se ha obtenido una ganancia mayor de 20 dB y una figura de ruido media de 2.3 dB desde 28 hasta 36 GHz.

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la técnica de montaje Eva María Cuerno su gran interés y cuidado en la realización de los montajes. Este trabajo se ha realizado en el Departamento de Ingeniería de Comunicaciones se ha financiado con la ayuda 1FD97-1769-C04-02 de la CICYT y la Comisión Europea.

7. REFERENCIAS

- [1] J. Engberg, "Simultaneous input power match and noise optimization using feedback", in *Proc. 4th European Microwave Conf.* 1974, pp.385-389.
- [2] K.B. Niclas, "GaAs MESFET feedback amplifiers: design considerations and characteristics", *Microwave Journal*, pp. 39-48 & 85, Mar. 1980.
- [3] K.B. Niclas, W. T. Wilser, R. B. Gold & W. R. Hitchens, "The matched feedback amplifier: Ultrawide-band microwave amplification with GaAs MESFETs", *IEEE Trans. Microwave Theory Tech*, vol. MTT-28, pp.285-294, Apr. 1980.
- [4] Wolfgang J. R. Hofer, "Closed-Form Expressions for the Parameters of Finned and Ridged Waveguides", *IEEE Trans. Microwave Theory Tech*, vol. MTT-30, pp.2190-2194, Dec. 1982.