

Ventajas de los amplificadores de potencia E-pHEMT para aplicaciones en telefonía móvil

por Dan McNamara

Dan McNamara es Gerente Mundial de Producto de la División Semicon. Inalámbricos de Agilent Technologies
daniel.mcnamara@agilent.com

Los PAs E-pHEMT de Agilent presentan un muy bajo consumo de corriente fuente-drenador (I_{dss}), inferior a los 10 uA a temperatura ambiente.

En febrero de este año Agilent Technologies Inc. anunció el lanzamiento de su módulo amplificador de potencia (PA) E-pHEMT (transistor pseudomórfico de electrones de alta movilidad de modo mejorado), número 10 millones. Estos dispositivos para GSM y CDMA están ahora siendo enviados a razón de aproximadamente 2 millones de unidades por mes. Mientras los consumidores pueden no tener una preferencia definida por el tipo de tecnología de los módulos de potencia en sus microteléfonos móviles, Agilent cree que su elección de desarrollar tecnología E-pHEMT permite al fabricante de teléfonos móviles obtener una excelente combinación de potencia adicional con elevado rendimiento (PAE), operación a baja tensión y alta fiabilidad.

Esto, puede directamente traducirse en beneficios para el consumidor final como es, el aumentar la vida útil de la batería o permitir la misma capacidad de batería para energizar facilidades adicionales en los microteléfonos tales como las populares cámaras integradas.

El desarrollo inicial de E-pHEMT comenzó en la década de 1980 en los entonces Laboratorios HP, actualmente Laboratorios Agilent, como proceso para fabricar circuitos integrados para procesado de señales digitales. Más adelante, el desarrollo de la tecnología E-pHEMT demos-

tró las enormes capacidades de potencia que era capaz de ofrecer el dispositivo, así como la elevada calidad que podía obtenerse y con un coste realmente competitivo para aplicaciones RF.

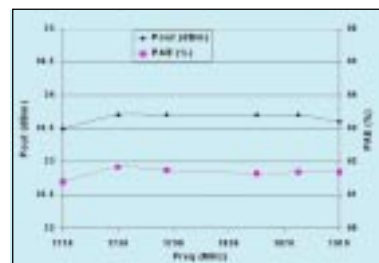
Una vez que el proceso demostró su viabilidad para la producción de módulos de amplificación de potencia, Agilent invirtió más de 100 millones de dólares para equipar una instalación de fabricación de chips de 6 pulgadas dedicada a la producción de chips E-pHEMT en su centro en Fort Collins, Colorado (fig.1). Iniciar una fabricación sobre 6 pulgadas representaba varios desafíos, dado que había pocos suministradores de equipamiento para semejantes dimensiones, pero parecía estar claro que tener una línea de fabricación de 6 pulgadas era un requerimiento para ser competitivo a largo plazo en el mercado de semiconductores RF, en particular en el de amplificadores de potencia. La fabrica de Ft. Collins ha estado en línea y con elevado volumen de producción desde 2002.

Algunos detalles de la fabricación

E-pHEMT requiere típicamente un mayor grado de control en algunos aspectos de epitaxia que la unión heterogénea de transistores bipolares (HBTs) debido a las múltiples capas delgadas necesarias para cumplir con las especificaciones esperadas: gran capacidad de manejo de corriente de salida a alta frecuencia y muy baja corriente de pérdidas. Consecuentemente, el uso de reactores de epitaxia de haz molecular (MBE) para controlar el espesor y composición de las capas, junto con otras técnicas de producción epitaxial han evolucionado significativamente en Agilent. La sensibilidad umbral E-pHEMT también depende de un determinado número de parámetros de crecimiento epitaxial, lo que significó que ambas metodologías de caracterización de chips, control in situ y crecimiento

posterior debieron ser desarrolladas rápidamente.

Un buen control del umbral, I_{max} , y la corriente de pérdidas dependen del control de proceso del contacto de puerta Schottky. Siendo E-pHEMT un componente de canal superficial, son críticamente importantes las propiedades de superficie, especialmente porque los materiales de las bandas III-V no presentan óxidos naturales de protección.



Los residuos superficiales no correctamente eliminados modifican el umbral y las pérdidas del transistor. Por ejemplo, una excesiva limpieza acuosa fácilmente erosiona la capa superficial, causando bajo I_{max} y baja tensión umbral. El bombardeo de plasma durante el ataque químico y pulido pueden disminuir la corriente de canal e incrementar las pérdidas. Para pequeños transistores digitales, la uniformidad del umbral puede ser alcanzada con pequeños cambios en otros parámetros del componente. Para PAs es esencial el alcance simultáneo de bajas pérdidas y alta I_{max} en un rango específico de tensión umbral. El ataque químico, la limpieza y protección del chip III-V y la secuencia de formación de la puerta constituyen un proceso patentado que Agilent considera crítico para el éxito de su tecnología E-pHEMT.

Uno de los desafíos en el desarrollo de E-pHEMT fue la históricamente pobre prestación de corriente de pérdidas en los componentes GaAs FET, que muchas veces requería el uso de un conmutador de drenado, que incrementaba la complejidad del circuito y su coste. Los PAs

Figura 2. P_{out} y PAE de amplificador de potencia GSM usando E-pHEMT

Figura 1. Centro de Producción de chips E-pHEMT de Agilent Technologies, Ft. Collins, Colorado



E-pHEMT de Agilent presentan un muy bajo consumo de corriente fuente-drenador (I_{dss}), inferior a los 10 μ A a temperatura ambiente. Ello ha sido posible mediante una puerta o rejilla subyacente con correcta orientación de cristales, reduciendo la profundidad de la segunda cavidad y optimizando el canal InGaAs con un proceso de ataque químico selectivo. El resultado es que las pérdidas del dispositivo E-pHEMT ya no están relacionadas con un defecto, lo que significa que la corriente de pérdidas no es un indicador anticipado de avería, como muchos suponen erróneamente.

Prestaciones

En tanto muchas tecnologías son óptimas ya sea para amplificadores lineales o para saturados, existen varias razones clave por qué los PAs E-pHEMT de Agilent presenten excelentes PAE operados en modos lineales (CDMA) y en modos saturados (GSM). En primer lugar, la baja R_{Dson} confiere alta eficiencia de drenador mientras que una gran ganancia reduce los requerimientos de la unidad de entrada. En segundo lugar, altas f_i y $f_{m\acute{a}x}$ permiten una mayor velocidad de conmutación para reducir la disipación de potencia en el componente.

Otro beneficio que es particularmente significativo para aplicaciones GSM multibanda es la amplia adaptación de ancho de banda. Observe en la fig. 2 que la potencia de salida y PAE son mantenidos sobre toda la banda de frecuencia superior de 1710 a 1910 MHz.

La dinámica actual del mercado de telefonía presenta un constante vaivén entre el maximizado del tiempo de conversación y el incremento de la funcionalidad de los microteléfonos. Mientras que las baterías actuales poseen típicamente una densidad de energía de 400 Wh/l (vatios-hora por litro), se espera que la próxima generación de baterías

incrementen este valor en un 50 por ciento. La tecnología necesaria para efectuar esta mejora resulta en una *reducción* del nivel disponible de tensión en el aparato manual de 3.2 V a 2.5 V. Consecuentemente, la tecnología PA también debe evolucionar para mantener suficiente capacidad en los niveles inferiores de tensión.

En general, los amplificadores de potencia requieren un bufer de polarización para establecer correctamente el punto de trabajo. Para PAs basados en tecnologías bipolares, ello se consigue ubicando dos uniones PN en serie para obtener una caída de tensión de aproximadamente 2.4 V. Esto limita la posible variación de la red de polarización, especialmente si la tensión de la batería cae debajo de 3 V. Los componentes E-pHEMT tienen muy bajas tensiones de conexión y por ello no presentan las mismas limitaciones en cuanto a la variación del punto de polarización. Esto permite mayor P_{out} y eficiencia de prestación a niveles de polarización menores que 3 V. Un ejemplo de la capacidad a bajos niveles de tensión se muestra en la fig. 3. Note que la capacidad de ganancia puede ser recuperada a 0.4V con una nueva puesta a punto de la carga de salida.

Fiabilidad

Es necesaria una buena operatividad en RF, pero adicionalmente los componentes también deben ser fiables para tener verdadero valor para una comunicación OEM.

Los componentes bipolares en general, incluyendo los HBTs tienen su "Talón de Aquiles" en la característica de temperatura de la tensión base a emisor (V_{be}). Este parámetro es inversamente proporcional a la temperatura, lo que significa que un incremento de la temperatura causa una reducción de la V_{be} . La V_{be} más pequeña causa un incremento de corriente, lo que a su vez causa una subsiguiente reducción de la V_{be} . Sin

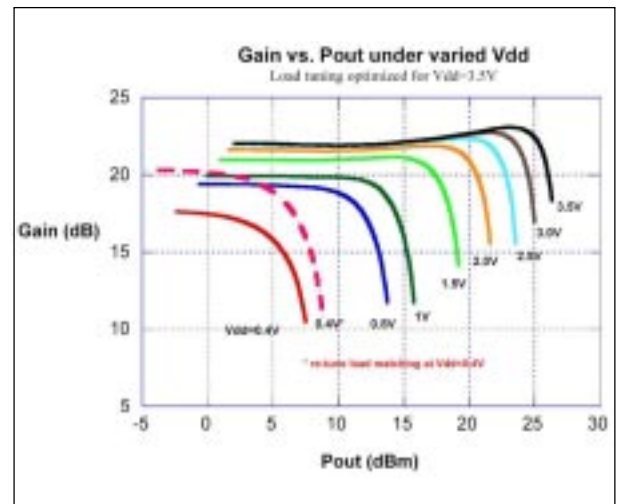


Figura 3. Operación en baja tensión de un amplificador E-pHEMT WCDMA

control, esta respuesta positiva causará una condición de embalamiento térmico llevando al fallo del componente. De este modo, los componentes HBT GaAs requieren resistencias de balasto, cuyo uso resulta en una menor variación de tensión disponible sobre el componente. La consecuencia práctica es una modificación en la relación ganancia, PAE y potencia de salida. Por el contrario, el incremento inherente de la R_{Dson} en las áreas más calientes de los componentes E-pHEMT provee un balasto intrínseco para eliminar el embalamiento térmico sin sacrificar P_{out} o capacidad PAE.

Otra diferencia entre componentes HBT y E-pHEMT es un mecanismo secundario de avería en los componentes HBT. El desbalance y los puntos calientes debidos a efectos localizados de averías pueden causar calor excesivo que puede fundir los electrodos de los HBTs. Por ello, los componentes HBT requieren la adición de un circuito de fijación, tal como un diodo Zener en el colector, para limitar los picos de la tensión de salida. Estos componentes suelen añadir pérdidas y disminuyen la eficiencia. Este mecanismo secundario no existe en los E-pHEMT debido a su efecto intrínseco de balasto.

Los PAs muchas veces están sujetos a grandes variaciones de

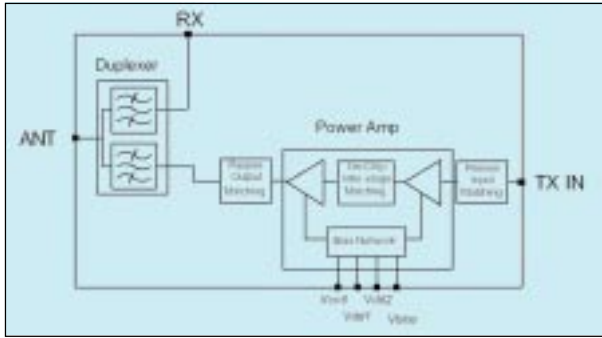


Figura 4. Módulo frontal CDMA con duplexador integrado y amplificador de potencia E-pHEMT.

impedancia de salida debido a la desconexión de la antena, presencia de extensos campos planos y operación en el cargador de baterías. Todo componente mostrará un fallo cuando esté sujeto a una diferencia de potencial suficientemente grande entre la salida y la entrada (drenador a puerta para FETs y colector a base para BJTs y HBTs). En un componente HBT, una alta diferencia de potencial a la salida V_{cb} puede causar un efecto avalancha resultando en un muy abrupto, catastrófico flujo de corriente en el componente, llevando al fallo. Con la misma alta diferencia de potencial en la salida de un FET, la fuente queda completamente desconectada no habiendo camino de fa-

llo desde el drenador a la fuente. El nivel para el fallo en un FET está determinado por el potencial desde el drenador a la puerta, V_{GD} . El V_{GD} de un componente FET es mucho más alto que la diferencia de potencial que causa una tensión disruptiva colector a emisor en un componente bipolar. Este nivel superior en el FET le confiere mayor robustez.

Integración en módulos

El PA es sólo parte de la sección RF de electrónica de comunicación. La integración incrementa la capacidad conocida, dado que más componentes están dentro de una paquete individual que puede ser ensayado antes de su ensamblaje a un nivel superior. Agilent intenta utilizar las ventajas de E-pHEMT para interruptores y estructuras de adaptación pasivas dentro de módulos frontales CDMA, WCDMA y GSM. Junto con el E-pHEMT, existe toda una tecnología de filtrado, si no en todos, dentro de la mayoría de los FEMs.

Agilent ha desarrollado una tecnología de filtrado llamada resonador acústico de lámina de gran capa-

cidad (FBAR) que podrá ser combinado con el E-pHEMT. La figura 4 ilustra un ejemplo de una combinación de amplificador de potencia E-pHEMT y duplexador FBAR en una unidad 5 x 8 mm. El desarrollo de un FEM similar para aplicaciones GSM está en progreso y usará E-pHEMT para el PA y conmutadores de antena y FBAR para filtros de recepción. Más que poseer ambas tecnologías disponibles para integración, el mayor beneficio para el desarrollo del producto es el diseño compartido del interfaz entre los diferentes elementos dentro del FEM: E-pHEMT a E-pHEMT o E-pHEMT a FBAR.

Conclusión

Se derivan muchos beneficios de la tecnología E-pHEMT, tales como excelentes prestaciones RF y alta fiabilidad. La parte excitante es que se trata de una tecnología que recién está comenzando a demostrar su potencial. Actualmente estamos operando con la primera generación de E-pHEMT. Mejoras futuras incluirán PAE más elevada, componentes optimizados para operación en BT y mayor integración de funciones. □