

# CONTROL AUTOMÁTICO DE GANANCIA CON BAJA INTERMODULACIÓN Y ALTA EFICIENCIA.

Emigdio Malaver  $\star$ , José Angel García  $\star\star$ , Antonio Tazón  $\star$ , Angel Mediavilla  $\star$

$\star$  Departamento de Ingeniería de Comunicaciones. Universidad de Cantabria  $\star$

emalaver@dicom.unican.es

$\star\star$  TTI Norte S.A jangel@ieee.org  $\dagger$

## Resumen

We present a novel approach for highly linear automatic gain control (AGC) of a HEMT small-signal amplifiers. The amplifier was implemented, with the transistor biased in the transition between the saturated and lineal operation regions. Gain control with low distortion is achieved by simultaneous adjustments of the gate to source ( $V_{gs}$ ) and drain to source ( $V_{ds}$ ) voltages along the line where the second derivative of the transconductance ( $Gm3$ ) has a null. We realized a comparative analysis of the performance of our proposal versus an amplifiers designed following a traditional approach. With our approach we obtained a better performance in terms of intermodulation and power-efficiency, without an important reduction in the gain control range.

## 1 Introducción.

En general, los sistemas de comunicación modernos emplean técnicas de modulación digital. Estas técnicas generan señales de envolvente variable con el tiempo, por lo que demandan dispositivos con un comportamiento muy lineal. Por otra parte, el control de la potencia de salida es una necesidad en los estandares actuales y futuros para comunicaciones inalámbricas. De aquí el gran interés por el desarrollo de esquemas de control de ganancia que presenten alta linealidad y eficiencia. Es práctica común, diseñar los amplificadores con control automático de ganancia (CAG) polarizando el transistor en la región de saturación. La ganancia se controla variando  $V_{gs}$  desde la tensión de pinch-off hasta  $V_{gs}$  de máxima transconductancia, FIG. 1.  $Gm1$  y  $Gm3$  representan la primera y tercera derivada del

$\star$ La participación de estos autores está enmarcada dentro del proyecto TIC-1FD1997-1066-C02-01. E. Malaver agradece particularmente al proyecto ALFA de la Unión Europea.

$\dagger$ La participación de J. A. García en este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto IST-1999-12070 TRUST, financiado parcialmente por la Unión Europea, el autor quiere agradecer a todas las instituciones participantes.

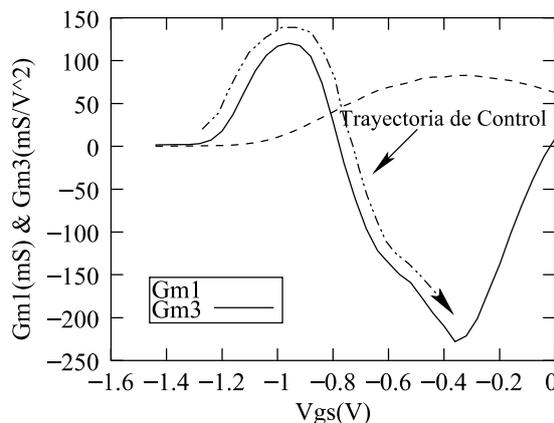


Figura 1: Curvas típicas de  $Gm1$  y  $Gm3$ .

desarrollo en serie de Taylor de la fuente de corriente no lineal del transistor, EC. 1.

$$I_{ds} = Gm1 * V_{gs} + Gds * V_{ds} + Gm2 * V_{gs}^2 + Gmd * V_{gs} * V_{ds} + Gd2 * V_{ds}^2 + Gm3 * V_{gs}^3 + Gmd2 * V_{gs} * V_{ds}^2 + Gd3 * V_{ds}^3 + \dots \quad (1)$$

La trayectoria de control pasa por puntos de  $Gm3$  grande, lo cual degrada el comportamiento lineal del amplificador.

En [3] se demostró la existencia de pares ( $V_{gs}, V_{ds}$ ) en la zona de transición de saturación a lineal donde  $Gm3$  es nula mientras que  $Gm1$  experimenta una variación importante. Estas propiedades son aprovechadas en el presente trabajo. Polarizando el transistor en esta región tendremos control de ganancia con bajo nivel de intermodulación.

## 2 Resultados

Siguiendo el procedimiento descrito en [3], se midieron los puntos de  $Gm3$  nula para el transistor HEMT NE3210S01 de NEC, FIG. 2.

Usando el transistor caracterizado, se construyeron dos amplificadores. Uno trabajando en saturación y el otro

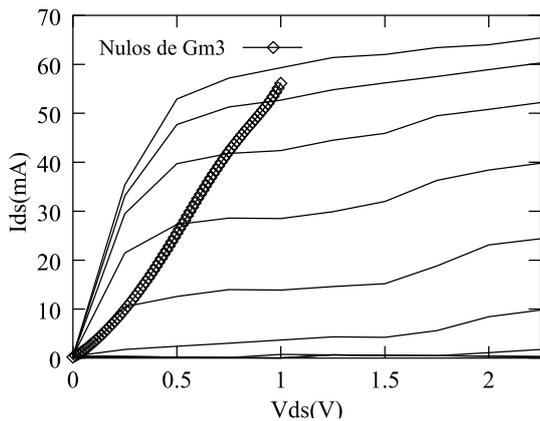


Figura 2: Característica  $I - V$  en  $DC$ .

en la curva de  $Gm3$  nula. Se realizó el experimento de dos tonos excitando a las frecuencias 1800MHz y 1801MHz, con un nivel de potencia de entrada suficientemente alto, pero sin afectar el comportamiento en régimen pequeña señal del transistor. La FIG. 3 muestra las curvas de la ganancia medida para los dos amplificadores, resultando la ganancia máxima y el rango de control de nuestra propuesta tan sólo 8dB por debajo de la implementación tradicional.

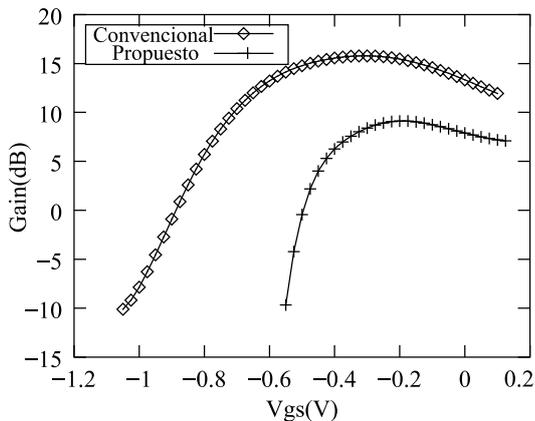


Figura 3: Ganancia de los amplificadores

Para observar el comportamiento de intermodulación, calculamos la evolución del  $IP3$  de salida en función de la ganancia, FIG. 4. El transistor polarizado en saturación tiene un punto óptimo asociado con  $Gm3$  nula. Para el resto de la región de control el esquema propuesto tiene un comportamiento superior.

Debido a la relevancia que tiene un comportamiento lineal con alta eficiencia [4], se midió la potencia de RF a la salida, una gráfica de ésta en función de la potencia DC consumida, se muestra en FIG. 5

Polarizando el transistor en la región de  $Gm3$  nula se obtiene una mejor relación eficiencia/linealidad, por lo que resulta una solución muy prometedora para terminales móviles.

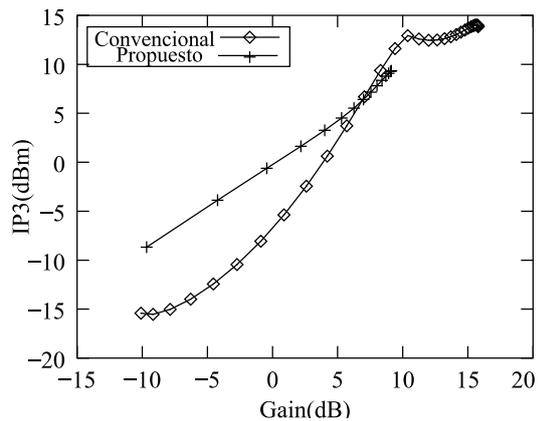


Figura 4: Evolución del  $IP3$  de salida.

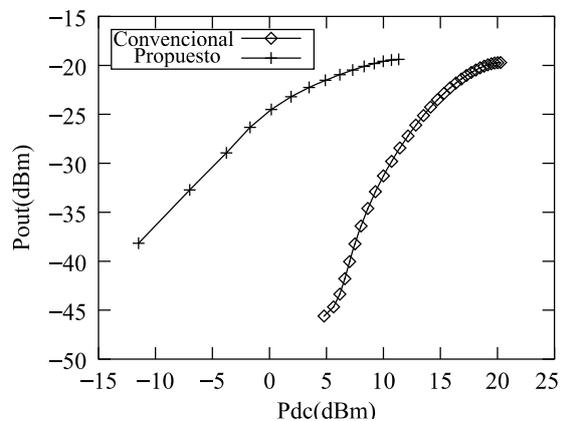


Figura 5: Potencia de  $RF$  de salida por potencia  $DC$ .

### 3 Conclusiones

Proponemos una técnica para el control automático de ganancia en amplificadores de pequeña señal con buen comportamiento de intermodulación y bajo consumo de potencia. Esto constituye una solución muy prometedora para disponer de un control automático de ganancia eficiente y altamente lineal para el control de potencia en terminales móviles.

### Referencias

- [1] L.E. Larson, *RF and Microwave Circuit Design for Wireless Communications*, 1996 Artech House, Norwood Massachusetts.
- [2] ETSI TS 125101 and 125102 (2000-2001), *Universal Mobile Telecommunications Systems (UMTS)*, UE Radio Transmission and Receptions (FDD and TDD).
- [3] J. A. García et. al. "Resistive FET Mixer Conversion Loss and IMD Optimization by Selective Drain Bias", *IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques*, vol. 47, No. 12, pp. 2382-2392, Dec. 1999.
- [4] D. B. Kenington, *High Linearity RF Amplifier Design*, 2000 Artech House, Norwood Massachusetts.