

# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN AMPLIFICADOR DE MEDIA POTENCIA PARA BANDA S

Luis Eduardo Ayestaran Alvarez, Luis Manuel Rodríguez Méndez  
Posgrado en Ciencias en Ingeniería de Telecomunicaciones  
Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica  
[luisayestaran149@gmail.com](mailto:luisayestaran149@gmail.com), [lrodriguez@ipn.mx](mailto:lrodriguez@ipn.mx)

**Resumen**— El proyecto consiste en el diseño y construcción de un amplificador de media potencia para operar a 3 GHz en la banda S, utilizada en telecomunicaciones, radares y sistemas satelitales. Su objetivo es mejorar la eficiencia y calidad de la señal, manteniendo un diseño compacto y de bajo costo.

El diseño se basa en una arquitectura de múltiples etapas, utilizando divisores y combinadores Wilkinson para distribuir y combinar la señal amplificada. Se emplea el transistor MMG30271BT1 y técnicas avanzadas de adaptación de impedancia para garantizar estabilidad y eficiencia.

La metodología incluye diseño, simulación, fabricación y pruebas experimentales, con el propósito de obtener un amplificador con 2 W de potencia de salida y una ganancia superior a 20 dB.

**Palabras clave** — Amplificador de RF, GaN, 3 GHz, Wilkinson.

**Abstract**— The project consists of the design and construction of a medium-power amplifier to operate at 3 GHz in the S-band, used in telecommunications, radars and satellite systems. It aims to improve signal efficiency and quality while maintaining a compact, low-cost design.

The design is based on a multi-stage architecture, using Wilkinson splitters and combiners to distribute and combine the amplified signal. The transistor is used MMG30271BT1 and advanced impedance matching techniques to ensure stability and efficiency.

The methodology includes design, simulation, manufacturing and experimental tests, with the purpose of obtaining an amplifier with 2 W of output power and a gain greater than 20 dB.

**Keywords** — RF Amplifier, GaN, 3 GHz, Wilkinson.

## INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de dispositivos de alta frecuencia en aplicaciones como las telecomunicaciones, radares, y sistemas de transmisión de datos ha impulsado el desarrollo de sistemas electrónicos capaces de operar eficientemente en bandas de frecuencia altas, por lo que un amplificador de media potencia desempeña un papel esencial al garantizar la transmisión de señales con niveles

adecuados de potencia y linealidad optimizando la transmisión de señales de RF.

El diseño de un amplificador de media potencia a 3 GHz es fundamental para aplicaciones modernas como telecomunicaciones, sistemas de radar, redes satelitales, entre otras, ya que estas dependen de la amplificación eficiente de señales para garantizar un funcionamiento robusto en entornos de alta interferencia y largas distancias.

La frecuencia de 3 GHz se encuentra en la banda S, que es ampliamente utilizada en comunicaciones inalámbricas, radares, y sistemas satelitales. Un amplificador de media potencia para esta frecuencia es crucial para mejorar la cobertura, calidad de señal y alcance en estos sistemas [2],[5]. Este proyecto busca diseñar, construir y optimizar un amplificador compacto, eficiente y de bajo costo para aplicaciones en esta frecuencia.

El uso del transistor MMG30271BT1 es una excelente opción para el diseño de amplificadores de potencia, debido a:

- **Amplia banda de operación:** Funciona de 900 MHz a 4.3 GHz, cubriendo múltiples aplicaciones de RF.
- **Alta ganancia:** Ofrece una ganancia de hasta 17 dB, ideal para etapas de preamplificación.
- **Buena linealidad:** Útil en aplicaciones donde se requiere baja distorsión, como comunicaciones inalámbricas.
- **Compacto y fácil de integrar:** Disponible en encapsulado SOT-89, ideal para circuitos impresos de alta densidad.
- **Uso en sistemas avanzados:** Es común en amplificadores Doherty, redes celulares y transmisores de RF.
- Como driver en amplificadores de mayor potencia.
- Para reforzar señales débiles en sistemas de RF.
- En aplicaciones de banda ancha, como LTE, Wi-Fi y radiofrecuencia en general.

Aspectos clave:

- **Demanda Tecnológica:** La banda de 3 GHz es fundamental en aplicaciones modernas, donde amplificadores eficientes mejoran la calidad y el alcance de las señales en redes de telecomunicaciones, radares y dispositivos inalámbricos.

- **Innovación en Diseño:** Explorar materiales avanzados, como el GaN (nitruro de galio), que proporcionan alta eficiencia y potencia en frecuencias elevadas. El uso de configuraciones como divisores Wilkinson optimiza la distribución de energía, reduciendo pérdidas y distorsión.
- **Solución a Retos Técnicos:** Desarrollar un amplificador para esta frecuencia implica abordar desafíos como la estabilidad, la linealidad y el manejo de alta potencia. Resolver estos problemas impulsa el conocimiento en el diseño de circuitos de microondas y RF.
- **Impacto Social y Económico:** Al mejorar la eficiencia de dispositivos de telecomunicaciones y radares, se reducen costos operativos y se amplía el acceso a tecnologías críticas en sectores como defensa, seguridad y conectividad.
- **Contribución Académica:** Proporciona bases para futuras investigaciones y desarrollos en sistemas de alta frecuencia.

### DESARROLLO

El desarrollo del amplificador se enfoca en diseñar, simular y construir un dispositivo eficiente y estable, dirigido a aplicaciones como telecomunicaciones 5G, radares y dispositivos IoT. Este trabajo aborda desafíos clave como la optimización de la ganancia, la reducción de pérdidas y la mejora de la estabilidad en altas frecuencias.

La metodología un diseño con redes Wilkinson que divide o combina señales RF de manera equitativa con baja pérdida, simulaciones de rendimiento, fabricación de un prototipo y pruebas experimentales. Se emplean transistores avanzados como el GaN y técnicas de diseño como redes Wilkinson para garantizar la eficiencia y la linealidad [1],[4].

Se espera que las pruebas experimentales confirmen las especificaciones de diseño:

- Frecuencia: 3 GHz.
- Potencia de salida: 2 W.
- Ganancia: 13 dB.
- Impresión PCB

Dado que se espera una potencia de salida de 2 W (33 dBm) y una ganancia de 13 dB, a la entrada se necesita una potencia mínima de 20 mW (13 dBm), por lo que tenemos:

- Entrada de RF: 5 mW
- Objetivo de salida: 2 W
- Ganancia total requerida: 13 dB
- Divisor Wilkinson: 3 dB de atenuación.

Donde:

$$P_{dBm} = 10 \log_{10}(P_{mW})$$

Para 5 mW de entrada:

$$P_{in} = 10 \log_{10}(5) = 7 \text{ dBm}$$

Para 2 W de salida:

$$P_{out} = 10 \log_{10}(2000) = 33 \text{ dBm}$$

Para la ganancia de amplificación:

$$G_A = 13 \text{ dB}$$

Para la atenuación de los divisores Wilkinson:

$$A_W = 3 \text{ dB}$$

- Primera etapa:

Se tiene una potencia de entrada de 7 dBm y una amplificación de 13 dB para lograr que una señal de baja potencia eleve su nivel hasta 33dBm, la señal se debe a la baja resistividad en potencia de los dispositivos de medición, por lo que se tienen:

$$P_1 = P_{in} + G_A = 7 + 13 = 20 \text{ dBm}$$

- Segunda etapa:

Pasa por el primer divisor Wilkinson, por lo que tendrá una atenuación de 3 dB:

$$P_2 = P_1 - A_W = 20 - 3 = 17 \text{ dBm}$$

- Tercera etapa:

$$P_3 = P_2 - A_W = 17 - 3 = 14 \text{ dBm}$$

- Cuarta etapa:

Para esta parte, empiezan las etapas de amplificación, en donde se obtiene una ganancia de 13 dB debido al arreglo de 4 amplificadores de potencia:

$$G_{TA} = 13 \text{ dB}$$

$$P_4 = P_3 + G_T + A_W = 14 + 13 = 27 \text{ dBm}$$

- Quinta etapa:

$$P_5 = P_{out} = P_4 + A_W = 27 + 3 = 30 \text{ dBm}$$

- Sexta etapa:

$$P_6 = P_{out} = P_5 + A_W = 30 + 3 = 33 \text{ dBm}$$

En esta última etapa se obtiene la potencia de salida de 33 dBm (2 W), para este diseño.

El diseño del amplificador representado en la figura 1, se muestra con el uso de divisores Wilkinson para distribuir la señal y luego atenuarla o amplificarla durante cada etapa incluyendo la ganancia del arreglo de amplificadores de potencia [1],[4].

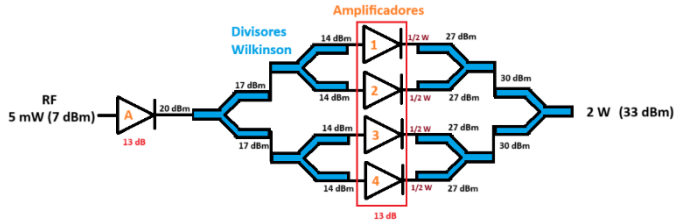


Figura 1. Imagen representativa del amplificador con redes Wilkinson.

### MODELADO

Para el modelado, se está trabajando en un software de simulación de dispositivos de altas frecuencias. Los avances de esta simulación se pueden ver en la figura 2, donde se muestran los elementos conectados entre sí que en su tapa final, darán el resultado del amplificador de media potencia con divisores Wilkinson:

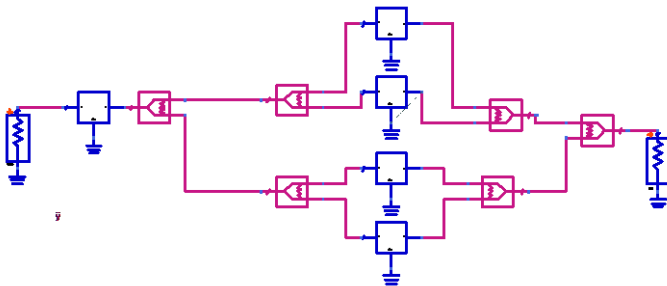


Figura 2. Modelado del amplificador con redes Wilkinson.

### CONCLUSIONES

El diseño y construcción de un amplificador de media potencia a 3 GHz demuestra ser una solución eficiente y viable para aplicaciones en telecomunicaciones, radares y sistemas satelitales. A través del uso de redes Wilkinson y transistores como el MMG30271BT1, se optimiza la amplificación de la señal garantizando estabilidad, linealidad y eficiencia.

El desarrollo del amplificador enfrenta desafíos técnicos clave, como la correcta adaptación de impedancias, la reducción de pérdidas y el manejo de alta potencia. La implementación de materiales avanzados como el GaN permite mejorar el rendimiento en términos de ganancia y eficiencia energética, asegurando una mayor cobertura y calidad de señal.

Este proyecto no solo tiene impacto en el ámbito tecnológico, sino que también contribuye al desarrollo académico en el área de RF y microondas, sirviendo como base para futuras investigaciones y optimizaciones en amplificadores de alta frecuencia.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto Politécnico Nacional y al Posgrado en Ciencias en Ingeniería de Telecomunicaciones por el apoyo brindado en la realización de este proyecto.

### REFERENCIAS

- [1] D. M. Pozar, Microwave Engineering, 4th ed., Wiley, 2011.
- [2] Y. Wu, S. Heikman, B. Keller, P. Parikh, S. Chakraborty, and U. K. Mishra, "High-Frequency, High-Power GaN HEMTs for RF Applications," IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 51, no. 2, pp. 634–652, Feb. 2003.
- [3] K. Chen and D. Peroulis, "Design of High-Efficiency Class-E Power Amplifiers for 3 GHz Applications," IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 60, no. 12, pp. 4092–4100, Dec. 2012.
- [4] D. M. Pozar, "Microwave Networks and Impedance Matching," in Microwave Engineering, 4th ed., Wiley, 2011, ch. 4.
- [5] F. Van Raay and J. Stappers, "High Efficiency GaN Power Amplifiers for S-band Applications," IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS), 2018.
- [6] "Design of 3.3GHz–3.8GHz 5Watt High Power Amplifier using GaN HEMT Device," IEEE Conference Publication, 2023.