

S-Band Power Amplifier for CubeSat Applications

Repetto Facundo, Duggan Liam, Locreille Juan, Liaño Lucas

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Buenos Aires

Cátedra Proyecto Final: Mg.Ing. Sebastian Verrastro, Mg.Ing. Pablo Sánchez, Mg.Ing. Mariano Vidal

Objetivo

Desarrollo de un amplificador de potencia (PA) en Banda S para CubeSats, optimizado para alta eficiencia energética, miniaturización y resistencia a condiciones espaciales extremas (radiación y temperatura), buscando maximizar los recursos limitados en misiones de bajo costo.

Marco Teórico

Los amplificadores de potencia constituyen un componente esencial del transmisor. La selección de la clase de operación del amplificador implica un compromiso entre eficiencia energética y comportamiento lineal. En comparación a otras clases, la clase AB ofrece una relación eficiencia linealidad equilibrada, lo que ha motivado su adopción extendida en amplificadores de RF de potencia media [1].

El nitruro de galio (GaN) es un semiconductor de banda prohibida ancha que ofrece un conjunto de prestaciones superiores a las de tecnologías convencionales como el silicio (Si) o el carburo de silicio (SiC) [2-4].

Por estos motivos, se optó por trabajar en clase AB con un transistor de potencia discreto de tecnología GaN.

Se llevó a cabo el cálculo de radio-enlace con el fin de determinar si la señal alcanza la relación entre energía de bit y densidad espectral de ruido mínima necesaria (E_b/N_0) para un esquema de modulación dado. Se consideró una tasa de transmisión de 500kbps, suficiente para la transmisión de video 720p@30fps. Empleando modulación 8PSK, se determinó que una potencia de 1W es suficiente para la transmisión en el canal con ángulos de elevación mayores a 20°.

Resultados

El diseño se llevó a cabo mediante simulaciones del tipo Spice y análisis de balance armónico (Harmonic Balance) con los modelos físicos de gran señal de los dispositivos, incorporando técnicas de Load-Pull y optimización. La Figura 1 muestra el resultado de la simulación de Load-Pull.

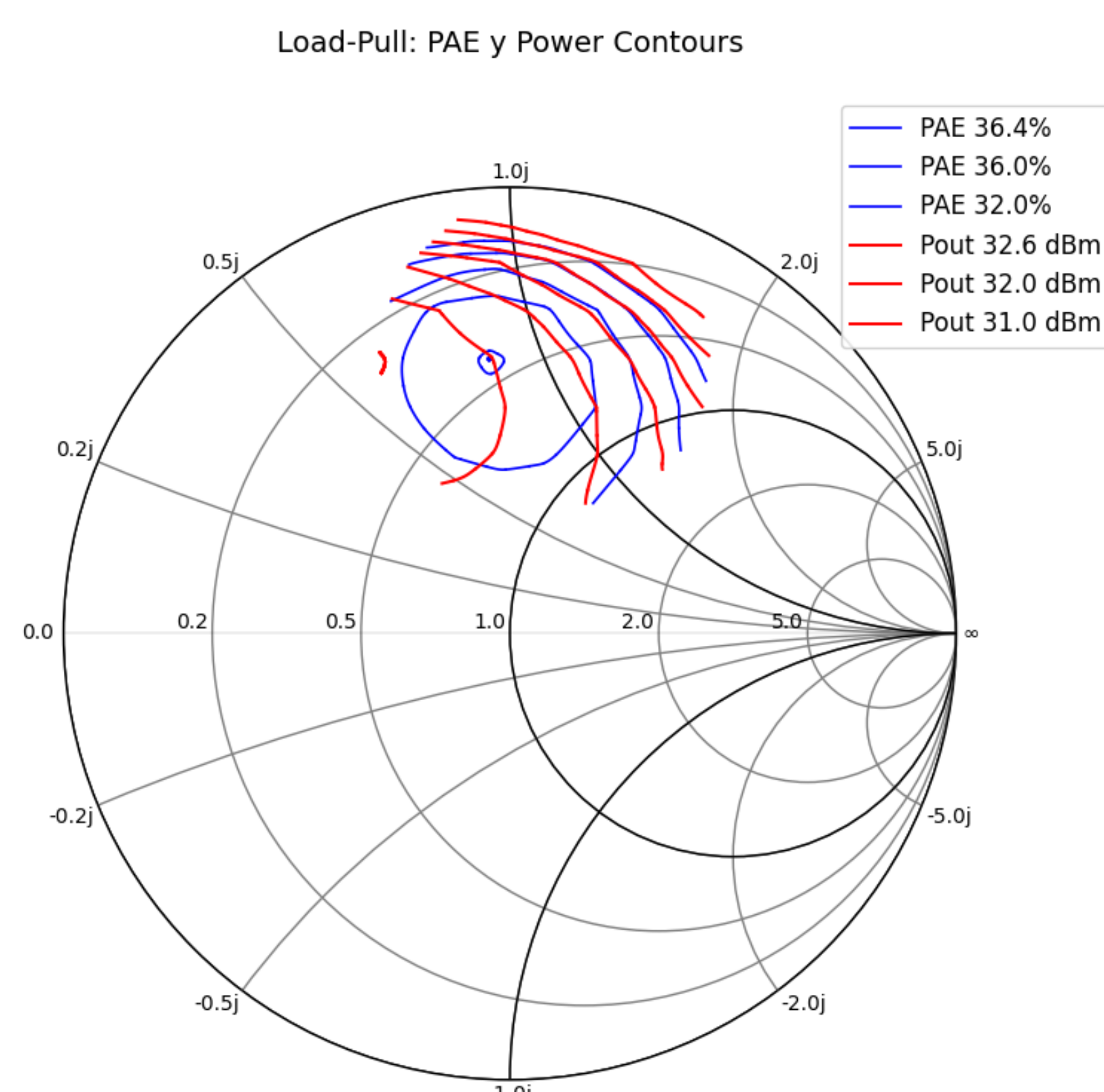


Figura 1: Simulación de Load-Pull. Se muestran los contornos de PAE (Azul) y Potencia de salida (Rojo)

Contacto e Información

● Proyecto Final - UTN-FRBA <https://www.frba.utn.edu.ar/electronica/proyecto-final/>

El amplificador se fabricó en un sustrato FR4 de impedancia controlada de 4 capas. La adaptación de entrada y salida así como el filtrado se realizó con componentes distribuidos. El valor de estos filtros se determinó a partir del Load Pull.

La Figura 2 muestra la placa fabricada. El dispositivo fue caracterizado mediante ensayos de pequeña y gran señal. La Tabla 1 detalla los resultados de las mediciones de los parámetros más importantes del amplificador de potencia.

Parámetro	Valor
Frecuencia Central	2.11 GHz
Ancho de Banda (BW)	70 MHz
Punto de Compresión (P_{1dB})	30.3 dBm
Intercepto de Tercer Orden (OIP_3)	38.3 dBm
Ganancia (Gain)	12.65 dB
Eficiencia (PAE)	32% @ 30.9 dBm
VSWR	< 1.92:1

Tabla 1: Especificaciones finales del Amplificador de RF

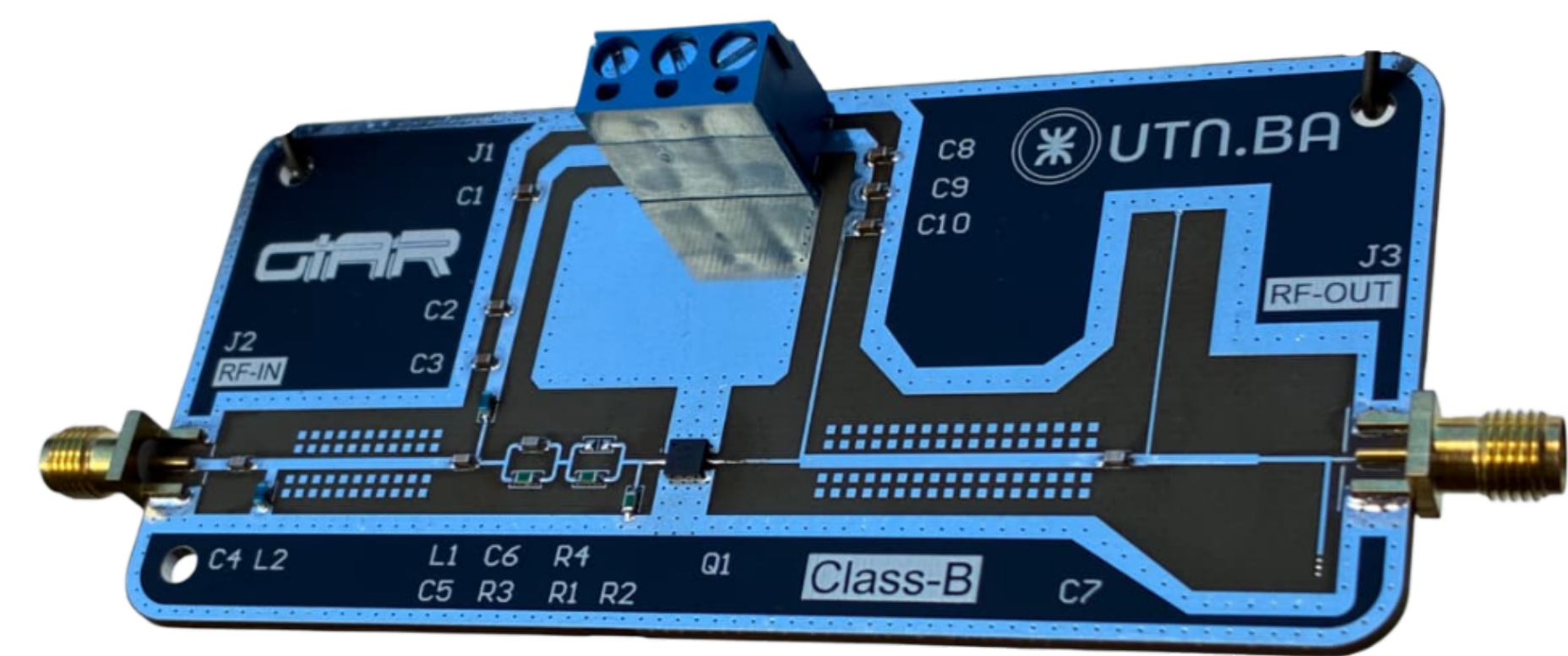


Figura 2: Versión final del amplificador

Conclusiones

Se diseñó y fabricó un amplificador en banda S con un desempeño alineado a los requerimientos de diseño.

- **Linealidad y Potencia:** Se obtuvo una buena linealidad en el régimen de operación, con un P_{1dB} de 30.3 dBm y un OIP_3 de 38.3 dBm.
- **Eficiencia Energética:** Se alcanzó una PAE del 32% @ 30.9 dBm.
- **Capacidad de Misión:** La potencia y el ancho de banda obtenidos validan al módulo para la transmisión de video en HD en órbita baja (LEO).
- **Validación de Modelos:** La alta correlación entre las simulaciones de gran señal y las mediciones experimentales permite utilizar esta plataforma para futuros desarrollos de RF.

Agradecimientos

Agradecemos profundamente al Dr. Manuel García de la CNEA, al Ing. Leandro Carmona y al Dr. Gabriel Sanca de la UNSAM, por facilitar el instrumental y el asesoramiento necesarios para la caracterización del dispositivo.

Referencias

- [1] S. C. CRIPPS, *Advanced Techniques in RF Power Amplifier Design*. Norwood, MA: Artech House, 2002, pp. 1-32.
- [2] BOOMER, K., SCHEICK, L. y HAMMOUD, A., "Body of Knowledge for Gallium Nitride Power Electronics". NASA, Washington, DC, USA, 2020, Tech. Rep. 20205007412. [Online]. Available: <https://ntrs.nasa.gov/>
- [3] MISHRA, U. K., LIKUN, S., KAZIOR, T. E. y WU, Y.-F., "GaN-Based RF Power Devices and Amplifiers". *Proceedings of the IEEE*, vol. 96, no. 2, 2008, pp. 287-305. doi: 10.1109/jproc.2007.911060.
- [4] DEBLECKER, O., DE GRÈVE, Z. y VERSÈLE, C., "Comparative Study of Optimally Designed DC-DC Converters with SiC and Si Power Devices". *Advanced Silicon Carbide Devices and Processing*, InTech, Sept. 17, 2015, doi: 10.5772/61018.