

# Mejora de Eficiencia y Linealidad de un amplificador de potencia con sintetizador de impedancias

José-Ramón Pérez Cisneros<sup>1</sup>, César Sánchez Pérez<sup>2</sup>, Paloma García Dúcar<sup>1</sup>, Pedro Luis Carro<sup>1</sup>, Jesús de Mingo Sanz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>GTC (Grupo de Tecnologías de las Comunicaciones)  
Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A).  
Universidad de Zaragoza, Mariano Esquillor s/n, 50018, Zaragoza, España.  
Tel. +34-976762967, Fax +34-976762043, e-mail: [jpcisneros@unizar.es](mailto:jpcisneros@unizar.es)

<sup>2</sup>Department of Microtechnology and Nanoscience, Chalmers University of Technology, SE-412 96  
Göteborg, Sweden. E-mail: [cesars@chalmers.se](mailto:cesars@chalmers.se)

## Abstract

Mediante la simulación con Microwave Office del test a dos tonos para un amplificador de potencia (AP) de propósito general se demuestra que tanto la eficiencia como la linealidad mejoran seleccionando el esquema óptimo de control de un sintetizador de impedancias (RMN) optimizado para eficiencia

## Introducción

La linealidad, la eficiencia y la reconfigurabilidad son las principales cuestiones de diseño en los sistemas de comunicaciones. El amplificador de potencia (AP) representa el principal consumo de energía, siendo necesarias arquitecturas muy eficientes. Además, los actuales y los emergentes estándares de comunicaciones inalámbricos imponen estrictos requisitos de linealidad. Por todo ello, el compromiso linealidad-eficiencia es un aspecto crítico en el diseño de sistemas de RF.

En la literatura [1] se encuentran varias técnicas para la mejora de la eficiencia de APs. Con la modulación dinámica de carga, basada en la teoría de máxima transferencia de potencia a la carga, se obtiene buen rendimiento [2] añadiendo poca complejidad al sistema. En este trabajo se avanza hacia el empleo de redes de síntesis de impedancias (RMN) para mejorar tanto la eficiencia (PAE) como la linealidad del AP, reduciendo la distorsión en los canales adyacentes (ACPR).

## Análisis

Con el test a dos tonos se evalúa la distorsión debida a los productos de intermodulación en el AP. La Fig. 1 muestra el sistema. El AP seleccionado está basado en un transistor HEMT de Nitruro de Galio del fabricante Cree (CGH400006P, 6W, 500 MHz-6 GHz). Se utiliza el modelo no lineal del AP polarizado en clase AB.

La topología de la RMN<sup>1</sup>, cuya descripción se encuentra en [3], incluye 8 elementos de conmutación y tiene 256 estados posibles. La Fig. 2 muestra su integración con el AP. Para establecer comparaciones, denominamos RMN-AP al AP con sintetizador, y ref-AP al AP sin sintetizador. La impedancia de carga es de 50  $\Omega$  (antena adaptada).

Se selecciona un canal de 5 MHz del estándar Long-Term Evolution (LTE) con portadora 819 MHz. Las frecuencias de los dos tonos del test son 817.75 y 820.25 MHz. Los productos de intermodulación aparecen en 815.75 y 822.75 MHz.

De todos los productos de intermodulación presentes a la salida, la no linealidad de tercer orden es la más perjudicial. El objetivo es minimizarla en los canales adyacentes y maximizar la potencia en el canal deseado. Se proponen dos figuras de mérito para evaluar la relación de potencia entre la potencia en canal deseado y la potencia en canales adyacentes inferior y superior,  $ACPR_L$  y  $ACPR_R$ , respectivamente<sup>2</sup>:

$$ACPR_R = 10 \log_{10} \left[ \frac{(P_{Tono1} (mW) + P_{Tono2} (mW))}{P_{IMD32} (mW)} \right],$$

$$ACPR_L = 10 \log_{10} \left[ \frac{(P_{Tono1} (mW) + P_{Tono2} (mW))}{P_{IMD31} (mW)} \right],$$

<sup>1</sup> En el modelo de la RMN se tienen en cuenta los elementos parásitos asociados a los elementos concentrados y a los de conmutación debido a sus finitos factores de calidad.

<sup>2</sup>  $P_{IMD31}$ , potencia del producto de intermodulación de tercer orden en el canal adyacente inferior.  $P_{IMD32}$  la del canal superior.  $P_{Tono1}$  y  $P_{Tono2}$ , potencias del primer y del segundo tono respectivamente.

Ambas se calculan para todas de potencias de entrada y estados de la RMN,  $ACPR_R(P_{in}, estado)$  y  $ACPR_L(P_{in}, estado)$ . La PAE se calcula:

$$PAE(P_{in}, estado) = \frac{P_{out}(P_{in}, estado) - P_{in}}{P_{DC}(P_{in}, estado)}$$

## Resultados de simulación

Para comparar el rendimiento de ambos sistemas se definen las mejoras en eficiencia y linealidad como diferencia de PAEs y ACPRs, respectivamente:

$$\Delta PAE = PAE^{RMN-AP} - PAE^{ref-AP}$$

$$\Delta ACPR_{R/L} = ACPR_{R/L}^{ref-AP} - ACPR_{R/L}^{RMN-AP}$$

En la Fig. 3, moviéndonos por la envolvente superior de la trayectoria de las 256 curvas de PAE para el RMN-AP, se selecciona el estado del sintetizador que maximiza la PAE para cada nivel de potencia de entrada. Se obtiene la curva de máxima PAE. La PAE mejora siempre. La Fig. 4 muestra que el ACPR mejora en ambos canales adyacentes para casi todas las potencias de entrada.

Con baja potencia de entrada, se obtiene baja eficiencia y alto ACPR. Para potencia de entrada alta sin saturar al AP, obtenemos ligera mejora en el ACPR y alta mejora de eficiencia. Con 15 dBm de entrada,  $\Delta PAE = 1.94\%$  y  $\Delta ACPR_R = 2.87 \text{ dB}$ . Con 17.4 dBm de entrada,  $\Delta PAE = 2.78\%$  y  $\Delta ACPR_R = 1.86 \text{ dB}$ . Y con potencia de entrada de 23 dBm,  $\Delta PAE = 5.85\%$  y  $\Delta ACPR_R = 1.18 \text{ dB}$ .

## Conclusiones

La mejora del rendimiento de linealidad y eficiencia de un AP de propósito general se ha demostrado empleando una arquitectura basada en un sintetizador de impedancias, seleccionando adecuadamente la secuencia de estados óptima.

## FIGURAS

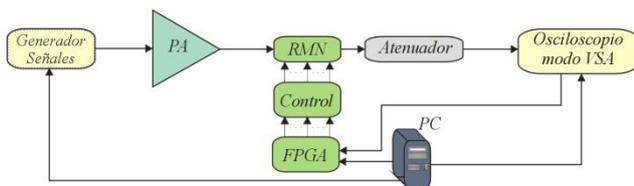


Fig. 1. Diagrama de bloques del sistema

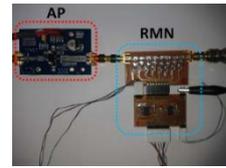


Fig. 2. Integración de la RMN con el AP, RMN-AP

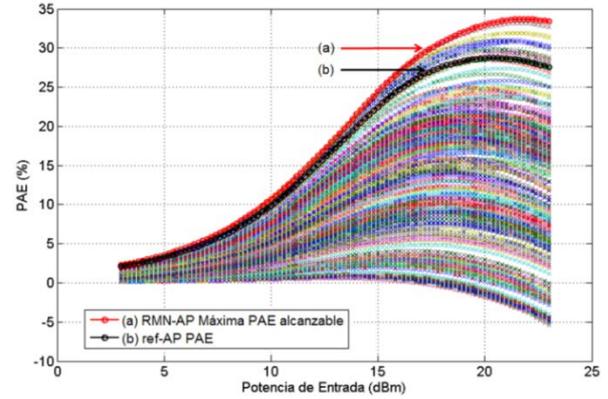


Fig. 3. Curvas PAE para todos los estados, para el ref-AP, y máxima PAE alcanzable.

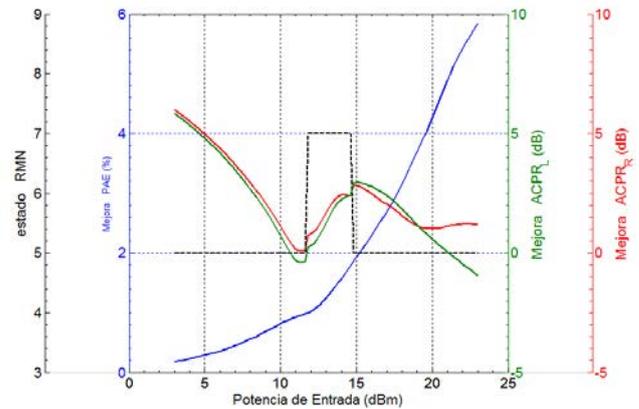


Fig. 4. Mejora de PAE, ACPR<sub>R</sub>, y ACPR<sub>L</sub>, estado óptimo.

## REFERENCIAS

- [1] F. H. Raab, P. Asbeck, S. Cripps, P. B. Kenington, Z. B. Popovich, N. Potheary, J. F. Sevic, and N. O. Sokal, "Power amplifiers and transmitters for RF and microwave," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 50, no. 3, pp. 814-826, Mar. 2002.
- [2] H. T. Jeong, H. S. Lee, I. S. Chang, and C. D. Kim, "Efficiency enhancement method for high-power amplifiers using a dynamic load adaptation technique," in *Proc. IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest*, 12-17 June 2005, p. 4pp.
- [3] C. Sanchez-Perez, J. de Mingo, P. Garcia-Ducar, and P. L. Carro, "Performance improvement of mobile DVB-H terminals using a reconfigurable impedance tuning network," *IEEE Trans. Consum. Electron.*, vol. 55, no. 4, pp. 1875-1882, Nov. 2009