

Diseño de un Amplificador de Potencia con Estructura Cascode Extendida para SATCOM on the Move

Josué Buil¹, Francisco José Torcal-Milla², Carlos Sánchez-Azqueta¹

¹Grupo de Diseño Electrónico (GDE)

²Grupo de Tecnologías Ópticas Laser (TOL)

Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)

Universidad de Zaragoza, Mariano Esquillor s/n, 50018, Zaragoza, Spain.

Tel. +34-976762543, e-mail: 845955@unizar.es

Resumen

Este trabajo se centra en el diseño y la simulación eléctrica de una etapa de amplificación en potencia para una matriz de antenas activas operando en la banda K, específicamente en la banda del enlace descendente en comunicaciones *Satellite on the MOVE* (SOTM), que va de los 17.7 GHz a los 22.2 GHz. El amplificador de potencia diseñado opera en forma diferencial con una arquitectura de cascode extendida. El diseño y las pruebas se han llevado a cabo utilizando un proceso CMOS MM/RF de 65 nm y los resultados indican que el amplificador es capaz de ofrecer una ganancia de 35.0 dB en la frecuencia central de la banda.

Introducción

Las matrices de antenas activas son fundamentales para la nueva generación de sistemas de comunicaciones inalámbricas 5G/6G y por satélite (SATCOM) [1]. Estos sistemas pueden operar de forma analógica, digital o híbrida. Las arquitecturas híbridas dividen la matriz en varias submatrices en las que las señales se procesan de forma analógica para combinarse posteriormente en el dominio digital, lo cual es ventajoso porque no se necesita una cadena de receptor completa para cada antena y el diseño se simplifica [1, 2]. En el transmisor de un transceptor de antena activa matricial híbrida, las señales que alimentan los elementos de la antena experimentan un desplazamiento de su fase y a continuación amplificación en potencia para formar el patrón de radiación deseado. La Figura 1 muestra un esquema de esta arquitectura.

Este trabajo se centra en el diseño y la simulación eléctrica de una etapa de amplificación de potencia para una matriz de antenas activas. En concreto, el amplificador de potencia se ha diseñado para operar en el enlace descendente del protocolo europeo de comunicaciones *Satellite on the Move* (SOTM), que se implementa en la banda K, entre los 17.7 GHz y los 22.2 GHz, específicamente a la frecuencia central

de la banda, que son 19.45 GHz. El amplificador de potencia se basa en una arquitectura cascode extendida y su diseño y simulación se han llevado a cabo utilizando un proceso CMOS MM/RF de 65 nm, una tecnología que ofrece un equilibrio favorable entre rendimiento y coste para aplicaciones de alta frecuencia.

Diseño del sistema

El diseño esquemático del PA se puede observar en la Figura 2. Está formado por una estructura cascode extendida mediante la adición de un tercer transistor en configuración de fuente común (N_1 y N_2) sobre la estructura cascode tradicional, lo que permite aumentar la tensión de alimentación sobre el sistema y de esta manera aumentar la potencia de salida [3]. Los condensadores C_1 y C_2 forman una red de neutralización capacitiva que consigue mejorar la estabilidad del amplificador a la vez que aumenta la ganancia [3].

Los transistores N_1 - N_6 son transistores core del proceso tecnológico CMOS MM/RF de 65 nm y se han dimensionado a la mínima longitud de canal de 60 nm, con anchuras de 96 μm (N_1 - N_4) y 75 μm (N_5 - N_6). Los condensadores de la red de neutralización tienen un valor de capacidad de 350 fF. El acoplo a la entrada del PA se realiza de forma capacitiva, con una tensión en modo común de 650 mV, mientras que a la salida el acoplo con la carga de 50 Ω se realiza mediante un transformador.

Resultados de simulación

El diseño esquemático mostrado en la Figura 2 se ha implementado en la tecnología CMOS MM/RF de 65 nm para realizar las simulaciones. La Figura 3 muestra el resultado obtenido tras una simulación transitoria a la frecuencia central de la banda de interés, 19.45 GHz. Se puede observar que la señal de salida (azul en la Figura 3) es una réplica de la de entrada (rojo en la Figura 3) con una ganancia de 35.0 dB.

Por su parte, mediante un análisis paramétrico en frecuencia se ha obtenido la ganancia del amplificador en el entorno de la frecuencia de operación. Los resultados se muestran en la Figura 4, donde se observa que el pico de ganancia de 35.0 dB se obtiene para la frecuencia deseada.

Conclusiones

Este trabajo presenta el diseño y simulación de un amplificador de potencia con estructura cascode extendida y una red de neutralización capacitiva para aumentar la potencia de salida, mejorar la estabilidad y aumentar la ganancia.

El amplificador de potencia consigue a la frecuencia deseada de 19.45 GHz (correspondiente a la frecuencia central en el enlace descendente del protocolo europeo *Satellite on the Move*) una ganancia de 35.0 dB. El sistema se ha realizado en

una tecnología CMOS MM/RF de 65 nm, que ofrece un buen equilibrio entre rendimiento y coste para aplicaciones de alta frecuencia

- [1]. YANG, M., ZHAO, D., XU, C., GU, P., YI, Y., GUO, M., YAN, X., LIU, L., CHAI, Y., LIU, H., YOU, X. K/Ka-Band Hybrid-Packaged Four-Element Four-Beam Phased-Array Transmitter and Receiver Front ends With Optimized Beamforming Passive Networks. *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, 59(10), 2024.
- [2]. ESTEBAN-ERASO, U., SÁNCHEZ-AZQUETA, C., AZNAR, F., ALDEA, C. y CELMA, S. Compensating the load effect in quadrature all-pass filters. *IFIP/IEEE 32nd International Conference on Very Large Scale Integration (VLSI-SoC)*, 1–4. 2024.
- [3]. HEONG, H., PARK, Z.. Design of K-Band CMOS Extended Cascode Power Amplifier With Second Harmonic Termination to Enhance Output Power. *IEEE Access*, 12, 141528-141539, 2024

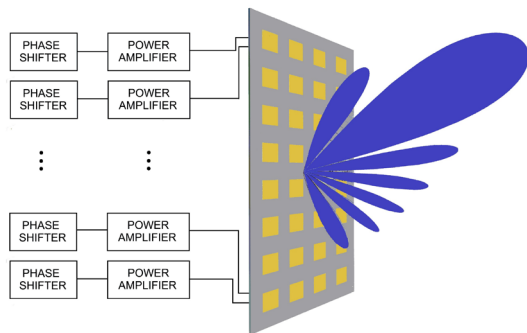


Figura 1. Diagrama de bloques conceptual del sistema transmisor de un conjunto de antenas activas en una arquitectura híbrida analógico-digital. Las señales se desfazan y, posteriormente, se amplifican en potencia para formar el patrón de radiación.

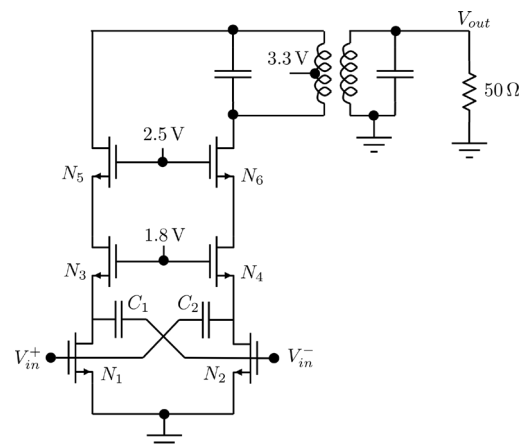


Figura 2. Esquema del amplificador de potencia. Consta de una estructura cascode extendida con una red de neutralización capacitiva para aumentar la potencia de salida, mejorar la estabilidad y aumentar la ganancia.

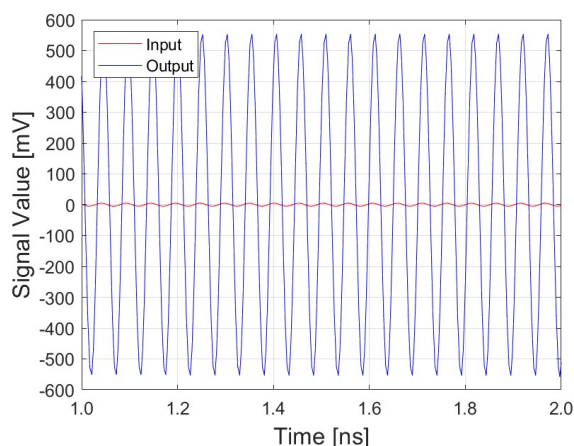


Figura 3. Señal de salida (azul) proporcionada por el PA sobre una carga de 50 Ω. El gráfico también muestra (en rojo) la señal de entrada al PA.

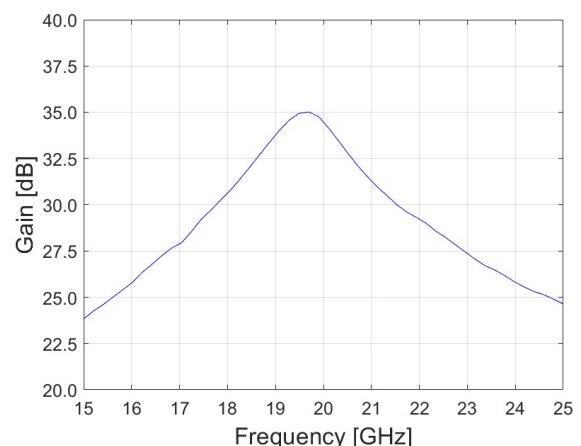


Figura 4 Ganancia proporcionada por el PA en función de la frecuencia. Para la frecuencia central de la banda objetivo (19.45 GHz), la ganancia es de 35 dB.