

Modelo no lineal con memoria de amplificadores de microondas

Borja Sorazu, Francisco Javier Casas, Joaquín Portilla

Dpto. de Electricidad y Electrónica, Facultad de Ciencias
UNIV. DEL PAIS VASCO/EHU, Campus de Leioa, 48940 Leioa
Tfno: +34.94.6012715, Fax: +34.94.601.3071, Email: joaquin@we.lc.ehu.es

Abstract- La simulación de sistemas requiere modelos adecuados de los circuitos, que sean capaces de reproducir su comportamiento con menor requerimiento computacional que el necesario para simular el circuito completo. Los circuitos de alta frecuencia exhiben, en general, un comportamiento no lineal y dependiente de la frecuencia. Las señales moduladas que los sistemas manejan en la actualidad precisan modelos de la característica no lineal, sin olvidar los efectos de memoria que presente el circuito. Aquí presentamos una técnica de modelado, al nivel de sistema, de amplificadores de alta frecuencia que tiene en cuenta ambos aspectos. El modelo puede extraerse de medidas o de simulaciones del circuito. Presentamos resultados correspondientes a la aplicación a un amplificador MMIC. Se muestran comparaciones de las predicciones del modelo con los resultados de la simulación del circuito amplificador.

1. Introducción

La creciente complejidad de los sistemas electrónicos de alta frecuencia viene demandando el desarrollo de modelos precisos de los circuitos, a fin de simular de modo eficiente las prestaciones del sistema completo. Los modelos al nivel de sistema deben ser capaces de reproducir el comportamiento no lineal del circuito y su respuesta frecuencial con un coste computacional mucho más reducido que el que supone la simulación del circuito a partir de su esquema eléctrico equivalente.

Las características AM-AM y AM-PM de un amplificador caracterizan la respuesta de éste ante una excitación de un solo tono a la frecuencia en que se determinaron las características. Este sencillo modelo puede servir para simular la amplificación en banda estrecha en torno a la frecuencia de trabajo y para un punto de polarización dado. Las señales complejas que manejan los actuales sistemas y los efectos de memoria de corta y larga duración presentes en los amplificadores, sin embargo, precisan un modelado más elaborado, que reproduzca la respuesta en función del nivel de potencia y frecuencia de excitación [1,2,3].

La captura del comportamiento lineal y no lineal, incluyendo los efectos de memoria, puede realizarse formalmente aplicando el formalismo de las series de Volterra. Sin embargo, en la práctica, la utilidad de esta metodología está limitada a sistemas con comportamiento no lineal débil. Esto es debido a la imposibilidad de extraer el gran número de kernels de Volterra necesarios para reproducir el comportamiento de regímenes fuertemente no lineales [3]. En este trabajo presentamos un modelo no lineal con memoria para amplificadores de alta frecuencia. El modelo propuesto permite predecir el comportamiento fuertemente no lineal a costa de no reproducir con el rigor propio de las series de Volterra la memoria del amplificador. La extracción del modelo puede realizarse a partir de simulaciones o medidas. El método propuesto se ha aplicado a un amplificador MMIC, comparando las predicciones del modelo con resultados de la simulación del circuito a partir de su esquema eléctrico completo.

2. Modelado no lineal con memoria

El comportamiento no lineal de un amplificador sin memoria polarizado en un cierto punto de trabajo puede describirse mediante una serie de potencias de la señal de entrada con coeficientes constantes. El orden de la serie dependerá de los niveles de potencia de entrada que se apliquen sobre el punto de trabajo y del comportamiento no lineal del amplificador en dicho punto de polarización. Si cambiamos el punto de polarización del amplificador, cambiarán, en general, los coeficientes de la serie. El orden de la serie puede reducirse si la desarrollamos, no en torno al punto de polarización, sino en torno a una cierta señal de entrada. En los sistemas de comunicaciones las señales de trabajo pueden representarse como portadoras moduladas. Si desarrollamos la serie en torno a la señal portadora, en lugar de hacerlo en torno al punto de polarización, podremos describir el comportamiento no lineal con una serie con menor número de términos. Ahora los coeficientes de la serie dependerán de un punto de trabajo dinámico (polarización más portadora). Por otro lado, los amplificadores de alta frecuencia presentan efectos de memoria apreciables que podremos tener en

cuenta si hacemos que los coeficientes varíen también con la frecuencia.

El modelo que proponemos proporciona la señal de salida $y(t)$ a partir de un desarrollo polinomial, función de la señal de entrada $x(t)$, con coeficientes dependientes de la frecuencia y una cierta señal de entrada $x_0(t)$:

$$y(t) = \sum_{i=1}^n H_i(x_0(t), f) x^i(t)$$

En nuestro caso consideraremos que la señal $x_0(t)$ representa la señal portadora sinusoidal aplicada sobre el punto de polarización del amplificador. La dependencia frecuencial de los coeficientes la determinaremos, en este trabajo, realizando un barrido de la frecuencia de la señal portadora. En este caso, los coeficientes H_i se obtienen de la relación entre la portadora inyectada y la señal de salida obtenida, que involucra componentes a la frecuencia de la portadora y sus armónicos.

3. Aplicación a un amplificador MMIC

La técnica de modelado expuesta en el apartado anterior se aplica aquí a un amplificador MMIC [4]. Los resultados que se presentan para ilustrar la técnica corresponden a una señal $x_0(t)$ de 1.8V de amplitud a 2.4GHz aplicada sobre una polarización en clase A. En estos ejemplos hemos restringido la serie a un orden 3 y los coeficientes se han calculado a partir de simulaciones en Balance Armónico del amplificador. Las gráficas que se muestran corresponden a los resultados obtenidos aplicando el modelo y la simulación en Balance Armónico del amplificador a partir de su circuito equivalente. La precisión del modelo puede mejorarse sin más que aumentar el número de términos. Hay que considerar que los ejemplos que se muestran para la evaluación del modelo suponen un régimen fuertemente no lineal en este amplificador.

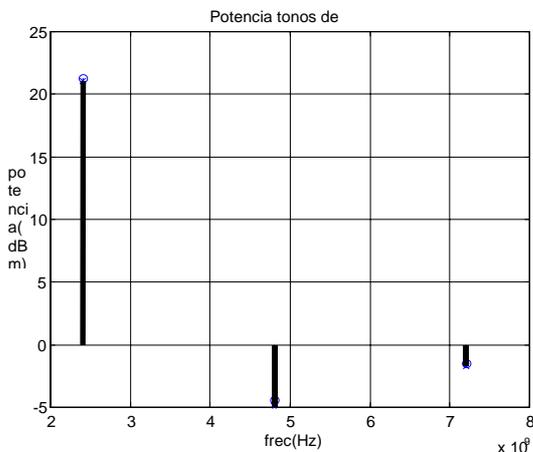


Fig.1 Comparación de resultados proporcionados por el modelo del amplificador (o) y simulaciones

con Balance Armónico del circuito (x). Excitación de un tono de 1.8V a 2.4GHz.

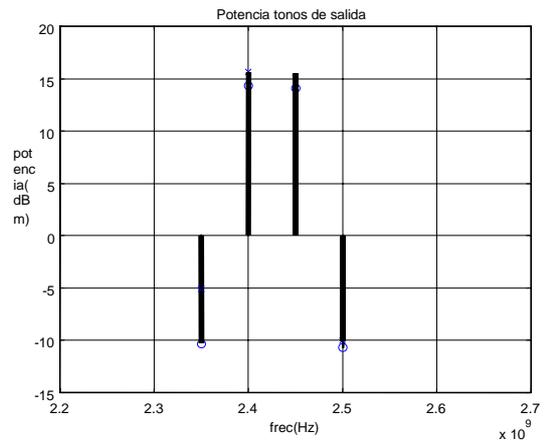


Fig.1 Comparación de resultados proporcionados por el modelo del amplificador (o) y simulaciones con Balance Armónico del circuito (x). Excitación de dos tonos de 0.9V a 2.4GHz y 2.45GHz.

4. Conclusiones

Se ha presentado un modelo no lineal con memoria de amplificadores de RF y microondas para simulación de sistemas. La extracción del modelo puede realizarse a partir de simulaciones o medidas del circuito. El método propuesto se ha aplicado a un amplificador MMIC, comparando las predicciones del modelo con resultados de la simulación del circuito a partir de su esquema eléctrico completo, habiéndose obtenido interesantes resultados. El modelo es capaz de capturar la dinámica lineal y no lineal del amplificador.

Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación procurada por los proyectos UPV/EHU-00224.310-EA-8060/2000 y TIC2000-0345, de la Univ. del País Vasco y la CICYT respectivamente.

Referencias

- [1] W. Boesch, G. Gatti, "Measurement of memory effects in predistortion linearizers", IEEE MTT-S, 1989, pp. 885-888.
- [2] M.S. Muha, C.J. Clark, A.A. Moulthrop, C.P. Silva, "Validation of power amplifier nonlinear block models", IEEE MTT-S, 1999, pp. 759-762.
- [3] M. C. Jeruchim, P. Balaban, K. S. Shanmugan, "Simulation of Communication Systems", Plenum Publishing Corporation.
- [4] J. Portilla, H. García, E. Artal, "High Power-Added Efficiency MMIC Amplifier for 2.4 GHz Wireless Communications," IEEE Journal of Solid-State Circuits, vol. 34, no.1, Jan. 1999, pp. 120-123.