

Class F Power Amplifier at Band GSM with 70% PAE

Franck Sanchez, Student, University Polytechnic of Catalunya

Abstract- A design oriented analysis of microwave transmission-line class F amplifiers is presented in this paper. This work has been design, fabricated, and tested using GaN HEMT transistor a power amplifier class F. Using the idea of compensating of parasitic capacitance[3], this PA has a peak power added efficiency(PAE) about 70% with an output power of 6.64 W operation at band GSM for levels of 22 dBm.

resultados comparados entre los simulados y los prácticos.

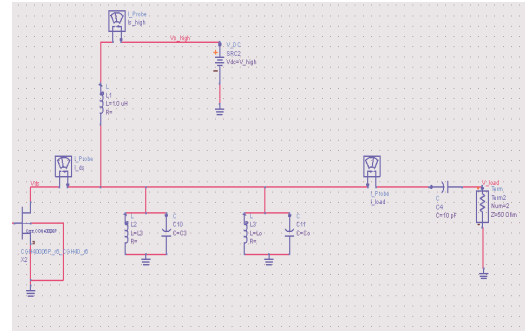


Figura 1.- Circuito básico de salida del PA clase F.

I.- Introducción

En comunicaciones móviles, el alto rendimiento en Radio Frecuencia (RF), es un desafío constante, ya que esta alta eficiencia depende del bajo consumo en potencia del dispositivo. Un amplificador clase F proporciona una eficiencia teórica del 100%. El diseño de un PA clase F esta basado en el control de impedancias de los armónicos. No obstante, el transistor posee condensadores parásitos, lo cual no permite lograr la mayor eficiencia posible. Por ello, se trata de compensar estas inductancias parásitas. En la figura 1, se muestra el circuito básico para un amplificador clase F.

El PA clase F esta calificado como amplificador conmutado, porque funciona de manera on-off. La tensión en el drenador será una señal cuadrada y la corriente una señal sinusoidal. La cuadrada se forma gracias a los armónicos impares, y la sinusoidal a los armónicos pares.

Este resumen muestra en la sección 2, algunos conceptos teóricos, en la sección 3, la propuesta de la topología que se ha diseñado en este trabajo y finalmente los

II.-Conceptos Teóricos

A.- Eficiencia del Amplificador de Potencia.

Existen dos maneras diferentes de ver la eficiencia de un PA [2].

Eficiencia del Drenador: Es la razón entre la potencia de salida y la potencia de la tensión en continua.

$$\eta = \frac{P_o}{P_{dc}}$$

Eficiencia de la potencia agregada (PAE): Es la razón de la diferencia de la potencia de salida (P_o) y la potencia de entrada (P_{in}) entre la potencia de la tensión en continua (P_{dc}).

$$PAE = \frac{P_o - P_{in}}{P_{dc}}$$

B.- No linealidad del PA clase F.

Amplificadores no lineales son aquellos amplifican la señal de entrada no linealmente, pero al trabajar como

conmutadores y con la ayuda de filtros, eliminan armónicos no deseados, dejando pasar solo la fundamental, obteniendo así una señal sinusoidal a la salida. Un amplificador clase F es un tipo de amplificador que es mejor que otras clases en términos de potencia y eficiencia. Al ser conmutador el transistor suele trabajar como fuente de corriente. La alta eficiencia es lograda usando filtros resonadores en la etapa de salida, donde los armónicos pares son corto circuito y los armónicos impares, circuitos abiertos, dando así una forma cuadrada a la tensión drenador.

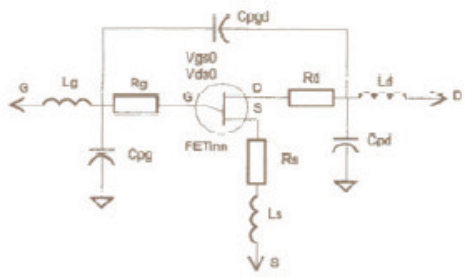


Figura 2.- Circuito equivalente en gran señal del transistor

III.- Diseño del PA clase F

A.- Punto de trabajo del transistor.

En este proyecto se utilizará un transistor GaN HEMT CGH40006P, el cual trabaja hasta 6 GHz. Tiene una tensión $V_{dd}=28$ V y una corriente drenador de $I_d=100$ mA.

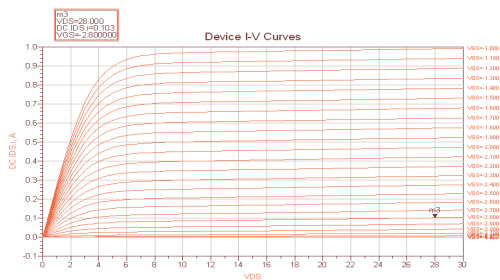


Figura 3.-Vds vs Ids para 0.9 GHz

B.- Impedancias óptimas del load pull

Siguiendo la alimentación Bias del transistor, se realiza un load pull, obteniendo la siguiente tabla.

Frecuencia	Impedancia
fo	52,212+j*71,400
2fo	0,309-j*7,290
3fo	12,102+j*137,557

Estas son las impedancias vistas desde el drenador del transistor hacia la carga.

Al diseñar el filtro de la red de salida, se utilizarán los parámetros S(1,1) para poder optimizar las longitudes de las líneas de transmisión.

m1 freq=300.0MHz S(1,1)=0.4937/66.079 Impedance = 44.881 + j53.44	m3 freq=1.800GHz S(1,1)=0.9627/-120.783 Impedance = 1.272 - j28.40	m4 freq=2.700GHz S(1,1)=0.9117/35.848 Impedance = 24.085 + j151.11
m5 freq=3.600GHz S(1,1)=0.9977/-128.040 Impedance = 0.084 - j24.36	m6 freq=4.500GHz S(1,1)=0.5937/75.562 Impedance = 31.439 + j53.02	

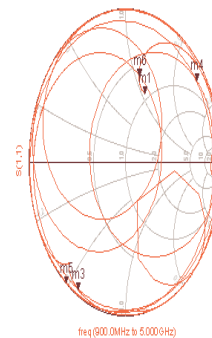


Figura 4.-Parametros S del load pull.

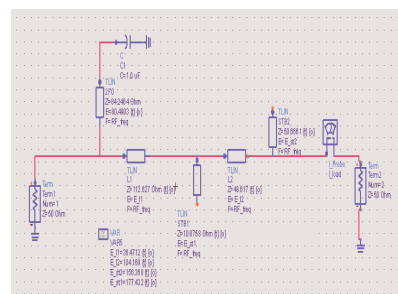


Figura 5.-Diseño del filtro

En el diseño del filtro de la figura 5, la línea de transmisión en serie entre el stub en

Class F Power Amplifier at Band GSM with 70% PAE

Franck Sanchez, Student, University Polytechnic of Catalunya

corto y el stub en circuito abierto, tiene una longitud de acuerdo a la impedancia óptima y a la compensación de la capacitancia parásita del transistor. El primer stub en circuito abierto es para controlar el tercer armónico con una longitud de $\lambda/4$ en $3f_0$, la cual da un pico en la tensión del drenador para poder tener mayor eficiencia. La siguiente línea y stub sirven para poder filtrar la fundamental.

IV.- SIMULACIÓN

A.- Líneas microstrip y Layout

Para las líneas microstrip se utiliza un sustrato del fabricante Rogers 4003C, el cual tiene un $\epsilon_r=3.55$ y una $h=1.524$ mm.

El amplificador posee una resistencia de 18Ω en la puerta del transistor para que el PA sea estable. [4]

Una vez realizada las simulaciones correspondientes con el ADS, pasamos al layout. La figura muestra el esquemático final y el correspondiente.

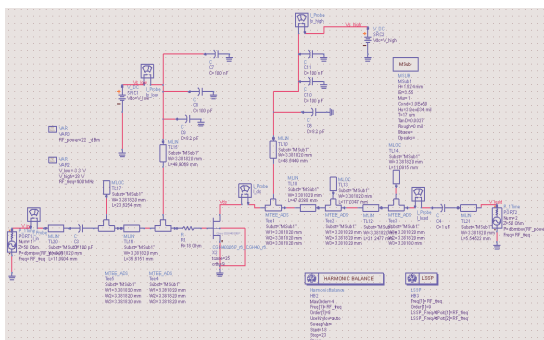


Figura 6.-Esquemático Final

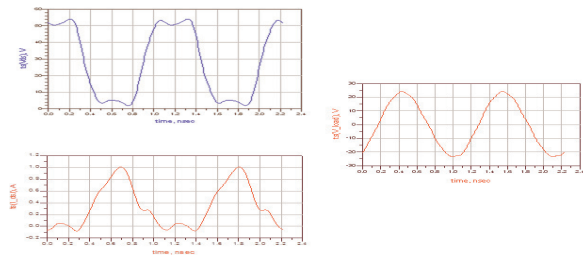


Figura 6.1 Vds, Ids y Vout del PA clase F

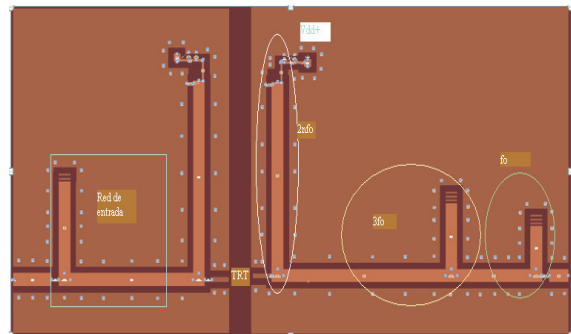


Figura 7.-Layout Final

El esquemático final se logró una PAE de 68.1% con una $V_{dd}=28$ V.

V.- Fabricación y Medidas

La fabricación del PCB de acuerdo al layout final de la figura 7.

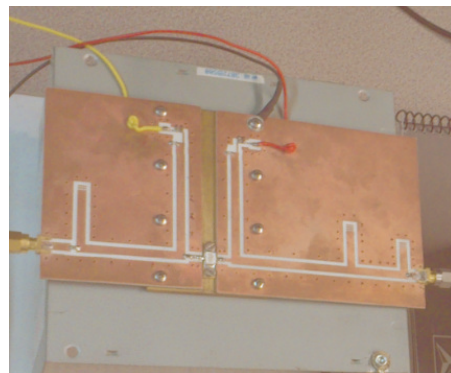


Figura 8.- PCB del amplificador clase F

La parte izquierda es la etapa de entrada y la derecha la etapa de salida. En medio, esta el transistor CGH40006P, el cual tiene como soporte una placa metálica disipadora de calor. Se puede ver que las líneas microstrip están blindadas de vías,

para que no haya acoplamientos, ni interferencias externas, dando así una mayor estabilidad al PA clase F.

Se realizarán las medidas con una potencia de entrada de 20dBm, es la potencia máxima que podían entregar los instrumentos del laboratorio.

Entonces, teniendo en cuenta este problema, igualmente podemos comprobar el correcto funcionamiento de la PCB, con una tensión drenador de 27.8 V, el PA clase F tiene una ganancia de 15 dB, obteniendo una PAE aproximada del 64%

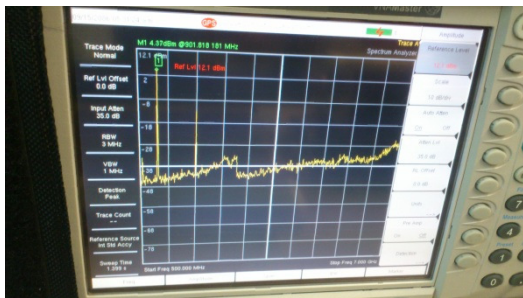


Figura 9.- Espectro tensión de salida.

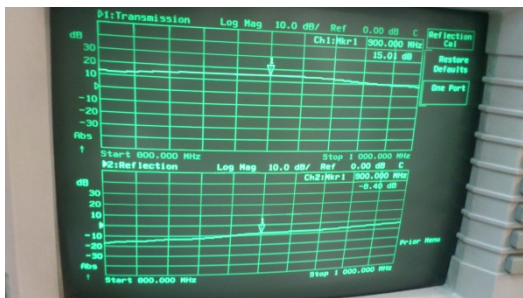


Figura 10.- Ganancia del amplificador clase F a 0.9 GHz

La figura 10 muestra en la primera venta la ganancia de 15 dB, en la segunda venta muestra las pérdidas de retorno igual a -8.48 dB según los parámetros S11,

VI.- Conclusiones y futuras Mejoras

Un exhaustivo estudio de este tipo de amplificadores en artículos, muestran que amplificadores no lineales no pueden

lograr un eficiencia igual al 100% debido a que el transistor no es ideal. Por ello, después de varios diseños de topologías de redes se llegó al diseño de la placa de la figura 8. Esta placa presenta una ganancia de 15 dB con una $P_{in}=20\text{dBm}$. Según artículos leídos un PA clase F-1 podría ayudar a mejorar la eficiencia, dando un mayor adaptación al circuito de salida del PA.

AGRADECIMIENTOS

Gracias primero, a mi director de proyecto, que me ha brindado la confianza de poder realizar el PFC con él. Gracias en particular, al laboratorio de microondas del departamento de teoría de señales y comunicaciones del campus nord, por permitirme fabricar la PCB y poder realizar las medidas en su laboratorio. Y gracias, en especial a mi padres, que sin el soporte de ellos no podría haber culminado mi carrera universitaria.

Bibliografía:

- 1.- R. Negra, F.M. Ghannouchi, and W. Baechtold, "Study and design optimization of multiharmonic transmission-line load networks for Class E and Class F k-band MMIC power amplifiers", IEEE trans. Microwave Theory Tech., vol MTT-55, pp.1390-1397, June 2007.
- 2.- F.H. Raab, "Class E, Class C, and Class F power amplifiers based upon a finite number of harmonics", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol MTT-49, pp. 1462-11468, Aug.2001.
- 3.- P. Colantonio, F. Giannini, G. Leuzzi, and E. Limiti, "Very high efficiency microwave amplifier: The harmonic manipulation approach", in Proc 13th Int. Microw., Radar, Wireless Commun., Conf., Wroclaw, Poland, May 2000, pp. 33-46.
- 4.- Marion Lee ED. "A new criterion for linear 2 port stability using a single geometrically derived parameter" IEE transactions on microwave theory and techniques., vol 40., No 12, decem.1992.
- 5.- S.C. Cripps P.J Tasker, A.L Clarke, J. Lee and J. Benedikt "On the continuity of high efficiency modes in linear RF power amplifier", IEEE Microw. Wirelesscompon. Lett, vol.19, no 10, pp. 665667, 2009.