

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 693 042**

51 Int. Cl.:

H03F 1/32 (2006.01)

H03F 1/02 (2006.01)

H03F 3/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.05.2007 PCT/GB2007/050238**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.11.2007 WO07129118**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.05.2007 E 07733659 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.09.2018 EP 2022168**

54 Título: **Amplificadores de potencia de RF**

30 Prioridad:

05.05.2006 GB 0608815
05.05.2006 EP 06270045

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.12.2018

73 Titular/es:

ASTRIUM LIMITED (100.0%)
Gunnels Wood Road
Stevenage, Hertfordshire, SG1 2AS , GB

72 Inventor/es:

SEYMOUR, CHRISTOPHER DAVID

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 693 042 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Amplificadores de potencia de RF

La presente invención se refiere a amplificadores de potencia de RF y a procedimientos correspondientes.

Técnica antecedente

5 Es un requisito común, particularmente para aplicaciones de comunicaciones para satélites espaciales, que cada elemento de una matriz de antenas de múltiples elementos, por ejemplo, matrices en fase, deba ser excitado por una unidad de potencia respectiva, un único amplificador de potencia. La señal de potencia amplificada para cada antena debería ser controlada con precisión en amplitud y fase con relación a los otros elementos de antena. Es común el empleo de amplificadores de potencia de estado sólido (Solid State Power Amplifier, SSPA) para este propósito, pero los
10 amplificadores deben cumplir unos rendimientos de linealidad, de eficiencia y de seguimiento de ganancia/fase estrictos necesarios para el funcionamiento en las matrices de antenas activas.

El grado de compresión de ganancia, eficiencia y linealidad de un amplificador puede ser optimizado a una potencia de salida de RF determinada mediante una selección cuidadosa de las condiciones de polarización. A medida que se reduce la excitación del amplificador, sin embargo, el amplificador experimenta "back-off" y la ganancia se comprime menos,
15 resultando en una eficiencia degradada. La linealidad mejora, pero en muchos casos esto no es un requisito de la aplicación. Cuando se opera en matrices de antenas activas, esto resulta en que parte o la totalidad de los amplificadores funcionan a una eficiencia menor que la óptima dependiendo de la carga de tráfico y de las condiciones de enfoque del haz (que pueden imponer un cambio en la amplitud de excitación de cada elemento individual o 'taper' de amplitud a través de la matriz, donde los amplificadores tienen una amplitud de salida gradualmente reducida a través de la matriz).

20 Para evitar dudas, los términos usados anteriormente tienen el significado siguiente:

Compresión de ganancia: puede definirse, por ejemplo: una reducción en la ganancia 'diferencial' o 'pendiente' causada por una no linealidad de la característica de transferencia del amplificador. La compresión de ganancia puede entenderse como el grado de desviación con relación a una amplificación lineal a medida que el amplificador se aproxima a su característica de saturación a la amplificación máxima.

25 "Back off": la cantidad en la que se reducen la potencia de entrada y la potencia de salida a medida que el punto de funcionamiento del amplificador se mueve a lo largo de su característica operativa, desde un estado de alta potencia a un estado de potencia más baja.

Eficiencia: la relación de la potencia de salida de RF para la transmisión a la potencia de entrada de CC proporcionada por una fuente de alimentación.

30 Linealidad: existen varias medidas de linealidad, tal como se describe en la presente memoria, pero una medida común es la relación de intermodulación de portadora (relación C/I, la relación de potencia en el canal en cuestión a "fuga" de potencia en un canal adyacente de un sistema multi-portadora).

El ajuste automático de la polarización del amplificador para minimizar la degradación de la eficiencia con el "back off" se describe para los amplificadores de potencia que incorporan transistores bipolares de silicio en "Recent developments in solid state power amplifier technology and their applicability to third generation mobile space segment systems" páginas 264-268, Fourth International Conference on Satellite Systems for Mobile Communications and Navigation; Octubre de 1988. Dicha técnica es una técnica analógica que implica el ajuste de la tensión base-emisor de los transistores de salida bipolares. Dicha técnica no podría hacerse funcionar con amplificadores que emplean transistores de efecto de campo (Field Effect Transistors, FET) y, por lo tanto, está severamente limitada para los amplificadores usados en la actualidad.
35

40 Se conocen otras técnicas más complejas (especialmente, los amplificadores "outphasing" de Chireix (LINC, Linear Amplification with Non-linear Components, amplificación lineal con componentes no lineales) y los amplificadores Doherty). Estas disposiciones requieren dividir una señal de entrada en dos rutas de amplificación paralelas, y a continuación combinar posteriormente las señales amplificadas. Dichas técnicas son complicadas de configurar y están destinadas principalmente a maximizar la eficiencia en un "back off" determinado donde el amplificador debe demostrar una linealidad muy elevada.
45

Ninguna de las técnicas anteriores aborda los requisitos de los amplificadores que funcionan en las matrices de antenas activas modernas. Un requisito previo esencial para dichos amplificadores es que deben seguirse unos a otros en ganancia y en fase de la transmisión y, en muchos casos, haciendo funcionar los amplificadores a diferentes niveles de excitación y temperaturas.

50 En "L Band Power Amplifier Solutions for the INMARSAT Space Segment", IEE Seminar on Microwave and RF Power Amplifiers, 7 de Diciembre de 2000, D. Seymour, páginas 6/1-6/6, se describe un sistema para controlar un amplificador

de potencia de estado sólido (SSPA) en ganancia, pendiente de ganancia y fase, de manera que estas características se mantengan, de manera precisa, constantes y bajo un seguimiento de unos SSPAs con relación a otros de una matriz de un gran número de SSPAs. El sistema incluye un acondicionador electrónico de potencia (Electronic Power Conditioner, EPC), que es una fuente de alimentación adaptada para su uso en aplicaciones espaciales. Un ASIC (Application Specific Integrated Circuit, circuito integrado específico de aplicación) de control recibe una señal de temperatura de amplificador y una señal de potencia de entrada de amplificador, y accede a datos de compensación digital almacenados en una EEPROM para proporcionar, dependiendo de las señales recibidas, señales de control analógicas apropiadas para el control de la ganancia, la pendiente de ganancia y la fase del amplificador.

El documento US 5.251.330 proporciona otro amplificador de potencia de RF que comprende señales de control basadas en la información acerca de la temperatura.

Sumario de la invención

Un objeto de la presente invención es proporcionar un sistema amplificador que pueda mejorar considerablemente las características de un amplificador en un amplio rango dinámico.

En un primer aspecto, la invención proporciona un sistema amplificador para alimentar un elemento de una antena, según se define en la reivindicación 1 independiente.

El sistema amplificador según la invención puede alimentar una antena de un único elemento para una transmisión espacial, aérea o terrestre. Sin embargo, el sistema amplificador está particularmente adaptado para excitar un elemento respectivo de una antena de múltiples elementos o una matriz de antenas para una nave espacial. De esta manera, se proporcionan una pluralidad de dichos sistemas amplificadores que excitan los elementos de antena respectivos, por ejemplo, dispuestos de manera conveniente como un amplificador de potencia de una matriz (Matrix Power Amplifier, MPA).

El sistema amplificador es un amplificador de potencia de estado sólido (SSPA) adaptado para aplicaciones espaciales, que incluye un amplificador de RF, un acondicionador electrónico de potencia y una sección de control. La sección de control puede estar montada en la misma placa de circuito que, o puede estar integrada con, los componentes del amplificador de RF. El amplificador de RF tiene una ruta de amplificación que incluye normalmente un preamplificador, un amplificador excitador o intermedio y un amplificador de potencia o etapa de salida de potencia. Según se desee, la etapa de salida de potencia puede comprender una pluralidad de unidades amplificadoras dispuestas en una matriz en serie/paralelo.

La etapa de salida puede incluir uno o más transistores de potencia. Tal como es preferible con la tecnología actual, los transistores de potencia son FETs, pero pueden ser transistores bipolares o transistores cuyo uso comercial todavía no es común. Existen varios tipos de transistores, todos ellos considerados como FETs, por ejemplo, HFET, PHEMT. Los transistores de potencia pueden ser GaAs o GaN de alta calidad, u otros materiales, tales como Si, SiGe, SiC, diamante, plásticos. No se excluyen los dispositivos termiónicos, tales como TWTA.

Los medios de fuente de alimentación del sistema amplificador pueden comprender un acondicionador electrónico de potencia (EPC), que está adaptado para uso en aplicaciones espaciales y acepta energía procedente del bus de energía de la nave espacial, y proporciona tensiones de alimentación de CC controlados (tensión secundaria principal) para alimentar los medios de amplificador de RF y los medios de control. Para los amplificadores con FETs, una tensión de CC representa la tensión de drenaje FET. Según la invención, la magnitud de la tensión de alimentación de CC suministrada a la etapa de salida del amplificador de RF es controlada en función de una entrada de control a la fuente de alimentación desde los medios de control. Según se prefiera, la magnitud de la tensión de alimentación de CC suministrada a la etapa de excitación del amplificador de RF es controlada de manera similar.

Cuando se emplea un SSPA, los medios de control pueden ser circuitos integrados montados en las mismas placas de circuito que el amplificador de RF; de manera alternativa, pueden formarse por separado del amplificador. Dichos medios de control aceptan entradas de control desde el amplificador, principalmente potencia y temperatura de entrada, y proporcionan salidas de control para controlar los parámetros seleccionados del amplificador, por ejemplo, la ganancia, la fase de transmisión y la pendiente de ganancia (mediante un ajuste de las características del preamplificador). Según la invención, los medios de control proporcionan una salida de control a los medios de fuente de alimentación, con el fin de variar la tensión de alimentación de CC a la etapa de potencia de salida de un amplificador de potencia, con el fin de controlar los parámetros seleccionados del amplificador. Los parámetros principales para el control son la linealidad y la eficiencia. Sin embargo, pueden controlarse otros parámetros, por ejemplo, la disipación térmica. Tal como se ha indicado anteriormente, una importante medida de la linealidad es la relación C/I, sin embargo, pueden emplearse otras medidas, tales como la relación de potencia a ruido (Noise Power Ratio, NPR) o la relación de potencia de canal adyacente (Adjacent Channel Power Ratio, ACPR). La relación C/I se usa normalmente para sistemas multi-portadora, pero la relación ACPR puede usarse para sistemas de portadora única, en los que puede determinarse la potencia en los lóbulos laterales de la única portadora, con relación a la potencia en el lóbulo principal.

Un procedimiento de control deseado, tal como se define en la reivindicación 14 independiente, es mantener la linealidad (relación (C/I) de intermodulación de portadora) constante, o dentro de límites deseados, mientras la eficiencia se mantiene dentro de límites aceptables, para valores variables de entrada de amplificador, en un rango de valores de salida de potencia de RF deseado. De manera alternativa, pueden mantenerse constantes la disipación térmica o la eficiencia.

5 Para ello, la invención controla la compresión de ganancia, para niveles variables de potencia de entrada, variando la tensión de alimentación de CC a la etapa de salida de potencia del amplificador de RF.

Es posible que el control proporcione el procedimiento de control anterior, al menos parcialmente, mediante circuitos digitales y analógicos, y mediante señales de tele-comando. Los circuitos de los medios de control pueden proporcionarse en cualquier forma conveniente, por ejemplo, se ha encontrado conveniente un ASIC. Es preferible y según la invención,

10 la provisión de una EEPROM u otro medio de almacenamiento no volátil, que contenga datos, en forma de una matriz de palabras de control, que definen valores de salida de control con el fin de conseguir las condiciones de salida de amplificador deseadas. De esta manera, si se desea mantener la linealidad constante en un rango deseado para valores variables de potencia de entrada de RF, las palabras de control comprenderán una matriz que represente tensiones de potencia de CC para potencia de entrada de RF variable. Cuando se proporcionen otras entradas, tales como la temperatura, y otras salidas, tales como la potencia y la fase de salida de RF, entonces las dimensiones de la matriz y el

15 número de secciones de las palabras de control aumentarán de manera correspondiente.

Para proporcionar las palabras de control, se lleva a cabo un procedimiento de caracterización inicial del sistema amplificador, en el que el parámetro deseado del amplificador, tal como la linealidad, es conducido digitalmente por medio de un equipo de ensayo a un valor constante, mientras se varía la potencia de entrada en todo el rango de los requisitos de funcionamiento. La tensión de alimentación de CC es conducida digitalmente para mantener la compresión de ganancia de la etapa de salida del amplificador en un valor requerido para mantener la linealidad constante. Las palabras de control se graban de manera que representen los valores apropiados de la tensión de alimentación de CC para los valores de potencia de entrada. Puede almacenarse un conjunto restringido de palabras de control (puntos cardinales), y puede llevarse a cabo un procedimiento de interpolación para definir palabras de control para los valores de entrada/salida intermedios.

20

25

De esta manera, la presente invención es una técnica de control integrado, autónomo y/o con capacidad de tele-comando, en la que, por medio de un circuito electrónico analógico y digital mixto acoplado a una memoria electrónica que contiene datos (obtenidos a partir de ensayos reales),

- la linealidad y
- la eficiencia de potencia añadida

junto con cualquiera o la totalidad de los parámetros

- de ganancia
- de ganancia versus respuesta de frecuencia
- de fase de transmisión

de un amplificador de potencia de estado sólido, se mantienen de manera simultánea y automática a niveles (casi) constantes y por encima de umbrales predeterminados mientras el amplificador es excitado en un amplio rango de niveles de potencia de salida y es sometido a cambios de temperatura.

35

La invención comprende una técnica de control integrada en la que, por medio del control del grado de compresión de ganancia de un amplificador, puede demostrarse una mejora significativa en la eficacia del amplificador en un amplio rango de niveles de potencia de salida. La capacidad de hacer esto tiene varias implicaciones para diferentes tipos de amplificadores y aplicaciones, y la funcionalidad de la invención puede extenderse para controlar simultáneamente otros parámetros del amplificador, si es necesario. Cuando se usa en una nave espacial, a nivel de carga útil, la invención es un factor habilitante para conseguir matrices de antenas activas de alto rendimiento para una cobertura terrestre flexible y ofrece potencial para eliminar redes de salida costosas y con pérdidas.

40

La invención proporciona un grado único de flexibilidad del amplificador, ya que hay una interacción potencialmente problemática con la ganancia del amplificador que, para cualquier aplicación real, sería inaceptable y extremadamente difícil/poco práctica de conseguir con medios analógicos. Esto se acentúa adicionalmente cuando se toman en consideración los requisitos típicos para el funcionamiento en función de la temperatura.

45

En una forma alternativa de la invención, un enfoque para conseguir el control de la compresión de ganancia y de la eficiencia del amplificador es mediante tele-comando. En este caso, el amplificador demostraría la compresión de ganancia y la eficiencia requeridas, pero solo en configuraciones de potencia de salida discretas tele-comandadas.

50

Breve descripción de los dibujos

A continuación, se describirán las realizaciones preferidas de la invención con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 es un diagrama esquemático de unos medios de control ejemplares;

5 La Figura 2 es un diagrama de bloques esquemático de otros medios de control ejemplares;

La Figura 3 es un diagrama de bloques esquemático de una primera realización preferida de la invención;

La Figura 4 es un gráfico que ilustra las características de rendimiento de un SSPA de la técnica anterior;

La Figura 5 es un gráfico que ilustra las características de rendimiento anticipadas con la presente invención;

10 La Figura 6 es un gráfico que ilustra las características de rendimiento anticipadas con la presente invención para un sistema multi-portadora, que emplea transistores de potencia GaN en la etapa de salida;

La Figura 7 es un gráfico que ilustra las características de rendimiento anticipadas con la presente invención para un sistema de portadora única, que emplea transistores de potencia GaN en la etapa de salida;

La Figura 8 es un diagrama de bloques esquemático de una segunda realización preferida de la invención;

La Figura 9 es una vista más detallada de los medios de control de la Figura 1; y

15 La Figura 10 es un diagrama de bloques conceptual del sistema amplificador de la presente invención, implementado como un SSPA.

Descripción de la realización preferida

20 Con referencia primero a la Figura 10, el sistema amplificador de la invención está implementado como un amplificador de potencia de estado sólido (SSPA), en el que una sección de fuente de alimentación comprende un acondicionador 10 electrónico de potencia (EPC), una sección 12 amplificadora de RF tiene una ruta amplificadora que incluye un preamplificador 14, un amplificador 16 excitador o intermedio (etapa de excitación o intermedia) y un amplificador 18 de potencia (etapa de salida). Una sección de control comprende un esquema 20 de control digital (Digital Control Scheme, DCS), que proporciona salidas de control al preamplificador 14 y al EPC 10. Específicamente, el DCS 20 proporciona una señal de control analógica en la línea 22 al EPC 10, una señal digital en la línea 24 al control 26 de fase en el preamplificador 14 (de manera alternativa, puede usarse un control de fase analógico), una señal de control analógica en la línea 28 para el control 30 de la pendiente de ganancia, y una señal de control analógica en la línea 32 para el control 34 de la ganancia en el preamplificador 14. El EPC 10 proporciona una tensión 36 de alimentación de CC variable (tensión de drenaje o tensión drenaje-fuente) a la etapa 18 de salida y a la etapa 16 de excitación.

30 Con referencia a las Figuras 1 y 9, el DCS 20 consiste en un ASIC 40 de control de la señal analógica/digital mixta y una memoria 42 de solo lectura borrable electrónicamente (Electrically Erasable Read Only Memory, EEPROM). El ASIC de control tiene dos puertos 44, 46 de referencia de entrada analógicos y tres puertos (22, 28, 32) de control de salida analógicos más un puerto de control de salida (24) digital en serie disponible para el usuario. Esencialmente, las referencias 44, 46 de entrada (normalmente, la temperatura y la potencia de entrada del amplificador) se digitalizan en convertidores 48 A/D y conducen la unidad 49 de procesamiento digital del ASIC de control a leer la palabra de control relevante almacenada en la EEPROM. De manera conveniente, las palabras 50 de control pueden almacenarse en forma de matriz, mostrada esquemáticamente como filas para la entrada de potencia y como columnas para la entrada de temperatura. A continuación, la palabra de control accedida es procesada por el ASIC y es digitalizada en convertidores 52 D/A para proporcionar señales de control en sus puertos 22-32 de salida. El ASIC 40 de control tiene una interfaz 54 de programación I2C (pueden emplearse otras interfaces estándar), mediante la cual la EEPROM 42 puede ser direccionada, cargada y leída durante un procedimiento de configuración o de caracterización de un amplificador.

40 Para todas las realizaciones descritas en la presente memoria, el principio de funcionamiento del DCS 20 es que, como parte del procedimiento de producción, el amplificador es "caracterizado" en todo el rango de sus requisitos de funcionamiento, específicamente el rango de potencia de entrada y de temperatura. Durante este procedimiento de caracterización, aquellos parámetros que es necesario controlar son conducidos digitalmente, mediante software y equipos de ensayo con interfaz con el DCS, al valor deseado y la 'palabra de control' digital derivada de esta manera es almacenada. De esta manera, se recopila una matriz de palabras 50 de control digital o "puntos cardinales". El software puede interpolar entre los puntos cardinales para llegar a una "matriz de corrección" completa que es cargada en la EEPROM 42. De manera alternativa, solo se almacenan los puntos cardinales en la EEPROM 42, siendo realizada la interpolación en tiempo real por el ASIC 40. En ambos esquemas, el resultado es que los datos de la EEPROM, a través de circuitos en el ASIC, son usados para accionar los elementos de corrección incluidos en el diseño del amplificador para conseguir el rendimiento requerido.

La Fig. 2 ilustra otra forma ejemplar, en la que las partes similares a las de las Figuras 1, 9 y 10 se indican con el mismo número de referencia (y para todas las figuras siguientes). En este caso, se suministra al DCS 20 una única referencia 46 de entrada desde el amplificador 12 de RF, que es una tensión relacionada con su potencia de entrada. Solo se usa una de las salidas analógicas del DCS, 22, e interactúa con el EPC 10 para controlar el suministro 36 de tensión principal a la etapa excitadora y a los drenajes 16, 18 de los FETs de salida. Durante el procedimiento de caracterización, el amplificador se hace funcionar en todo su rango dinámico de potencia de entrada y, por medio del software y del equipo de ensayo indicados anteriormente, la tensión 36 de salida principal del EPC es conducida digitalmente para mantener la etapa excitadora del amplificador de RF y las etapas 16, 18 de salida a la compresión de ganancia requerida, con el fin de mantener una relación C/I constante.

La forma ejemplar de la Fig. 2 es una configuración mínima. En la práctica, la ganancia del amplificador puede cambiar a medida que el suministro de drenaje a la etapa excitadora y a los FETs de salida es ajustada y puede haber efectos de temperatura a los que haya que hacer frente. Por lo tanto, una primera realización mostrada en la Fig. 3 ilustra una configuración de la invención, de uso práctico, en la que el DCS 20 se usa para mantener la ganancia global del amplificador a un nivel constante en el rango dinámico de funcionamiento y de temperatura. Ahora, se suministra una segunda entrada 44 de referencia al DCS 22 desde un detector 60 de temperatura montado en la placa amplificadora, y se usa una segunda salida 32 analógica para controlar un atenuador 34 variable (u otro dispositivo digital o analógico de ganancia/pérdida variable) en la cadena de RF. El procedimiento de caracterización hace funcionar ahora el amplificador en todo su rango dinámico de potencia de entrada y en el rango de temperatura de funcionamiento. De esta manera, los datos se recopilan, no solo para ajustar la compresión de ganancia con la etapa de excitación de entrada, sino también para anular cualquier variación no deseada en la compresión de ganancia y en la ganancia absoluta con la temperatura.

Una comparación entre los rendimientos de un amplificador de clase A/B con polaridad fija, optimizado para un requisito de potencia de salida particular, y el anticipado con la invención se proporciona en las Figs. 4 y 5. El amplificador emplea una etapa de excitación con GaAs y FETs de salida e incluye una sección preamplificadora para aumentar la ganancia. La Fig. 4 ilustra un caso de polarización fija en el que las condiciones de polarización, en particular el suministro de tensión de drenaje, han sido ajustadas y fijadas en este caso para conseguir un rendimiento óptimo en un punto de funcionamiento normal (Normal Operating Point, NOP), en este caso, justo por debajo de 12,0 dBW. Se observa que se consigue una eficacia máxima del 31% en una relación (C/I) de intermodulación de portadora de tres tonos asociada de 20 dB; siendo este valor un factor de mérito típico para un amplificador de potencia móvil. Sin embargo, a medida que el amplificador experimenta "back-off", la eficiencia se degrada bastante rápidamente; hay una mejora en C/I, pero generalmente esto no es un requisito del sistema. Debido a que este amplificador está equipado con un DCS configurado para controlar la ganancia general del amplificador en el rango dinámico, se enmascara el hecho de que el amplificador tiene una ganancia comprimida de 2 dB en el NOP.

La Fig. 5 ilustra un rendimiento mejorado del mismo amplificador incorporado en la realización de la Figura 3. En este caso, la función del DCS 20 es extendida para mantener automáticamente la relación C/I del amplificador a un nivel de 20 dB en un rango dinámico de potencia de salida justo por encima de 3 dB. El control de la compresión de ganancia para conseguir esto es enmascarado por el DCS que controla también la ganancia general del amplificador. Se observará inmediatamente que, aunque la eficiencia máxima no es mayor que para el caso de polarización fija, la eficiencia en el "back off" se mejora mucho, siendo mejor que el 30% en el rango de potencia de salida de 10,5 W a 22 W. El rango dinámico en el cual puede conseguirse este rendimiento depende de la linealidad aceptable mínima (C/I) requerida, pero está limitado, en última instancia, por los límites de tensión aceptables para la etapa de excitación y los FETs de salida.

Cabe señalar que la invención puede aplicarse igualmente para conseguir una eficiencia constante o incluso una característica de disipación constante en un rango dinámico determinado.

La presente invención puede aplicarse a los FETs que incorporan tecnología de banda ancha de nitruro de galio (GaN), y pueden conseguirse rangos dinámicos mucho más amplios debido al mayor rango de tensión de drenaje permitido con estas partes.

La Fig. 6 muestra el rendimiento anticipado de una única etapa de salida de GaN en la operación multiportadora y con la invención aplicada para mantener la relación C/I constante a 20 dB. En este caso, se mantiene una eficiencia mayor del 45% en un rango dinámico de potencia de salida de casi 4 dB (63 W a 26 W).

La Fig. 7 ilustra el rendimiento anticipado para la misma etapa de salida de GaN en la operación de portadora única en la que, en este caso, la compresión de ganancia ha sido controlada a una constante de 2 dB. Se observa que se mantiene una eficiencia mayor del 56% en un rango de potencia de salida de 126 W a 52 W.

La Fig. 8 ilustra una tercera realización de la invención, en la que el DCS 20 se extiende a su capacidad completa cuando se aplica a un amplificador que funciona en una antena de una matriz en fase de transmisión de satélite móvil. Aquí, se requiere que todos los amplificadores se sigan unos a otros en ganancia y en fase de transmisión en un rango de temperatura y mientras se hacen funcionar a diferentes niveles de excitación de RF. De esta manera, en comparación con la primera realización de la Figura 3, se proporcionan líneas 24, 28 de control que controlan la fase y la pendiente 26, 30

de ganancia. Ahora, el DCS se usa para conseguir el rendimiento indicado en las Figuras 5 a 7 mientras el amplificador se controla simultáneamente en el rango dinámico y la temperatura requeridos:

- ganancia general
 - fase de transmisión
- 5 • amplitud vs. respuesta en frecuencia

En una modificación de la presente invención, un enfoque para conseguir el control de la compresión de ganancia y la eficiencia del amplificador es mediante tele-comando. En este caso, el amplificador muestra la compresión de ganancia y la eficiencia requeridas, pero solo en configuraciones de potencia de salida discretas tele-comandadas. En respuesta a la entrada de tele-comando al EPC 10, el EPC10 cambia la tensión 36 de suministro de drenaje al amplificador 12 de RF a un valor predeterminado. Podrían comandarse varios de estos valores. Esto proporcionaría una forma de control aproximada que puede ser aceptable en algunas circunstancias.

En la práctica, la ganancia del amplificador cambiará cuando se cambia la tensión de drenaje comandada y es posible que esta deba ser compensada. Además, puede necesitarse una compensación de temperatura de la ganancia. Por lo tanto, idealmente, dicha alternativa de tele-comando puede incluir un DCS 20 que incluye una EEPROM 42 para compensar el cambio de ganancia. Si se requiere que el amplificador muestre una ganancia constante y un rendimiento de fase requeridos de la operación en matrices en fase, entonces puede usarse un DCS análogo al de la Figura 8, almacenándose una matriz de corrección de datos EEPROM para cada nivel tele-comandado.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema amplificador para alimentar un elemento de una antena, en el que el sistema amplificador comprende un amplificador de potencia de estado sólido, SSPA, que incluye:
 - 5 unos medios (12) amplificadores de RF montados en una placa de circuito, que tiene una ruta de amplificación de señal que incluye al menos una etapa de salida de potencia;
 - un detector (60) de temperatura montado en una placa de circuito;
 - unos medios (10) de fuente de alimentación para proporcionar un valor variable de tensión de CC para alimentar al menos dicha etapa de salida de potencia de dichos medios amplificadores de RF;
 - 10 unos medios (20) de control para recibir, como una primera entrada de control, una señal de potencia de entrada de dichos medios amplificadores de RF y, como una segunda entrada de control, una señal de temperatura de los medios amplificadores de RF suministrada desde el detector (60) de temperatura,
 - para proporcionar, en respuesta a las entradas de control primera y segunda, una señal de control de tensión a dichos medios de suministro de potencia para determinar el valor de dicha tensión de CC; y
 - 15 en el que dichos medios (20) de control están dispuestos de manera que el valor de dicha tensión de CC a dicha etapa de salida de potencia sea variada para controlar la compresión de ganancia de dichos medios amplificadores de RF para valores variables de dicha señal de potencia de entrada y dicha señal de temperatura para regular al menos una de entre la linealidad del amplificador, la eficacia del amplificador y la disipación térmica de dichos medios amplificadores de RF.
2. Sistema amplificador según la reivindicación 1, en el que la linealidad del amplificador se mantiene constante, o dentro de límites predeterminados, en un rango deseado.
3. Sistema amplificador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos medios (12) amplificadores de RF incluyen una etapa (16) de excitación, en el que dichos medios (10) de suministro de potencia están dispuestos para proporcionar dicho valor variable de tensión de CC a dicha etapa de excitación.
4. Sistema amplificador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los medios de control están dispuestos para proporcionar señales tele-comandadas a dichos medios (10) de fuente de alimentación para determinar el valor de dicha tensión de CC.
5. Sistema amplificador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos medios (12) amplificadores de RF incluyen medios (14) pre-amplificadores que tienen medios (34, 30, 26) para variar al menos una de entre la ganancia del amplificador, la pendiente de ganancia del amplificador y la fase de transmisión, y dichos medios (20) de control proporcionan al menos una señal de salida de control para el control de al menos una de entre la ganancia del amplificador, la pendiente de ganancia del amplificador y la fase de transmisión.
6. Sistema amplificador según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 4, en el que los medios (20) de control incluyen medios (42) de almacenamiento que mantienen una colección de palabras de control que definen los valores de dicha señal de control de tensión para valores variables de dicha señal de potencia de entrada y dicha señal de temperatura.
7. Sistema amplificador según la reivindicación 6, en el que dichos medios (20) de control incluyen medios (40) de circuito para recibir dichas entradas de control de la señal de potencia de entrada y la señal de temperatura y para direccionar, en respuesta a las mismas, dichos medios (42) de almacenamiento para acceder a una de dichas palabras de control, y para proporcionar a dicha señal de control de tensión un valor determinado por dicha palabra de control.
8. Sistema amplificador según la reivindicación 6 o 7, en el que dichos medios amplificadores de RF incluyen medios (14) pre-amplificadores que tienen medios (34, 30, 26) para variar al menos una de entre la ganancia del amplificador, la pendiente de ganancia del amplificador y la fase de transmisión, y dichos medios (20) de control proporcionan al menos una señal de salida de control para el control de al menos una de entre la ganancia del amplificador, la pendiente de ganancia del amplificador y la fase de transmisión.
9. Sistema amplificador según 8, en el que dicha recopilación de palabras de control define valores de dicha una señal de salida de control para valores variables de dicha señal de potencia de entrada y/o dicha señal de temperatura.
10. Sistema amplificador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha etapa (18) de salida de potencia incluye al menos un transistor de potencia.

11. Sistema amplificador según la reivindicación 10, en el que dicho transistor de potencia comprende un FET.

12. Sistema amplificador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos medios (20) de control están montados en la placa de circuito o formados por separado de los medios (12) amplificadores de RF, y dichos medios (10) de suministro de potencia comprenden un acondicionador electrónico de potencia.

5 13. Sistema amplificador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la antena es un elemento único de una antena de múltiples elementos.

10 14. Procedimiento de control de un sistema amplificador para alimentar un elemento de una antena, en el que el sistema amplificador comprende: un amplificador de potencia de estado sólido, SSPA, que incluye unos medios (12) amplificadores de RF montados en una placa de circuito, que tiene una ruta de amplificación de señal que incluye al menos una etapa (18) de salida de potencia y un sensor (60) de temperatura montado en una placa de circuito; unos medios (10) de suministro de potencia para proporcionar una tensión de CC para alimentar al menos dicha etapa (18) de salida de potencia de dichos medios amplificadores de RF; en el que el procedimiento comprende:

15 proporcionar unos medios (20) de control que reciben, como primera entrada de control, una señal de potencia de entrada de dichos medios (12) amplificadores de RF y, como una segunda entrada de control, una señal de temperatura de los medios amplificadores de RF suministrada desde el detector (60) de temperatura, y

variar, en respuesta a dicha señal de potencia de entrada y dicha señal de temperatura, el valor de dicha tensión de CC, para controlar la compresión de ganancia de dichos medios amplificadores de RF para variar los valores de dicha potencia y dicha temperatura de entrada con el fin de regular al menos una de entre la linealidad del amplificador, la eficiencia del amplificador y la disipación térmica de los medios amplificadores de RF.

20

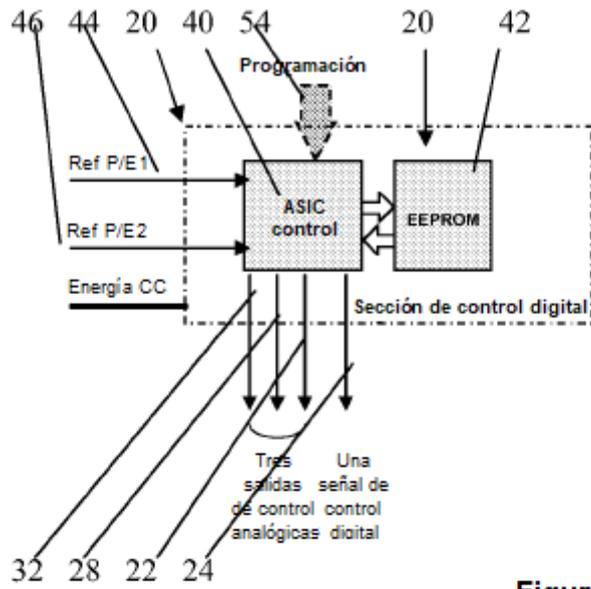


Figura 1.

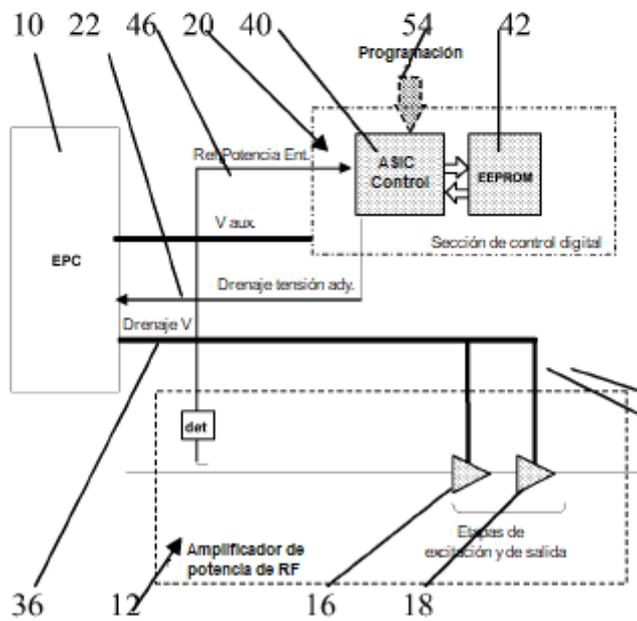


Figura 2.

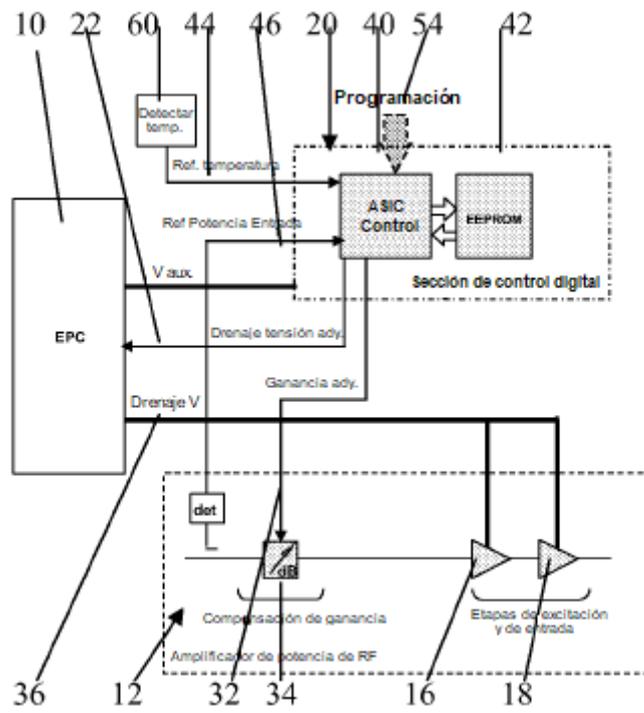


Figura 3.

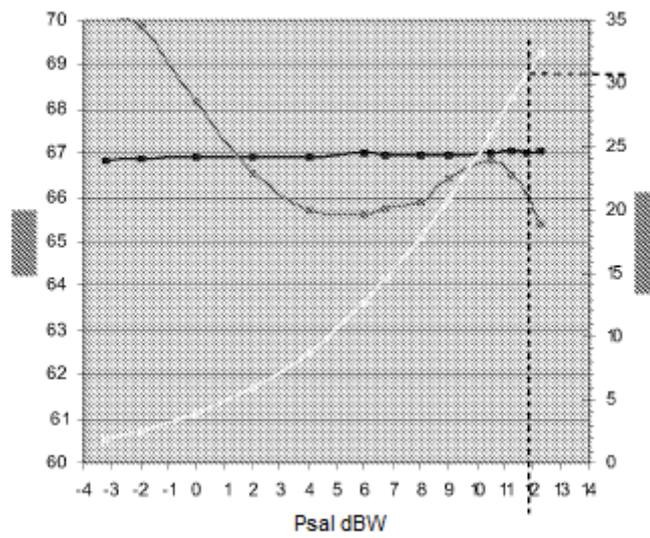


Figura 4.

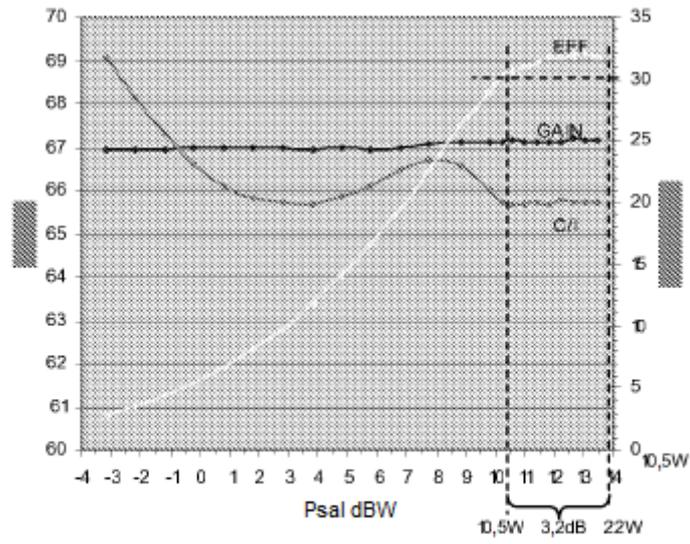


Figura 5.

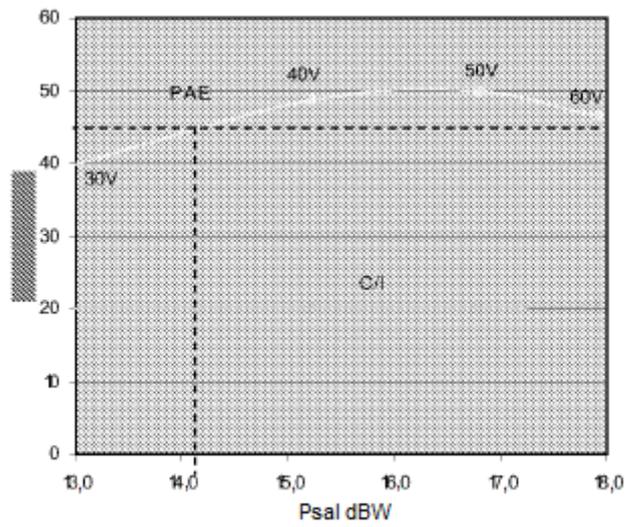


Figura 6.

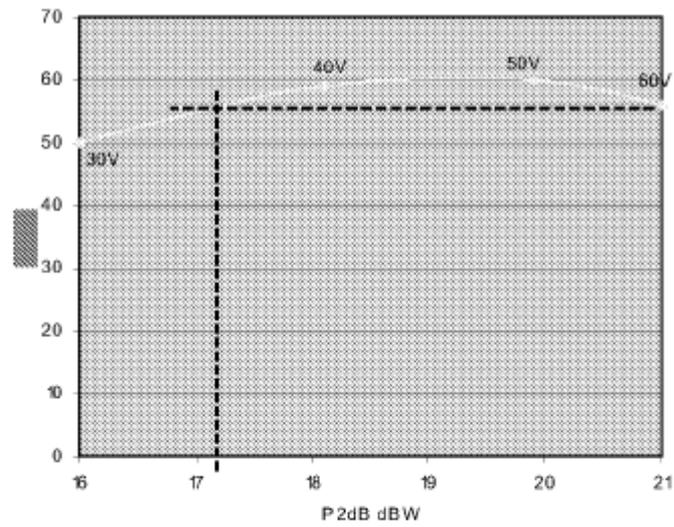


Figura 7.

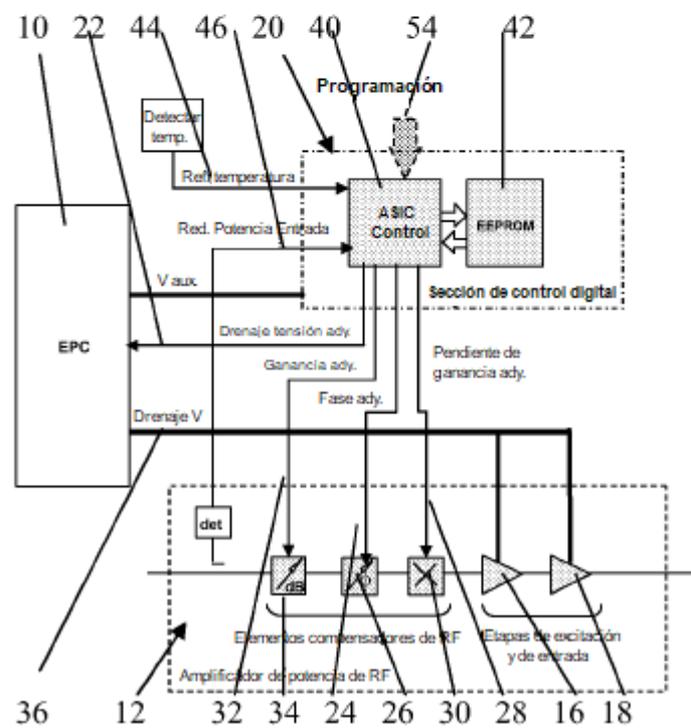


Figura 8.

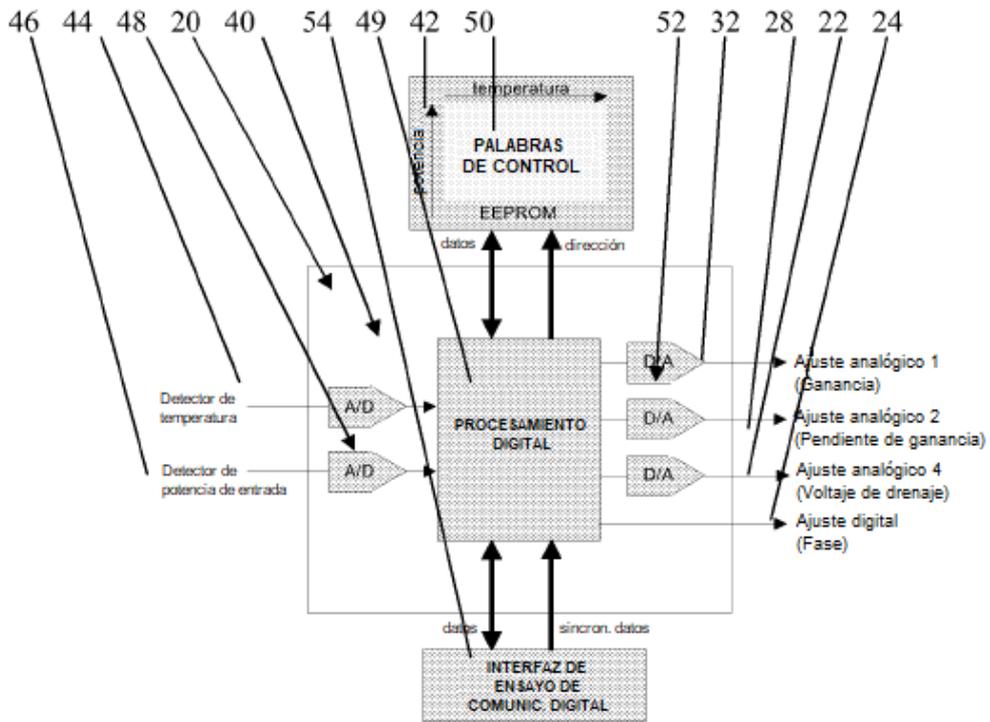


Figura 9.

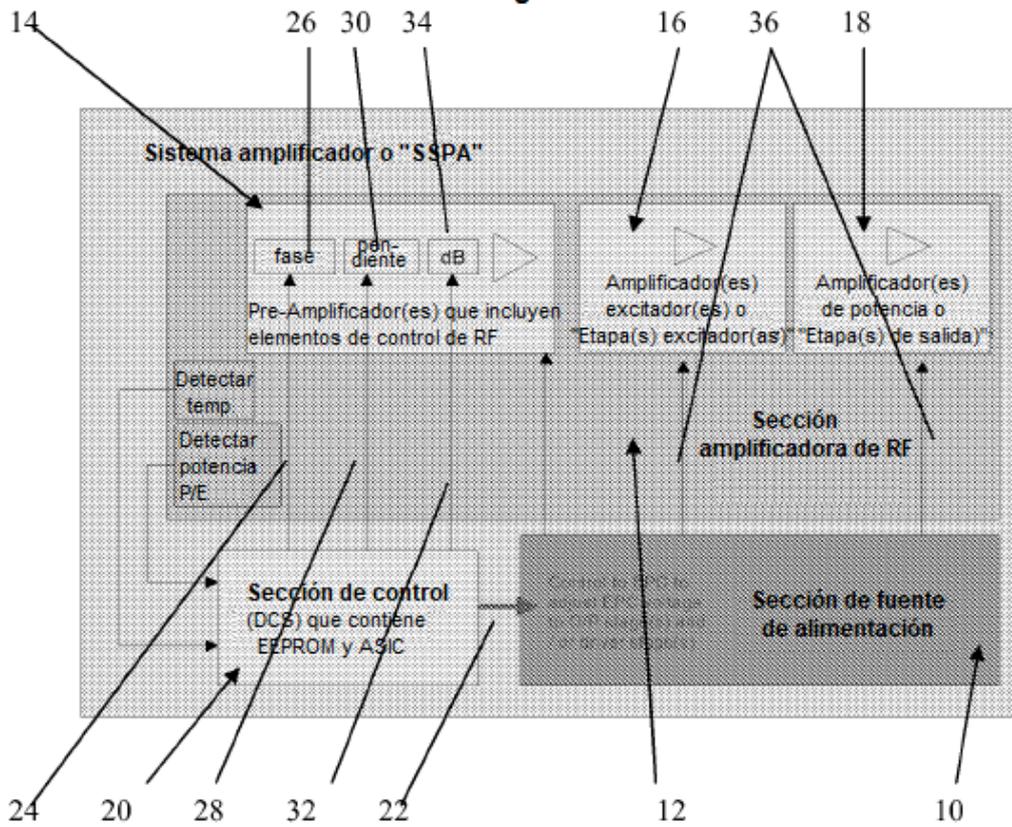


Figura 10.