

Mejora en la eficiencia de un amplificador de potencia mediante técnicas de seguimiento de envolvente

Leticia Hernández García ⁽¹⁾, Amparo Herrera Guardado ⁽¹⁾

leticia.hernandez@alumnos.unican.es, amparo@dicom.unican.es

⁽¹⁾ Dpto. De Ingeniería de Comunicaciones, Universidad de Cantabria
Avda. de los Castros s/n. 39005. Santander. Cantabria.

Abstract- This paper presents the 'Envelope Following' Technique for raising power efficiency in mobile communication systems. The designed power supply system includes a 2.13 GHz power amplifier in which the input battery voltage of 5 V is boosted to a variable voltage output of 28 V depending on the incoming radiofrequency envelope. This variable voltage is obtained using an envelope detector and a dc-dc boost converter. For an output power level of 45 dBm, the power efficiency increases from 72.4% to 85.4% extending battery life over 1.2 times.

I. INTRODUCCIÓN

La eficiencia y la linealidad de los amplificadores de potencia de microondas son los requisitos más críticos para la evolución de los sistemas de comunicaciones móviles. Muchos tipos de modulación avanzados requieren una gran linealidad para conservar la precisión de la modulación y limitar el recrecimiento espectral. Para minimizar la distorsión, los amplificadores se hacen funcionar usualmente en clase A.

En estos amplificadores clase A, el voltaje y la corriente de continua de alimentación del drenador se mantienen mientras que la potencia de salida varía. Debido a esto, el consumo de continua es constante mientras que la eficiencia es proporcional a la potencia de salida de radiofrecuencia. Si se consigue que la alimentación varíe en función de la potencia de salida esperada, la eficiencia del amplificador puede aumentar significativamente.

Existen varias técnicas para conseguir esta disminución en el consumo de continua. Una de ellas sería la descrita por Kenington en [1] basada en la técnica 'Envelope Elimination and Restoration' (EER) desarrollada por Khan ([2]). En ella se propone el diseño de un amplificador clase H donde, a través de un amplificador clase S, se proporcionaría al drenador una tensión variable con el tiempo en función de la amplitud instantánea de la señal de radiofrecuencia. Esto implica que el modulador debería funcionar a la velocidad de radiofrecuencia, limitando su funcionamiento a bajas frecuencias.

En este artículo se presenta la técnica de 'Envelope Following' donde la mejora en la eficiencia se obtendría al utilizar un conversor dc-dc que proporcione un voltaje de alimentación variable con el tiempo, adecuado a la amplitud de la envolvente de la señal de entrada a un amplificador de potencia.

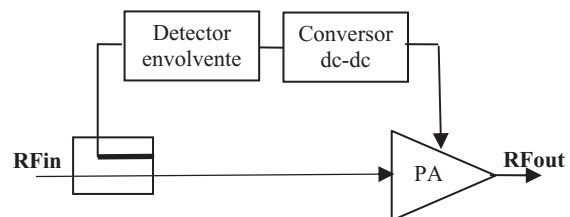


Fig.1. Diagrama de bloques del sistema

II. DESCRIPCIÓN DEL CIRCUITO

En la Fig. 1 se muestra el esquema del sistema. Para comenzar a realizar el estudio de esta técnica, se considera como entrada del circuito una señal de radiofrecuencia de 2.13 GHz modulada por un pulso de 1 KHz.

El amplificador de potencia se ha realizado con un transistor MRF5S21090 de Motorola funcionando en clase AB.

El detector de envolvente, realizado con un diodo Schottky y un filtro con polo simple, extrae la envolvente de la señal de radiofrecuencia y se la proporciona al conversor dc-dc. Éste presenta un voltaje de salida variable con el tiempo, proporcional a su entrada con amplitud superior a la batería que lo alimenta.

El conversor dc-dc provoca que, ante un nivel bajo de señal de salida, la tensión de drenador suministrada al amplificador de potencia sea pequeña. Sin embargo, cuando se necesite una gran cantidad de potencia, el voltaje de drenador se incrementa tomando como valor máximo 28V. La relación entre la alimentación proporcionada al amplificador y la potencia de salida de éste se muestra en la Fig. 2.

Finalmente, la salida del amplificador se conecta a una antena que transmitiría la señal de radiofrecuencia.

En este tipo de circuito, la amplitud a la salida del amplificador dependerá en mayor grado de la señal de entrada que del valor de la tensión de drenador. Sin embargo, cuando la alimentación es significativamente menor a la de la fuente constante la ganancia del amplificador se ve reducida, tal y como se puede observar en la Fig. 3.

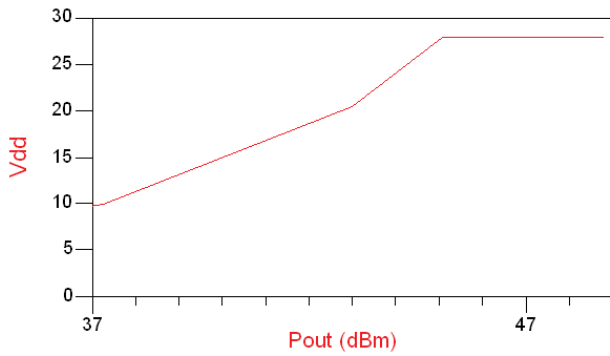


Fig. 2. Vdd vs Pout

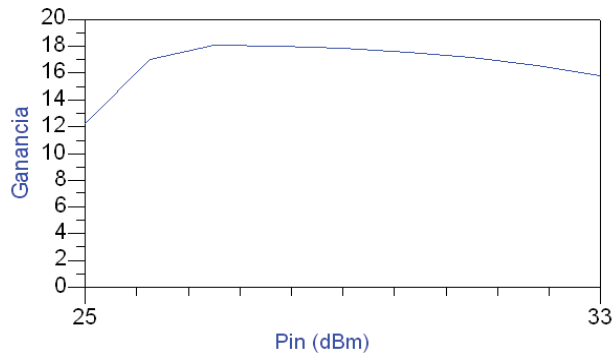


Fig. 3. Ganancia del amplificador vs Pin

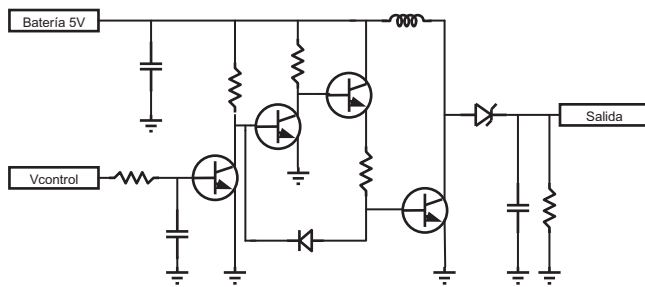


Fig. 4. Conversor dc-dc

III. CONVERTOR DC-DC

En la Fig. 4 se muestra el diseño del conversor dc-dc basado en [3]. Está formado por dos etapas. La primera de ellas se encarga de amplificar la señal extraída por el detector ($V_{control}$ en la figura). La segunda se corresponde con un conversor tipo boost, donde la salida es suministrada al drenador del amplificador.

Cuando la señal de control tiene un nivel bajo, se produce almacenamiento de energía en la bobina. Cuando se encuentra en un nivel alto, la bobina libera esa energía añadiéndola a la proporcionada por la batería.

Para conocer el valor de la bobina se ha utilizado la expresión presente en [4]:

$$L \approx \frac{V_{in}^2}{8fP_{out}} \quad (1)$$

donde V_{in} es el voltaje de la batería, f la frecuencia de operación y P_{out} la máxima potencia de salida del conversor.

Al utilizar transistores BJT, el funcionamiento del conversor se encuentra limitado por la velocidad de respuesta de estos. En la Fig. 5 se muestra la salida proporcionada por el conversor alimentado por una batería de 5 V para un nivel de señal de control de 0.851 V. Se puede observar cómo, cuando hay señal, el conversor suministra 28 V aproximadamente. En caso contrario, reduce su valor hasta 4.6 V, lo que provocará un ahorro considerable de consumo de continua durante los periodos de no transmisión de señal.

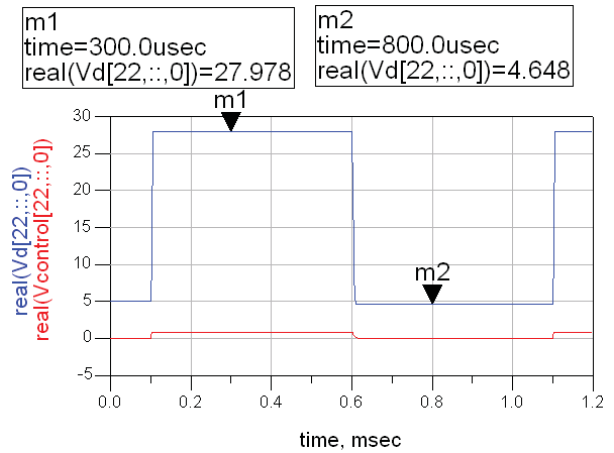


Fig. 5. Salida del conversor

Como la frecuencia de modulación que se ha utilizado es pequeña, no se ha producido un retraso apreciable en la salida del conversor. Sin embargo, implica que el valor de la bobina sea alto, por lo que se ha de implementar con un número elevado de vueltas tomando importancia el efecto skin y las pérdidas de continua. Estos hechos se van a traducir en un ligero descenso del voltaje de salida del conversor para largos periodos de tiempo.

El beneficio que presenta la utilización de este conversor boost es que cuando la tensión de entrada cae debido al agotamiento de la batería, el nivel de voltaje de drenador se puede seguir manteniendo. Esto es de vital importancia en sistemas de comunicaciones móviles donde la alimentación del amplificador sólo se puede obtener de la batería.

IV. MEJORA EN LA EFICIENCIA

La eficiencia en cuanto a uso de potencia se define como la relación entre la potencia media de salida y el consumo medio de continua.

En este documento se presentan los resultados obtenidos de eficiencia de amplificador realizando simulaciones con dos tipos de entrada: una señal de radiofrecuencia modulada por un pulso y una señal QPSK.

A. Señal modulada

El estudio ha sido realizado para una entrada de radiofrecuencia a 2.13 GHz modulada por un pulso a 1 KHz con duty cycle del 50%.

Cuando se alimenta el amplificador con una fuente constante de 28 V, se ha obtenido una eficiencia de 72.4%. Al utilizar el sistema diseñado la eficiencia aumenta hasta

85.4%. Este aumento es debido al ahorro que se produce en el consumo de continua (de 45.2 w a 37.6 w), ya que la potencia media de salida se mantiene en ambos casos en 45 dBm. Esto supondría que la vida de la batería aumentaría en un factor de 1.2 veces. En la Fig. 6 se muestran los resultados de eficiencia obtenidos para diferentes potencias de entrada.

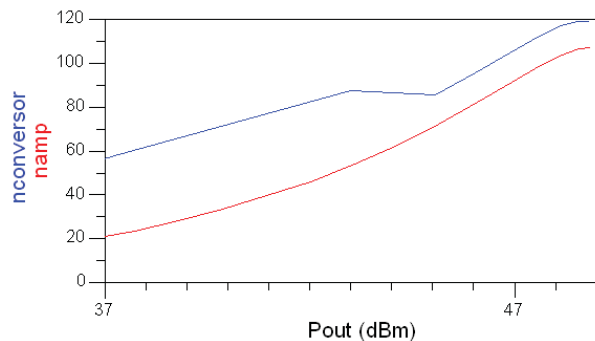


Fig. 6. Comparación eficiencias de amplificador

En el caso de utilizar el sistema diseñado el valor de la eficiencia va a depender de la frecuencia de la señal moduladora y de la anchura del pulso.

A medida que se aumenta la frecuencia de modulación empieza a tomar importancia la velocidad de los transistores. En nuestro diseño, al aumentar hasta 50 KHz la frecuencia del pulso, se producen retrasos considerables en la salida del conversor provocando que la eficiencia del sistema se reduzca en un 10% situándose en un valor parecido a alimentar con fuente constante.

En cuanto a la anchura del pulso, cuando se disminuye por debajo del 50% se produce un predominio de bajas potencias a la entrada. En este caso, la mejora en la eficiencia es mayor ya que el ahorro de consumo se produce en la mayor parte del periodo.

B. Señal QPSK

Para comprobar el funcionamiento del sistema para una entrada real se ha utilizado una fuente QPSK. En la Fig. 7 se muestran los cambios en la tensión de alimentación del drenador en función de la potencia de entrada.

Los resultados de eficiencia del amplificador que se obtienen para el sistema propuesto dependen de los niveles de potencia predominantes a la entrada. Para valores altos, a la salida se obtienen niveles de potencia similares al caso de fuente constante. Cuando hay valores bajos, la salida será ligeramente inferior ya que, como se vio en la Fig. 3, la ganancia del amplificador varía con la potencia de entrada. Esto se traduce en un descenso en el valor de potencia media de salida respecto de tener la fuente constante produciéndose una reducción en el valor de eficiencia esperado. Los valores que se han obtenido han sido 18.1%, para el caso de fuente constante y 19.4%, con el sistema diseñado.

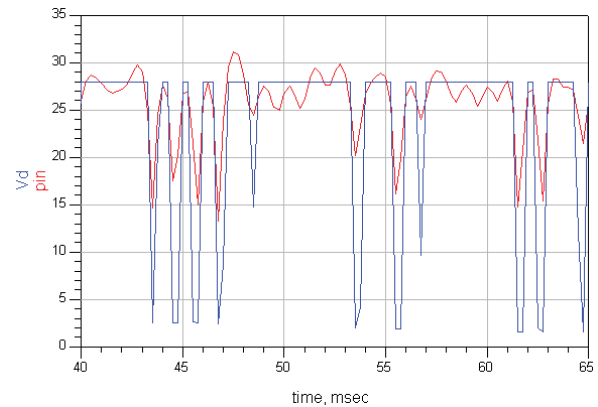


Fig. 7. Tensión de drenador y Pin

V. CONCLUSIONES

Se ha diseñado un amplificador de potencia de microondas de alta eficiencia mediante la técnica de 'Envelope Following', donde la mejora se produce al utilizar un conversor tipo boost que proporciona una alimentación de drenador variable con el tiempo incrementando la vida de la batería hasta en 1.2 veces. Para una potencia de salida de 45 dBm se ha conseguido una reducción en el consumo de continua de 45.2 w a 37.6 w.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto "Transceptores integrados multielemento y monocircuito para radiocomunicación digital de banda ancha", TIC-2003-09061-C03-03.

REFERENCIAS

- [1] Peter B. Kenington, "High-linearity RF Amplifier Design", Boston, Artech House, 2000.
- [2] F.H. Raab, B.E. Sigmon, R.G. Myers, R.M. Jackson, "High-efficiency L-band Kahn-Technique Transmitter", IEEE, 1998.
- [3] G. Hanington, P.F. Chen, V. Radisic, T. Itoh, P.M. Asbeck, "Microwave Power Amplifier Efficiency Improvement with a 10 MHz dc-dc Converter", IEEE, 1998.
- [4] G. Hanington, P.F. Chen, P.M. Asbeck, L.E. Larson, "High-Efficiency Power Amplifier Using Dynamic Power-Supply Voltage for CDMA Applications", IEEE, 1999.