

CIRCUITO MEZCLADOR PARA TRANSCÉPTORES DE MICROONDAS/MILIMÉTRICAS DE BAJO COSTE

J. Mata Contreras, C. Camacho Peñalosa, I. Molina Fernández

Departamento de Ingeniería de Comunicaciones
E.T.S. Ingeniería de Telecomunicación,
Campus Universitario de Teatinos, E-2907, Universidad de Málaga
jmc@ic.uma.es, ccp@ic.uma.es, imf@ic.uma.es

ABSTRACT

The present paper describes a novel PHEMT mixer circuit especially suited for its application as front-end in a low-cost 10 Mb/s millimeter wave transceiver. The basic ideas underlying the design method are presented and applied to obtain two different designs at 10 and 24 GHz which were constructed in microstrip technology and tested. The obtained results show that inexpensive transceivers for high capacity data transmission can be constructed based on this approach.

1. INTRODUCCIÓN

Los receptores con “entrada por mezclador” han sido típicamente utilizados en aplicaciones de alta frecuencia en las que, o bien no existía la posibilidad de disponer de amplificadores de bajo nivel de ruido, o bien esta posibilidad resultaba muy costosa. Un campo típico de aplicación de este tipo de receptor es en los radares FM de onda continua (FMCW) homodinos, en los que la propia señal modulada en FM que se transmite se utiliza como oscilador local en el mezclador. Basándose en un cabezal de radiofrecuencia con una arquitectura similar a ésta, en la que la propia señal a transmitir se utiliza como oscilador local en recepción, es posible desarrollar transceptores de bajo-coste en las bandas ICM disponibles en torno a los 24 GHz que ofrecen alta velocidad de transmisión en modo ‘full-duplex’ [1]. Al contrario que en la mayoría de las aplicaciones, en las que una de las características exigidas a un mezclador es que tenga un alto aislamiento de OL a RF, en esta aplicación se requiere justamente lo contrario, es decir, que la señal que se introduce por la puerta de OL (que, recordemos, será la propia señal a transmitir) pase a la puerta de RF con la mayor ganancia posible. Otras características deseables para esta aplicación son: unas mínimas pérdidas de conversión, una mínima figura de ruido, y un buen aislamiento de RF a OL para evitar las variaciones en la frecuencia de oscilación debidos al ‘pulling’. También debe resaltarse que, debido a que en esta aplicación la separación en frecuencia de las señales de RF (recibida) y OL (transmitida) es de tan sólo un 0.5%, no es posible, con tecnología de bajo coste, diseñar independientemente las impedancias vistas por las puertas del mezclador a estas dos frecuencias. Así mismo, debido a que la FI resultante es dos órdenes de magnitud inferior

a las anteriores no existen problemas de aislamiento de RF a FI ni de OL a FI. En el presente artículo se propone utilizar para esta aplicación un mezclador realizado mediante un dispositivo de efecto de campo, en configuración fuente común, en el que la puerta sirve como entrada de OL, mientras que por el drenador se introduce la señal de RF y se extrae la señal de FI. Esta topología, junto con una adecuada selección del punto de polarización, permite que el dispositivo cumpla simultáneamente las funciones de mezclador en recepción y de amplificador en transmisión. Finalmente, se describen los resultados experimentales obtenidos en dos diseños a 10 y 24 GHz.

2. DESCRIPCIÓN

Existen varias topologías para los mezcladores basados en transistores de efecto campo, entre las cuales se distinguen principalmente los mezcladores de transconductancia y los resistivos (‘cold-mixers’). En los primeros, las señales de RF y OL se introducen por el terminal de puerta extrayéndose la FI por drenador. Los mezcladores resistivos utilizan el canal como resistencia variable gobernada por la señal del oscilador local. Sobre esta resistencia se aplica la señal de RF obteniéndose así la mezcla. En estos mezcladores el dispositivo activo debe polarizarse en la zona lineal de funcionamiento, consiguiéndose prestaciones óptimas con V_{ds} aproximadamente igual a 0V. La elección de ese punto de polarización asegura también un notable aislamiento de OL en RF.

Debido a su alto aislamiento a OL en RF ninguno de los mezcladores anteriormente descritos son aplicables en la arquitectura deseada por lo que se hace necesario buscar una nueva configuración que se ajuste las necesidades de este diseño particular. El mezclador propuesto utiliza básicamente la topología de un mezclador resistivo (entrada de OL por puerta y entrada de RF y salida de FI por drenador) pero el drenador es polarizado, en vez de a 0V, a un valor intermedio entre las zonas de funcionamiento lineal y de saturación. De esta forma se consigue un comportamiento a medio camino entre un amplificador lineal y un mezclador resistivo. Eligiendo una V_{ds} baja (es decir, en zona lineal funcionando como mezclador resistivo) se consiguen bajas pérdidas de conversión, pero un mal comportamiento en cuanto al nivel de OL disponible en la antena, mientras que eligiendo valores de V_{ds} elevados (es decir, en zona de saturación funcionando como amplificador) puede conseguirse mayor potencia transmitida pero a cambio de unas mayores pérdidas de conversión. La polarización óptima de puerta, resulta

ser aproximadamente igual a $V_p/2$. Este tipo de diseño fue propuesto para su aplicación en un sistema transceptor de bajo coste en [2] y recientemente se ha utilizado también como cabezal de un radar FMCW [3]. El esquema del circuito mezclador diseñado a 24GHz se puede ver en la figura 1, donde se ha indicado la misión de cada uno de los elementos que lo componen.

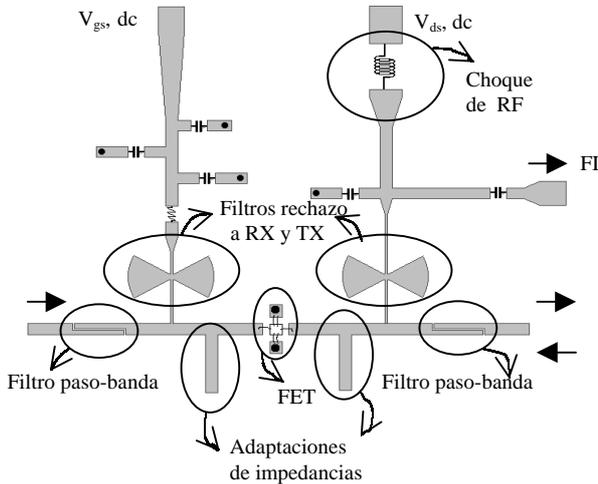


Figura 1. Circuito Mezclador para transceptor a 24GHz

Una vez escogido el punto de polarización para el dispositivo activo, el diseño del mezclador consiste en encontrar las impedancias terminales que permitan obtener las máximas prestaciones. Las impedancias que influyen en el rendimiento del mezclador son, fundamentalmente, las que cargan a la frecuencia del oscilador local, tanto en puerta como en drenador, así como la de FI y la vista al segundo armónico de OL en drenador. La elección de estas impedancias óptimas se realiza mediante un proceso iterativo de simulación en gran señal, buscando en primer lugar las impedancias óptimas a la frecuencia de OL, a continuación la del segundo armónico de OL y ,finalmente, la de FI, repitiendo este proceso tantas veces como sea necesario.

3. RESULTADOS OBTENIDOS

Para el diseño realizado a 24 GHz se utilizó como dispositivo activo un PHEMT sin encapsular, (LPD200), sobre un substrato RT/Duroid 6006, obteniéndose con una potencia de oscilador local de 12 dBm, un aislamiento de 0.5 dB y pérdidas de conversión de 7.5 dB. Las figuras 2 y 3 muestran la dependencia de estos parámetros en función de la potencia del oscilador local, para distintas tensiones de polarización drenador-fuente. Se observa cómo variando dicha polarización se puede mejorar el aislamiento (en este caso, disminuirlo) a cambio de aumentar las pérdidas de conversión. Aunque su figura de ruido no pudo ser medida directamente, este mezclador se integró junto con otros subsistemas para formar un sistema transceptor completo que presentó una figura de ruido total de 21.7 dB.

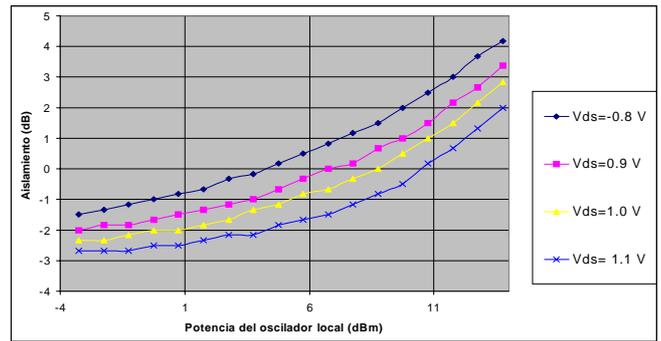


Figura 2. Aislamiento (dB) en función de la potencia del oscilador local y de V_{ds}

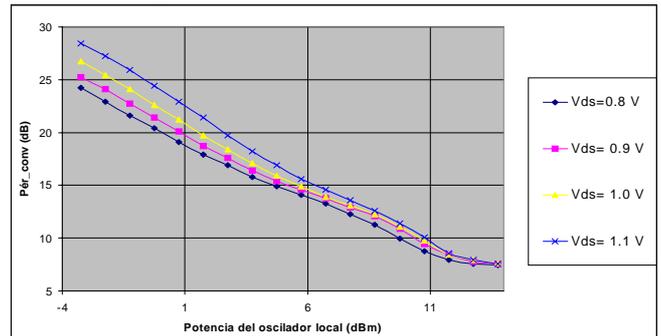


Figura 3. Pérdidas de conversión (dB) en función de la potencia del oscilador local y de V_{ds}

Para el diseño a 10GHz, se utilizó un HEMT encapsulado (ATF-36077), obteniéndose una figura de ruido de 12 dB, unas pérdidas de conversión de 7.2 dB y una ganancia OL a RF de 1.5 dB.

4. CONCLUSIONES

Se ha presentado un nuevo circuito mezclador especialmente diseñado para un transceptor de bajo coste a 24GHz. Este diseño se ha integrado en un sistema completo, mostrando que este tipo de circuito tiene grandes posibilidades en este tipo de aplicaciones. Los resultados obtenidos en el mezclador a 10GHz permiten pensar que el diseño puede todavía optimizarse para conseguir menores figuras de ruido

Agradecimientos: Este trabajo ha sido financiado por la C.I.C.Y.T (proyecto TIC 1FD97-0597).

5. REFERENCIAS

- [1] I. Molina, S.Ortigosa, A. Padilla et al., "Transceptor de bajo coste a 24 GHz para aplicaciones sin necesidad de licencia", URSI 2001 (pendiente de aceptación).
- [2] C. Camacho, I. Molina, J. Mata, "Circuito mezclador de frecuencias para transceptores de microondas/milimétricas", Patente P200001643, 3 de Julio de 2000.
- [3] K. Yhland, C. Fager, "A FET Transceiver Suitable for FMCW Radars", IEEE Microwave Guided Wave Lett., Vol. 10, pp 377-379, September 2000