

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 637 764**

51 Int. Cl.:

H03F 1/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.06.2012 PCT/US2012/043915**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.12.2012 WO12178138**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.06.2012 E 12738270 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.08.2017 EP 2724461**

54 Título: **Rastreador de envoltante de bajo consumo de energía y baja tensión**

30 Prioridad:

23.06.2011 US 201113167659

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

17.10.2017

73 Titular/es:

**QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)
International IP Administration, 5775 Morehouse
Drive
San Diego, CA 92121-1714, US**

72 Inventor/es:

**MATHE, LENNART K.;
MARRA, THOMAS DOMENICK y
SUTTON, TODD R.**

74 Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

ES 2 637 764 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

Rastreador de envolvente de bajo consumo de energía y baja tensión

5 **ANTECEDENTES**

I. Campo

10 La presente divulgación se refiere en general a la electrónica, y más específicamente a las técnicas para generar una fuente de alimentación para un amplificador y/u otros circuitos.

II. Antecedentes

15 En un sistema de comunicación, un transmisor puede procesar (por ejemplo, codificar y modular) datos para generar muestras de salida. El transmisor puede condicionar adicionalmente (por ejemplo, convertir a analógico, filtrar, aumentar la frecuencia y amplificar) las muestras de salida para generar una señal de radiofrecuencia (RF) de salida. El transmisor puede entonces transmitir la señal de RF de salida a través de un canal de comunicación a un receptor. El receptor puede recibir la señal de RF transmitida y realizar el procesamiento complementario en la señal de RF recibida para recuperar los datos transmitidos.

20 El transmisor típicamente incluye un amplificador de potencia (PA) para proporcionar una alta potencia de transmisión para la señal de RF de salida. El amplificador de potencia debe ser capaz de proporcionar una potencia de salida alta y tener una alta eficiencia de potencia añadida (PAE). Además, se puede requerir que el amplificador de potencia tenga un buen rendimiento y una alta PAE incluso con una tensión de batería baja.

25 Las alimentaciones de rastreo de envolvente conmutados / lineales compuestos para amplificadores de potencia RF se conocen a partir del documento IEEE "Cálculo de Desvío Óptimo para Reguladores Lineales de Conmutación Híbridos en Paralelo", de Stauth y Sanders, 22.ª Conferencia de Electrónico de Potencia Aplicada, APEC 2007; y del documento US2005/215209.

30 **RESUMEN**

35 Las técnicas para generar eficientemente una fuente de alimentación para un amplificador de potencia y/u otros circuitos se describen en el presente documento. En un diseño a modo de ejemplo, un aparato (por ejemplo, un circuito integrado, un dispositivo inalámbrico, un módulo de circuito, etc.) puede incluir un amplificador de envolvente y un convertidor de refuerzo. El convertidor de refuerzo puede recibir una primera tensión de alimentación (por ejemplo, una tensión de batería) y generar una tensión de alimentación reforzada que tiene una tensión más alta que la primera tensión de alimentación. El amplificador de envolvente puede recibir una señal de envolvente y la tensión de alimentación reforzada y puede generar una segunda tensión de alimentación basada en la señal de envolvente y la tensión de alimentación reforzada. El aparato puede incluir además un amplificador de potencia, que puede funcionar basándose en la segunda tensión de alimentación del amplificador de envolvente. En un diseño, el amplificador de envolvente puede recibir adicionalmente la primera tensión de alimentación y puede generar la segunda tensión de alimentación basada en la primera tensión de alimentación o la tensión de alimentación reforzada. Por ejemplo, el amplificador de envolvente puede generar la segunda tensión de alimentación (i) basándose en la tensión de alimentación reforzada si la señal de envolvente excede un primer umbral y/o si la primera tensión de alimentación está por debajo de un segundo umbral o (ii) basándose en la primera tensión de alimentación en caso contrario.

50 De acuerdo con la invención, un aparato incluye un conmutador, un amplificador de envolvente y un convertidor de refuerzo. El conmutador recibe una primera tensión de alimentación (por ejemplo, una tensión de batería) y proporciona una primera corriente de alimentación. El amplificador de envolvente recibe una señal de envolvente y proporciona una segunda corriente de alimentación basada en la señal de envolvente. Un amplificador de potencia puede recibir una corriente de alimentación total que comprende la primera corriente de alimentación y la segunda corriente de alimentación. La primera corriente de alimentación puede incluir componentes de corriente continua (CC) y de baja frecuencia. La segunda corriente de alimentación puede incluir componentes de mayor frecuencia. El convertidor de refuerzo recibe la primera tensión de alimentación y proporciona una tensión de alimentación reforzada. El amplificador de envolvente funciona basándose en la primera tensión de alimentación o la tensión de alimentación reforzada.

60 El conmutador detecta una corriente de entrada y genera una señal de conmutación para cargar y descargar un inductor que proporciona una corriente de alimentación. El conmutador añade un desfase a la corriente de entrada para generar una corriente de alimentación mayor que sin el desfase. También se proporciona un procedimiento correspondiente.

65 Varios aspectos y características de esta divulgación se describen con más detalle a continuación.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La FIG. 1 muestra un diagrama de bloques de un dispositivo de comunicación inalámbrica.

Las FIGS. 2A, 2B y 2C muestran diagramas de funcionamiento de un amplificador de potencia basándose en una tensión de batería, un rastreador de potencia media y un rastreador de envolvente, respectivamente.

La FIG. 3 muestra un diagrama esquemático de un conmutador y un amplificador de envolvente.

Las FIGS. 4A, 4B y 4C muestran gráficas de corriente de alimentación de PA y corriente de inductor en función del tiempo para diferentes tensiones de alimentación para el conmutador y el amplificador de envolvente.

La FIG. 5 muestra un diagrama esquemático de un conmutador con desfase en una trayectoria de detección de corriente.

La FIG. 6 muestra un diagrama esquemático de un convertidor de refuerzo.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

La expresión "a modo de ejemplo" se usa en el presente documento para significar "que sirve como ejemplo o como ilustración". Cualquier diseño descrito en el presente documento como "a modo de ejemplo" no ha de interpretarse necesariamente como preferido o ventajoso sobre otros diseños.

Las técnicas para generar una fuente de alimentación para un amplificador y/u otros circuitos se describen en el presente documento. Las técnicas pueden utilizarse también para diversos tipos de amplificadores tales como amplificadores de potencia, amplificadores de accionamiento, etc. Las técnicas también pueden usarse para diversos dispositivos electrónicos tales como dispositivos de comunicación inalámbrica, teléfonos celulares, asistentes digitales personales (PDA), dispositivos portátiles, módems inalámbricos, ordenadores portátiles, teléfonos inalámbricos, dispositivos Bluetooth, dispositivos electrónicos de consumo, etc. Para mayor claridad, se describe a continuación el uso de las técnicas para generar una fuente de alimentación para un amplificador de potencia en un dispositivo de comunicación inalámbrica.

La **FIG. 1** muestra un diagrama de bloques de un diseño de un dispositivo de comunicación inalámbrica 100. Para mayor claridad, solo se muestra una porción de transmisor de dispositivo inalámbrico 100 en la FIG. 1, y no se muestra una porción de receptor. Dentro del dispositivo inalámbrico 100, un procesador de datos 110 puede recibir datos a transmitir, procesar (por ejemplo, codificar, intercalar, y asignar símbolos) los datos y proporcionar símbolos de datos. El procesador de datos 110 también puede procesar el piloto y proporcionar símbolos piloto. El procesador de datos 110 puede procesar también los símbolos de datos y símbolos piloto para acceso múltiple por división de código (CDMA), acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA), FDMA ortogonal (OFDMA), FDMA de una única portadora (SC-FDMA), y/o algún otro esquema de multiplexación y puede proporcionar símbolos de salida.

Un modulador 112 puede recibir los símbolos de salida del procesador de datos 110, realizar modulación en cuadratura, modulación polar o algún otro tipo de modulación, y proporcionar muestras de salida. El modulador 112 también puede determinar la envolvente de las muestras de salida, por ejemplo, calculando la magnitud de cada muestra de salida y promediando la magnitud entre las muestras de salida. El modulador 112 puede proporcionar una señal de envolvente indicativa de la envolvente de las muestras de salida.

Un transmisor de RF 120 puede procesar (por ejemplo, convertir a analógico, amplificar, filtrar y aumentar la frecuencia) las muestras de salida del modulador 112 y proporcionar una señal de RF de entrada (RFin). Un amplificador de potencia (PA) 130 puede amplificar la señal de RF de entrada para obtener el nivel de potencia de salida deseado y proporcionar una señal de RF de salida (RFout), que puede transmitirse a través de una antena (no mostrada en la FIG. 1). El transmisor de RF 120 también puede incluir circuitos para generar la señal de envolvente, en lugar de usar el modulador 112 para generar la señal de envolvente.

Un generador de alimentación de PA 150 puede recibir la señal de envolvente del modulador 112 y puede generar una tensión de fuente de alimentación (Vpa) para el amplificador de potencia 130. El generador de alimentación de PA 150 también puede denominarse rastreador de envolvente. En el diseño mostrado en la FIG. 1, el generador de alimentación de PA 150 incluye un conmutador 160, un amplificador de envolvente (Amp. Env) 170, un convertidor de refuerzo 180 y un inductor 162. El conmutador 160 también puede denominarse fuente de alimentación de modo de conmutación (SMPS). El conmutador 160 recibe una tensión de batería (Vbat) y proporciona una primera corriente de alimentación (Iind) que comprende componentes de CC y de baja frecuencia en el nodo A. El inductor 162 almacena corriente desde el conmutador 160 y proporciona la corriente almacenada al nodo A en ciclos alternos. El convertidor de refuerzo 180 recibe la tensión Vbat y genera una tensión de alimentación reforzada (Vboost) que es superior a la tensión Vbat. El amplificador de envolvente 170 recibe la señal de envolvente en su entrada de señal, recibe la tensión Vbat y la tensión Vboost en sus dos entradas de fuente de alimentación, y proporciona una segunda corriente de alimentación (Ienv) que comprende componentes de alta frecuencia en el nodo A. La corriente de alimentación PA (Ipa) proporcionada al amplificador de potencia 130 incluye la corriente Iind desde el conmutador 160 y la corriente Ienv del amplificador de envolvente 170. El amplificador de envolvente 170 también proporciona la tensión de alimentación de PA apropiada (Vpa) en el Nodo A para el amplificador de potencia 130. Los diferentes circuitos del generador de alimentación de PA 150 se describen con más detalle a continuación.

Un controlador 140 puede controlar el funcionamiento de varias unidades dentro del dispositivo inalámbrico 100. Una memoria 142 puede almacenar códigos de programa y datos para el controlador 140 y/u otras unidades dentro del dispositivo inalámbrico 100. El procesador de datos 110, el modulador 112, el controlador 140 y la memoria 142 pueden implementarse en uno o más circuitos integrados específicos de aplicación (ASIC) y/u otros IC.

La FIG. 1 muestra un ejemplo de diseño del dispositivo inalámbrico 100. El dispositivo inalámbrico 100 también puede implementarse de otras maneras y puede incluir circuitos diferentes a los mostrados en la FIG. 1. La totalidad o una parte del transmisor de RF 120, el amplificador de potencia 130 y el generador de alimentación de PA 150 pueden implementarse en uno o más circuitos integrados (IC) analógicos, IC de RF (RFIC), IC de señal mixta, etc.

Puede ser deseable operar el dispositivo inalámbrico 100 con una tensión de batería baja para reducir el consumo de energía, prolongar la duración de la batería y/u obtener otras ventajas. La nueva tecnología de baterías puede proporcionar energía hasta 2,5 voltios (V) y por debajo en un futuro próximo. Sin embargo, es posible que un amplificador de potencia tenga que funcionar con una tensión de alimentación de PA (por ejemplo, 3,2V) que sea mayor que la tensión de la batería. Se puede usar un convertidor de refuerzo para reforzar la tensión de la batería para generar la tensión de alimentación de PA más alta. Sin embargo, el uso del convertidor de refuerzo para suministrar directamente la tensión de alimentación de PA puede aumentar el coste y el consumo de energía, ambos indeseables.

El generador de alimentación de PA 150 puede generar eficientemente la tensión de alimentación de PA con un rastreo de envolvente para evitar las desventajas de usar un convertidor de refuerzo para proporcionar directamente la tensión de alimentación de PA. El conmutador 160 puede proporcionar la mayor parte de la potencia para el amplificador de potencia 130 y puede estar conectado directamente a la tensión de la batería. El convertidor de refuerzo 180 puede suministrar energía solamente al amplificador de envolvente 170. El generador de alimentación de PA 150 puede generar la tensión de alimentación de PA para rastrear la envolvente de la señal de RFin proporcionada al amplificador de potencia 130, de manera que solo la cantidad apropiada de tensión de alimentación de PA es suministrada al amplificador de potencia 130.

La **FIG. 2A** muestra un diagrama de utilización de una tensión de batería para un amplificador de potencia 210. La señal de RFout (que sigue a la señal de RFin) tiene una envolvente que varía en el tiempo y se muestra mediante un gráfico 250. La tensión de la batería se muestra mediante un gráfico 260 y es mayor que la mayor amplitud de la envolvente para evitar el recorte de la señal de RFout del amplificador de potencia 210. La diferencia entre la tensión de la batería y la envolvente de la señal de RFout representa la energía desperdiciada que es disipada por el amplificador de potencia 210 en lugar de suministrada a una carga de salida.

La **FIG. 2B** muestra un diagrama de generación de una tensión de alimentación de PA (V_{pa}) para el amplificador de potencia 210 con un rastreador de potencia media (APT) 220. El APT 220 recibe una señal de control de potencia que indica la mayor amplitud de la envolvente de la señal de RFout en cada intervalo de tiempo. El APT 220 genera la tensión de alimentación de PA (que se muestra mediante un gráfico 270) para el amplificador de potencia 210 basándose en la señal de control de potencia. La diferencia entre la tensión de alimentación PA y la envolvente de la señal de RFout representa la pérdida de potencia. El APT 220 puede reducir la potencia desperdiciada, ya que puede generar la tensión de alimentación del PA para rastrear la mayor amplitud de la envolvente en cada intervalo de tiempo.

La **FIG. 2C** muestra un diagrama de generación de una tensión de alimentación de PA para el amplificador de potencia 210 con un rastreador de envolvente 230. El rastreador de envolvente 230 recibe una señal de envolvente indicativa de la envolvente de la señal de RFout y genera la tensión de alimentación de PA (que se muestra mediante un gráfico 280) para el amplificador de potencia 210 basado en la señal de envolvente. La tensión de alimentación del PA rastrea de cerca la envolvente de la señal de RFout a lo largo del tiempo. Por lo tanto, la diferencia entre la tensión de alimentación de PA y la envolvente de la señal de RFout es pequeña, lo cual da como resultado una menor pérdida de potencia. El amplificador de potencia se hace funcionar en saturación para todas las amplitudes de la envolvente con el fin de maximizar la eficiencia de la PA.

Generador de alimentación de PA 150 en la FIG. 1 puede implementar el rastreador de envolvente 230 en la FIG. 2C con alta eficiencia. Esto se consigue mediante una combinación de (i) un conmutador eficiente 160 para generar una primera corriente de alimentación (Iind) con una fuente de alimentación de modo conmutado y (ii) un amplificador de envolvente lineal 170 para generar una segunda corriente de alimentación (Ienv).

La **FIG. 3** muestra un diagrama esquemático de un conmutador 160a y un amplificador de envolvente 170a, que son un diseño del conmutador 160 y amplificador de envolvente 170, respectivamente, en la FIG. 1. Dentro del amplificador de envolvente 170a, un amplificador operacional (op-amp) 310 tiene su entrada no inversora que recibe la señal de envolvente, su entrada inversora acoplada a una salida del amplificador de envolvente 170a (que es el nodo E) y su salida acoplada a una entrada de un controlador AB de clase 312. El controlador 312 tiene su primera salida (R1) acoplada a la puerta de un transistor de semiconductor de óxido metálico de canal P (PMOS) 314 y su segunda salida (R2) acoplada a la puerta de un transistor MOS 316 de N canales (NMOS). El transistor NMOS 316

tiene su drenaje acoplado al nodo E y su fuente acoplada a masa de circuito. El transistor PMOS 314 tiene su drenaje acoplado al nodo E y su fuente acoplada a los drenajes de los transistores PMOS 318 y 320. El transistor PMOS 318 tiene su puerta que recibe una señal de control de IC y su fuente que recibe la tensión de Vboost. El transistor PMOS 320 tiene su puerta que recibe una señal de control C2 y su fuente que recibe la tensión Vbat.

Un sensor de corriente 164 está acoplado entre el nodo E y el nodo A y detecta la corriente Ienv proporcionada por el amplificador de envolvente 170a. El sensor 164 pasa la mayor parte de la corriente Ienv al nodo A y proporciona una corriente pequeña detectada (I_{sen}) al conmutador 160a. La corriente I_{sen} es una pequeña fracción de la corriente Ienv del amplificador de envolvente 170a.

Dentro del conmutador 160a, un amplificador de detección de corriente 330 tiene su entrada acoplada al sensor de corriente 164 y su salida acoplada a una entrada de un controlador de conmutación 332. El controlador 332 tiene su primera salida (S1) acoplada a la puerta de un transistor PMOS 334 y su segunda salida (S2) acoplada a la puerta de un transistor NMOS 336. El transistor NMOS 336 tiene su drenaje acoplado a una salida del conmutador 160a (que es el nodo B) y su fuente acoplada a masa de circuito. El transistor PMOS 334 tiene su drenaje acoplado al nodo B y su fuente que recibe la tensión Vbat. El inductor 162 está acoplado entre los nodos A y B.

El conmutador 160a funciona de la forma siguiente. El conmutador 160a está en un estado de encendido cuando el sensor de corriente 164 detecta una corriente de salida alta del amplificador de envolvente 170a y proporciona una tensión de baja detección al controlador 332. El controlador 332 proporciona entonces una baja tensión a la puerta del transistor PMOS 334 y una baja tensión a la puerta del transistor NMOS 336. El transistor PMOS 334 se enciende y acopla la tensión Vbat al inductor 162, que almacena energía desde la tensión Vbat. El inductor de corriente 162 sube durante el estado On, siendo la velocidad del aumento dependiente de (i) la diferencia entre la tensión Vbat y la tensión Vpa en el nodo A y (ii) la inductancia del inductor 162. Por el contrario, el conmutador 160a está en estado de apagado cuando el sensor de corriente 164 detecta una corriente de salida baja del amplificador de envolvente 170a y proporciona una tensión de alta sensibilidad al controlador 332. El controlador 332 proporciona entonces una alta tensión a la puerta del transistor PMOS 334 y una alta tensión a la puerta del transistor NMOS 336. El transistor NMOS 336 se activa, y el inductor 162 se acopla entre el nodo A y la masa del circuito. El inductor de corriente 162 cae durante el estado Off, siendo la velocidad de la caída dependiente de la tensión Vpa en el nodo A y de la inductancia del inductor 162. La tensión Vbat proporciona así corriente al amplificador de potencia 130 a través del inductor 162 durante el estado On, y el inductor 120 proporciona su energía almacenada al amplificador de potencia 130 durante el estado Off.

En un diseño, el amplificador de envolvente 170a funciona basándose en la tensión Vboost solo cuando es necesario y basándose en la tensión Vbat el tiempo restante con el fin de mejorar la eficiencia. Por ejemplo, el amplificador de envolvente 170a puede proporcionar aproximadamente el 85 % de la potencia basada en la tensión de Vbat y solo aproximadamente el 15 % de la potencia basada en la tensión de Vboost. Cuando se necesita una alta tensión Vpa para el amplificador de potencia 130 debido a una gran envolvente en la señal de RFout, la señal de control C1 está en lógica baja, y la señal de control C2 está en lógica alta. En este caso, el convertidor de refuerzo 180 está habilitado y genera la tensión Vboost, el transistor PMOS 318 se activa y proporciona la tensión Vboost a la fuente del transistor PMOS 314 y el transistor PMOS 320 se apaga. A la inversa, cuando no se necesita una tensión Vpa alta para el amplificador de potencia 130, la señal de control C1 está en lógica alta y la señal de control C2 está en la lógica baja. En este caso, se desactiva el convertidor de refuerzo 180, el transistor PMOS 318 se apaga y el transistor PMOS 320 se enciende y proporciona la tensión Vbat a la fuente del transistor PMOS 314.

El amplificador de envolvente 170a funciona de la forma siguiente. Cuando la señal de envolvente aumenta, la salida del amplificador op 310 aumenta, la salida R1 del controlador 312 se reduce y la salida R2 del controlador 312 se reduce hasta que el transistor NMOS 316 está casi apagado, y la salida del amplificador de envolvente 170a aumenta. La inversa es verdadera cuando la señal de envolvente se reduce. La retroalimentación negativa desde la salida del amplificador de envolvente 170a a la entrada inversora del amplificador operacional 310 da como resultado que el amplificador de envolvente 170a tenga ganancia unitaria. Por lo tanto, la salida del amplificador de envolvente 170a sigue la señal de envolvente, y la tensión de Vpa es aproximadamente igual a la señal de envolvente. El controlador 312 se puede implementar con un amplificador de clase AB para mejorar la eficiencia, de manera que se pueden suministrar grandes corrientes de salida aunque la corriente de polarización en los transistores 314 y 316 es muy baja.

Un generador de señal de control 190 recibe la señal de envolvente y la tensión Vbat y genera las señales de control C1 y C2. La señal de control C1 es complementaria a la señal de control C2. En un diseño, el generador 190 genera las señales de control C1 y C2 para seleccionar la tensión de Vboost para el amplificador de envolvente 170 cuando la magnitud de la señal de envolvente excede un primer umbral. El primer umbral puede ser un umbral fijo o puede determinarse basándose en la tensión Vbat. En otro diseño, el generador 190 genera las señales de control C1 y C2 para seleccionar la tensión de Vboost para el amplificador de envolvente 170 cuando la magnitud de la señal de envolvente excede el primer umbral y la tensión de Vbat está por debajo de un segundo umbral. El generador 190 también puede generar las señales C1 y C2 basadas en otras señales, otras tensiones y/u otros criterios.

La FIG. 3 muestra un ejemplo de diseño del conmutador 160 y del amplificador de envolvente 170 en la FIG. 1. El

conmutador 160 y el amplificador de envolvente 170 también pueden implementarse de otras maneras. Por ejemplo, el amplificador de envolvente 170 puede ser implementado como se describe en la Patente de Estados Unidos N.º 6 300 826, titulada "Aparato y Procedimiento para Ampliar Eficazmente Señales de Envolvente de Banda Ancha", publicada el 9 de octubre de 2001.

El conmutador 160a tiene una alta eficiencia y proporciona la mayor parte de la corriente de alimentación para el amplificador de potencia 130. El amplificador de envolvente 170a funciona como una etapa lineal y tiene un ancho de banda relativamente alto (por ejemplo, en el intervalo de MHz). El conmutador 160a funciona para reducir la corriente de salida del amplificador de envolvente 170a, lo cual mejora la eficiencia global.

Puede ser deseable soportar el funcionamiento del dispositivo inalámbrico 100 con una tensión de batería baja (por ejemplo, por debajo de 2,5 V). Esto puede lograrse accionando el conmutador 160 basado en la tensión Vbat y el amplificador de envolvente de funcionamiento 170 basado en la tensión Vboost más alta. Sin embargo, la eficiencia puede mejorarse haciendo funcionar el amplificador de envolvente 170 basándose en la tensión de Vboost solo cuando sea necesario para una envolvente de gran amplitud y basándose en la tensión Vbat el tiempo restante, como se muestra en la FIG. 3 y se ha descrito anteriormente.

La FIG. 4A muestra gráficas de un ejemplo de la corriente de alimentación PA (Ipa) y de la corriente inductora (Iind) del inductor 162 frente al tiempo para un caso en el que el conmutador 160a tiene una tensión de alimentación (Vsw) de 3,7 V y el amplificador de envolvente 170a tiene una tensión de alimentación (Venv) de 3,7 V. La corriente Iind es la corriente que pasa por el inductor 162 y está representada por una trama 410. La corriente Ipa es la corriente suministrada al amplificador de potencia 130 y está representada por un gráfico 420. La corriente Ipa incluye la corriente Iind así como la corriente Ienv del amplificador de envolvente 170a. El amplificador de envolvente 170a proporciona corriente de salida siempre que la corriente Ipa sea mayor que la corriente Iind. La eficiencia del conmutador 160a y del amplificador de envolvente 170a es de aproximadamente 80 % en un diseño a modo de ejemplo.

La FIG. 4B muestra gráficas de la corriente de alimentación PA (Ipa) y la corriente del inductor (Iind) frente al tiempo para un caso en el que el conmutador 160a tiene una tensión de alimentación de 2,3 V y el amplificador de envolvente 170a tiene una tensión de alimentación de 3,7 V. La corriente Iind se muestra mediante una trama 412, y la corriente Ipa se muestra mediante la trama 420. Cuando la tensión de alimentación del conmutador 160a se reduce a 2,3 V, el inductor 162 se carga más lentamente, lo cual da como resultado una corriente de Iind media más baja en comparación con el caso en el que la tensión de alimentación del conmutador 160a está a 3,7 V en la FIG. 4A. La corriente de Iind hace que el amplificador de envolvente 170a proporcione más de la corriente Ipa. Esto reduce el rendimiento total a aproximadamente el 65 % en un diseño a modo de ejemplo porque el amplificador de envolvente 170a es menos eficiente que el conmutador 160a. La reducción de la eficiencia puede mejorarse aumentando la corriente de Iind desde el conmutador.

La FIG. 5 muestra un diagrama esquemático de un conmutador 160b, que es otro diseño del conmutador 160 en la FIG. 1. El conmutador 160b incluye amplificador de detección de corriente 330, controlador 332 y transistores MOS 334 y 336, que están acoplados como se ha descrito anteriormente para el conmutador 160a en la FIG. 3. El conmutador 160b incluye además un sumador de corriente 328 que tiene una primera entrada acoplada al sensor de corriente 164, una segunda entrada que recibe un desfase (por ejemplo, una corriente compensadora) y una salida acoplada a la entrada del amplificador de detección de corriente 330. El sumador 328 se puede implementar con un circuito sumador (por ejemplo, un amplificador), un nodo de suma, etc.

El conmutador 160b funciona de la forma siguiente. El sumador 328 recibe la corriente I_{sen} del sensor de corriente 164, añade una corriente compensadora y proporciona una corriente sumada que es inferior a la corriente I_{sen} en la corriente compensadora. Los circuitos restantes dentro del conmutador 160b funcionan como se ha descrito anteriormente para el conmutador 160a en la FIG. 3. El sumador 328 reduce intencionalmente la corriente I_{sen} proporcionada al amplificador de detección de corriente 330, de manera que el conmutador 160 se enciende durante un período de tiempo más largo y puede proporcionar una corriente I_{ind} más grande, que es parte de la corriente Ipa proporcionada al amplificador de potencia 130. El desfase proporcionado al sumador 328 determina la cantidad en la cual la corriente I_{ind} es aumentada por el conmutador 160b con respecto a la corriente I_{ind} proporcionada por el conmutador 160a en la FIG. 3.

En general, se puede utilizar un desfase progresivamente mayor para generar una corriente de inductor progresivamente mayor que sin el desfase. En un diseño, el desfase puede ser un valor fijo seleccionado para proporcionar un buen rendimiento, por ejemplo, una buena eficiencia. En otro diseño, el desfase puede determinarse basándose en la tensión de la batería. Por ejemplo, se puede utilizar un desfase progresivamente mayor para una tensión de batería progresivamente más baja. El desfase también se puede determinar basándose en la señal de envolvente y/u otra información.

Se puede añadir un desfase para aumentar la corriente del inductor a través del sumador 328, como se muestra en la FIG. 5. También se puede añadir un desfase aumentando la anchura de impulso de una señal de salida desde el amplificador de detección de corriente a través de cualquier mecanismo adecuado.

La **FIG. 4C** muestra gráficas de la corriente de alimentación PA (I_{pa}) y de la corriente del inductor (I_{ind}) en función del tiempo para un caso en el que el conmutador 160b en la FIG. 5 tiene una tensión de alimentación de 2,3 V y el amplificador de envolvente 170a tiene una tensión de alimentación de 3,7 V. La corriente I_{ind} se muestra mediante una trama 414, y la corriente I_{pa} se muestra mediante la trama 420. Cuando la tensión de alimentación del conmutador 160b se reduce a 2,3 V, el inductor 162 se carga más lentamente, lo cual da lugar a una corriente I_{ind} inferior como se muestra en la FIG. 4B. El desfase sumado por el sumador 328 en la FIG. 5 reduce la corriente detectada proporcionada al amplificador de detección de corriente 330 y da como resultado que el conmutador 160b se encienda durante más rato. Por lo tanto, el conmutador 160b con desfase en la FIG. 5 puede proporcionar una corriente I_{ind} más alta que el conmutador 160a sin desfase en la FIG. 3. La eficacia global para el conmutador 160b y el amplificador de envolvente 170a se mejora hasta aproximadamente un 78 % en un diseño a modo de ejemplo.

La **FIG. 6** muestra un diagrama esquemático de un diseño del convertidor de refuerzo 180 en las FIGS. 1, 3 y 5. Dentro del convertidor de refuerzo 180, un inductor 612 tiene un extremo que recibe la tensión V_{bat} y el otro extremo acoplado al nodo D. Un transistor NMOS 614 tiene su fuente acoplada a masa de circuito, recibiendo su puerta una señal de control C_b y su drenaje acoplado al nodo D. Un diodo 616 tiene su ánodo acoplado al nodo D y su cátodo acoplado a la salida del convertidor de refuerzo 180. Un condensador 618 tiene un extremo acoplado a masa de circuito y el otro extremo acoplado a la salida del convertidor de refuerzo 180.

El convertidor de refuerzo 180 funciona de la siguiente manera. En un estado On, el transistor NMOS 614 está cerrado, el inductor 612 está acoplado entre la tensión V_{bat} y la masa del circuito, y la corriente a través del inductor 612 aumenta. En un estado Off, se abre el transistor NMOS 614 y la corriente desde el inductor 612 fluye a través del diodo 616 hasta el condensador 618 y una carga en la salida del convertidor de refuerzo 180 (no mostrado en la FIG. 6). La tensión de V_{boost} puede expresarse como:

$$V_{boost} = V_{bat} \cdot \frac{1}{1 - \text{Duty_Cycle}}, \quad \text{Ec (1)}$$

donde Duty_Cycle es el ciclo de trabajo en el que se activa el transistor NMOS 614. El ciclo de trabajo puede seleccionarse para obtener la tensión deseada de V_{boost} y para asegurar el funcionamiento correcto del convertidor de refuerzo 180.

Las técnicas descritas en el presente documento permiten que un rastreador de envolvente funcione a una tensión de batería más baja (por ejemplo, 2,5 V o inferior). El rastreador de envolvente incluye el conmutador 160 y el amplificador de envolvente 170 para el diseño mostrado en la FIG. 1. En un diseño de funcionamiento de soporte con una tensión de batería más baja, como se muestra en la FIG. 3, el conmutador 160 está conectado a la tensión V_{bat} y el amplificador de envolvente 170 está conectado a la tensión V_{bat} o la tensión V_{boost} . El conmutador 160 proporciona energía la mayor parte del tiempo, y el amplificador de envolvente 170 proporciona energía durante los picos en la envolvente de la señal de RFout. La eficacia global del rastreador de envolvente se reduce mediante la eficiencia del convertidor de refuerzo 180 (que puede ser aproximadamente un 85 %) solo durante el tiempo en que el amplificador de envolvente 170 proporciona potencia.

En otro diseño de funcionamiento de soporte con una tensión de batería más baja, todo el rastreador de envolvente se acciona basándose en la tensión V_{boost} del convertidor de refuerzo 180. En este diseño, el convertidor de refuerzo 180 proporciona una corriente alta requerida por el amplificador de potencia 130 (que puede ser más de un Amperio), y la eficiencia se reduce por el rendimiento del convertidor de refuerzo 180 (que puede ser aproximadamente un 85 %).

En otro diseño de funcionamiento de soporte con una tensión de batería más baja, se utiliza un conmutador de transistor de efecto de campo (FET) para conectar el rastreador de envolvente a (i) la tensión de V_{bat} cuando la tensión de V_{bat} es mayor que una tensión de V_{thresh} o (ii) la tensión V_{boost} cuando la tensión V_{bat} es menor que la tensión V_{thresh} . La eficiencia sería entonces reducida por las pérdidas en el interruptor FET. Sin embargo, se puede obtener una mejor eficiencia para el amplificador de envolvente 170 debido a una tensión de entrada más baja.

En un ejemplo de diseño, un aparato (por ejemplo, un circuito integrado, un dispositivo inalámbrico, un módulo de circuito, etc.) puede comprender un amplificador de envolvente y un convertidor de refuerzo, por ejemplo, como se muestra en las FIGS. 1 y 3. El convertidor de refuerzo puede recibir una primera tensión de alimentación y generar una tensión de alimentación reforzada que tiene una tensión más alta que la primera tensión de alimentación. La primera tensión de alimentación puede ser una tensión de batería, una tensión de entrada de línea o alguna otra tensión disponible para el aparato. El amplificador de envolvente puede recibir una señal de envolvente y la tensión de alimentación reforzada y puede generar una segunda tensión de alimentación (por ejemplo, la tensión V_{pa} de la FIG. 3) basándose en la señal de envolvente y la tensión de alimentación reforzada. El aparato puede comprender además un amplificador de potencia, que puede funcionar basándose en la segunda tensión de alimentación del amplificador de envolvente. El amplificador de potencia puede recibir y amplificar una señal de RF de entrada y proporcionar una señal de RF de salida.

5 En un diseño, el amplificador de envolvente puede recibir adicionalmente la primera tensión de alimentación y puede generar la segunda tensión de alimentación basándose en la primera tensión de alimentación o la tensión de alimentación reforzada. Por ejemplo, el amplificador de envolvente puede generar la segunda tensión de alimentación (i) basándose en la tensión de alimentación reforzada si la señal de envolvente excede un primer umbral o si la primera tensión de alimentación está por debajo de un segundo umbral o ambas o (ii) basándose en la primera tensión de alimentación de otra manera.

10 En un diseño, el amplificador de envolvente puede incluir un amplificador operacional, un controlador, un transistor PMOS y un transistor NMOS, por ejemplo, el amplificador op. 310, el controlador 312, el transistor PMOS 314 y el transistor NMOS 316 en la FIG. 3. El amplificador operacional puede recibir la señal de envolvente y proporcionar una señal amplificada. El controlador puede recibir la señal amplificada y proporcionar una primera señal de control (R1) y una segunda señal de control (R2). El transistor PMOS puede tener una puerta que recibe la primera señal de control, una fuente que recibe la tensión de alimentación reforzada o la primera tensión de alimentación y un drenaje que proporciona la segunda tensión de alimentación. El transistor NMOS puede tener una puerta que recibe la segunda señal de control, un drenaje que proporciona la segunda tensión de alimentación y una fuente acoplada a la masa del circuito. El amplificador de envolvente puede comprender además el segundo y tercer transistores PMOS (por ejemplo, transistores PMOS 318 y 320). El segundo transistor PMOS puede tener una puerta que recibe una tercera señal de control (C1), una fuente que recibe la tensión de alimentación reforzada y un drenaje acoplado a la fuente del transistor PMOS. El tercer transistor PMOS puede tener una puerta que recibe una cuarta señal de control (C2), una fuente que recibe la primera tensión de alimentación y un drenaje acoplado a la fuente del transistor PMOS.

25 En otro ejemplo de diseño, un aparato (por ejemplo, un circuito integrado, un dispositivo inalámbrico, un módulo de circuito, etc.) puede comprender un conmutador, un amplificador de envolvente y un amplificador de potencia, por ejemplo, como se muestra en las FIGs. 1 y 3. El conmutador puede recibir una primera tensión de alimentación (por ejemplo, una tensión de batería) y proporcionar una primera corriente de alimentación (por ejemplo, la corriente I_{ind} en la FIG. 3). El amplificador de envolvente puede recibir una señal de envolvente y proporcionar una segunda corriente de alimentación (por ejemplo, la corriente I_{env}) basada en la señal de envolvente. El amplificador de potencia puede recibir una corriente de alimentación total (por ejemplo, la corriente I_{pa}) que comprende la primera corriente de alimentación y la segunda corriente de alimentación. La primera corriente de alimentación puede comprender componentes de CC y baja frecuencia. La segunda corriente de alimentación puede comprender componentes de frecuencia más alta. El aparato puede comprender además un convertidor de refuerzo, que puede recibir la primera tensión de alimentación y proporcionar una tensión de alimentación reforzada que tiene una tensión más alta que la primera tensión de alimentación. El amplificador de envolvente puede funcionar basándose en la primera tensión de alimentación o la tensión de alimentación reforzada.

40 En un diseño, el conmutador puede comprender un amplificador de detección de corriente, un controlador, un transistor PMOS y un transistor NMOS, por ejemplo, un amplificador de detección de corriente 330, un controlador 332, un transistor PMOS 334 y un transistor NMOS 336 en la FIG. 3. El amplificador de detección de corriente puede detectar la primera corriente de alimentación, o la segunda corriente de alimentación (por ejemplo, como se muestra en la FIG. 3), o la corriente de alimentación total y puede proporcionar una señal detectada. El controlador puede recibir la señal detectada y proporcionar una primera señal de control (S1) y una segunda señal de control (S2). El transistor PMOS puede tener una puerta que recibe la primera señal de control, una fuente que recibe la primera tensión de alimentación y un drenaje que proporciona una señal de conmutación para un inductor que proporciona la primera corriente de alimentación. El transistor NMOS puede tener una puerta que reciba la segunda señal de control, un drenaje que proporciona la señal de conmutación y una fuente acoplada a la masa del circuito. El inductor (por ejemplo, el inductor 162) puede acoplarse a los drenajes del transistor PMOS y el transistor NMOS puede recibir la señal de conmutación en un extremo y puede proporcionar la primera corriente de alimentación en el otro extremo.

55 En otro diseño a modo de ejemplo, un aparato (por ejemplo, un circuito integrado, un dispositivo inalámbrico, un módulo de circuito, etc.) puede comprender un conmutador, por ejemplo, el conmutador 160b en la FIG. 5. El conmutador puede detectar una corriente de entrada (por ejemplo, la corriente I_{env} en la FIG. 5) y generar una señal de conmutación para cargar y descargar un inductor que proporciona una corriente de alimentación (por ejemplo, la corriente I_{ind}). El conmutador puede añadir un desfase a la corriente de entrada para generar una corriente de alimentación mayor que sin el desfase. El conmutador puede funcionar basándose en una primera tensión de alimentación (por ejemplo, una tensión de batería). En un diseño, el desfase puede determinarse basándose en la primera tensión de alimentación. Por ejemplo, se puede usar un desfase mayor para una primera tensión de alimentación más pequeña, y viceversa.

65 En un diseño, el conmutador puede comprender un sumador, un amplificador de detección de corriente y un controlador, por ejemplo, el sumador 328, el amplificador de detección de corriente 330 y el controlador 332 en la FIG. 5. El sumador puede sumar la corriente de entrada y una corriente compensadora y proporcionar una corriente sumada. El amplificador de detección de corriente puede recibir la corriente sumada y proporcionar una señal detectada. El conductor puede recibir la señal detectada y proporcionar al menos una señal de control utilizada para

generar la señal de conmutación. En un diseño, la al menos una señal de control puede comprender una primera señal de control (S1) y una segunda señal de control (S2), y el conmutador puede comprender además un transistor PMOS y un transistor NMOS, por ejemplo, un transistor PMOS 334 y un transistor NMOS 336 en la FIG. 5. El transistor PMOS puede tener una puerta que recibe la primera señal de control, una fuente que recibe la primera tensión de alimentación y un drenaje que proporciona la señal de conmutación. El transistor NMOS puede tener una puerta que reciba la segunda señal de control, un drenaje que proporciona la señal de conmutación y una fuente acoplada a la masa del circuito.

En un diseño, el aparato puede comprender además un amplificador de envolvente, un convertidor de refuerzo y un amplificador de potencia. El amplificador de envolvente puede recibir una señal de envolvente y proporcionar una segunda corriente de alimentación (por ejemplo, la corriente I_{env} en la FIG. 5) basándose en la señal de envolvente. El convertidor de refuerzo puede recibir la primera tensión de alimentación y proporcionar una tensión de alimentación reforzada. El amplificador de envolvente puede funcionar basándose en la primera tensión de alimentación o la tensión de alimentación reforzada. El amplificador de potencia puede recibir una corriente de alimentación total (por ejemplo, la corriente I_{pa}) que comprende la corriente de alimentación del conmutador y la segunda corriente de alimentación del amplificador de envolvente.

Los circuitos (por ejemplo, el amplificador de envolvente, el conmutador, el convertidor de refuerzo, etc.) descritos en el presente documento pueden implementarse en un IC, un IC analógico, un RF IC (RFIC), un IC de señal mixta, un ASIC, una placa de circuitos impresos (PCB), un dispositivo electrónico, etc. Los circuitos puede estar fabricados con diversas tecnologías de procesos de IC como semiconductor de óxido metálico complementario (CMOS), NMOS, PMOS, transistor de unión bipolar (BJT), CMOS bipolar (BiCMOS), silicio germanio (SiGe), arseniuro de galio (GaAs), etc.

Un aparato que implementa cualquiera de los circuitos descritos en el presente documento puede ser un dispositivo autónomo o puede ser parte de un dispositivo más grande. Un dispositivo puede ser (i) un IC autónomo, (ii) un conjunto de uno o más IC que pueden incluir circuitos integrados de memoria para almacenar datos y/o instrucciones, (iii) un RFIC tal como un receptor de RF (RFR) o Un transmisor / receptor RF (RTR), (iv) un ASIC tal como un módem de estación móvil (MSM), (v) un módulo que puede estar embebido dentro de otros dispositivos, (vi) un receptor, teléfono celular, dispositivo inalámbrico, o unidad móvil, (vii), etc.

La descripción anterior de la divulgación se proporciona para permitir que cualquier experto en la técnica haga o use la presente divulgación. Varias modificaciones de la divulgación resultarán fácilmente evidentes para los expertos en la técnica, y los principios genéricos definidos en el presente documento pueden aplicarse a otras variaciones sin apartarse del alcance de la divulgación. La invención se define por las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (150) que comprende:

5 un inductor (162) operativo para recibir una señal de conmutación y proporcionar una corriente de alimentación;
 un conmutador (160b) operativo para detectar una corriente de entrada (I_{sen}) y generar la señal de conmutación para cargar y descargar el inductor para proporcionar la corriente de alimentación, el conmutador (160b) añadiendo un desfase a la corriente de entrada para generar una corriente de
 10 alimentación más grande mediante el inductor que sin el desfase
 un amplificador de envolvente (170a) operativo para recibir una señal de envolvente y proporcionar una segunda corriente de alimentación (I_{env}) basada en la señal de envolvente, en la que una corriente de alimentación total (I_{pa}) comprende la corriente de alimentación desde el conmutador (160b) y la segunda corriente de alimentación desde el amplificador de envolvente (170a); y
 15 un convertidor de refuerzo (180) operativo para recibir una primera tensión de alimentación y proporcionar una tensión de alimentación reforzada que tiene una tensión más alta que la primera tensión de alimentación, en la que el amplificador de envolvente funciona selectivamente basándose en la primera tensión de alimentación o la tensión de alimentación reforzada.

20 2. El aparato (150) de la reivindicación 1, en el que el conmutador (160b) funciona basándose en la primera tensión de alimentación, y en el que el desfase se determina basándose en la primera tensión de alimentación.

3. El aparato (150) de la reivindicación 1, en el que el conmutador comprende

25 un sumador (328) operativo para sumar la corriente de entrada y una corriente compensadora y proporcionar una corriente sumada,
 un amplificador de detección de corriente (330) operativo para recibir la corriente sumada y proporcionar una señal detectada, y
 un controlador (332) operativo para recibir la señal detectada y proporcionar al menos una señal de control
 30 utilizada para generar la señal de conmutación para el inductor.

4. El aparato (150) de la reivindicación 3, en el que la al menos una señal de control comprende una primera señal de control y una segunda señal de control, y en el que el conmutador (160b) comprende además

35 un semiconductor de óxido metálico de P canales, PMOS, un transistor (334) que tiene una puerta que recibe la primera señal de control, una fuente que recibe una primera tensión de alimentación y un drenaje que proporciona la señal de conmutación, y
 un semiconductor de óxido metálico de N canales, NMOS, un transistor (336) que tiene una puerta que recibe la segunda señal de control, un drenaje que proporciona la señal de conmutación y una fuente acoplada a
 40 masa de circuito.

5. El aparato (150) de la reivindicación 1, que comprende además:

45 un amplificador de potencia (130) que funciona para recibir la corriente de alimentación desde el inductor y para recibir y amplificar una señal de radiofrecuencia, RF, de entrada y proporcionar una señal de RF de salida.

6. Un procedimiento para generar tensiones de alimentación, que comprende:

50 recibir una señal de conmutación en un inductor (162) y proporcionar una corriente de alimentación (I_{ind});
 detectar una corriente de entrada (I_{sen}) en un conmutador (160b) y generar la señal de conmutación para cargar y descargar el inductor para proporcionar la corriente de alimentación (I_{ind}), en el que el conmutador (160b) añade un desfase a la corriente de entrada para generar una corriente de alimentación más grande a través del inductor que sin el desfase;
 55 recibir una señal de envolvente en un amplificador de envolvente (170a) y proporcionar una segunda corriente de alimentación (I_{env}) basada en la señal de envolvente, en la que una corriente de alimentación total (I_{pa}) comprende la corriente de alimentación desde el conmutador (160b) y la segunda corriente de alimentación (I_{env}) del amplificador de envolvente (170a); y
 recibir una primera tensión de alimentación en un convertidor de refuerzo (180) y proporcionar una tensión de alimentación reforzada que tiene una tensión más alta que la primera tensión de alimentación, en la que el
 60 amplificador de envolvente funciona selectivamente basándose en la primera tensión de alimentación o la tensión de alimentación reforzada.

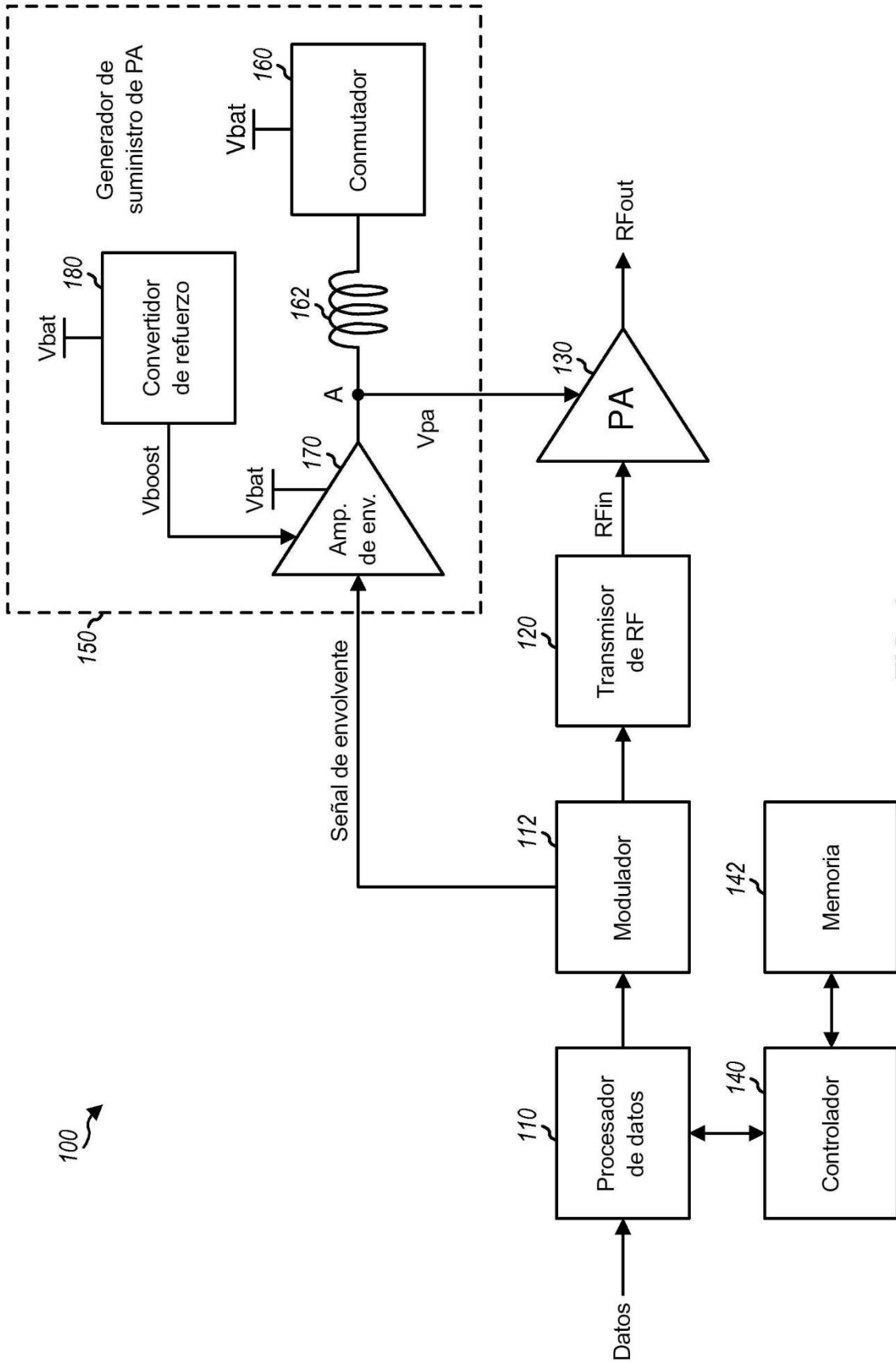


FIG. 1

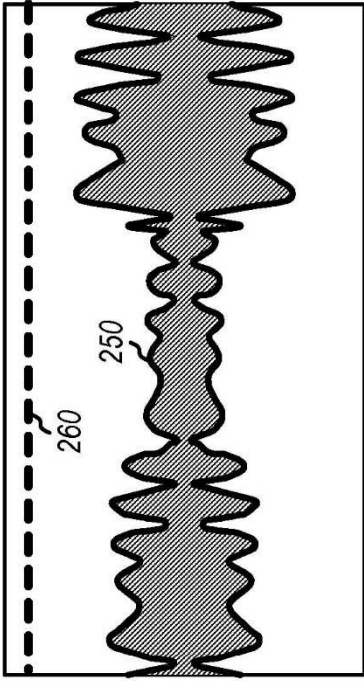


FIG. 2A

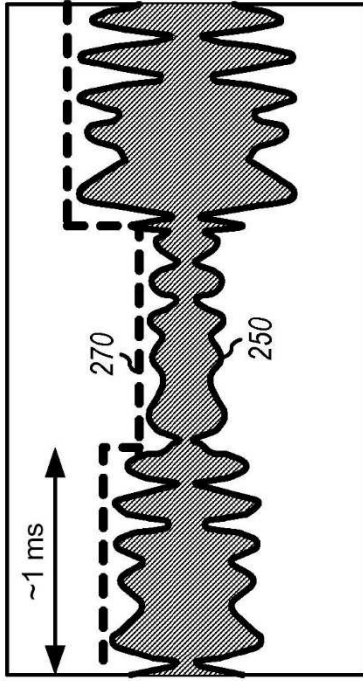


FIG. 2B

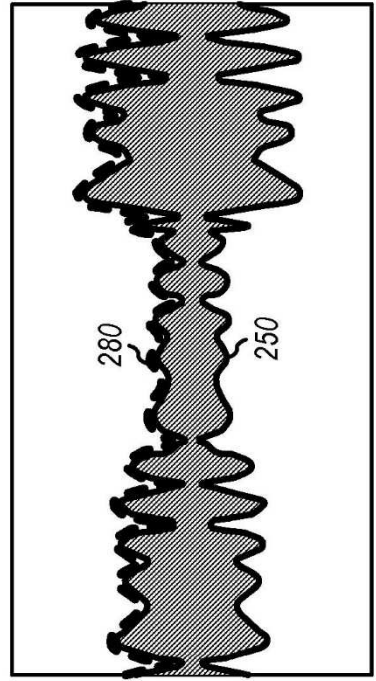
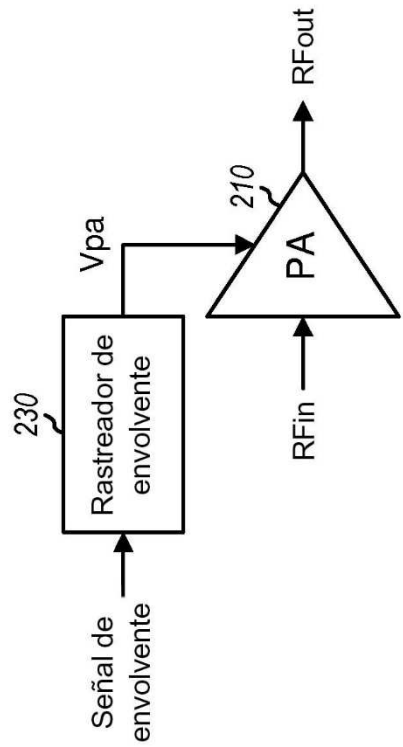
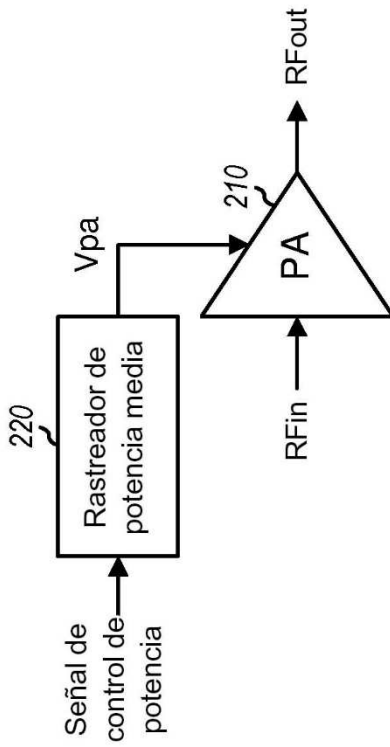
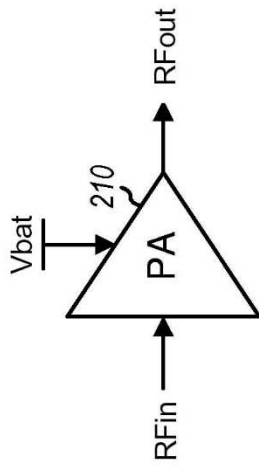


FIG. 2C



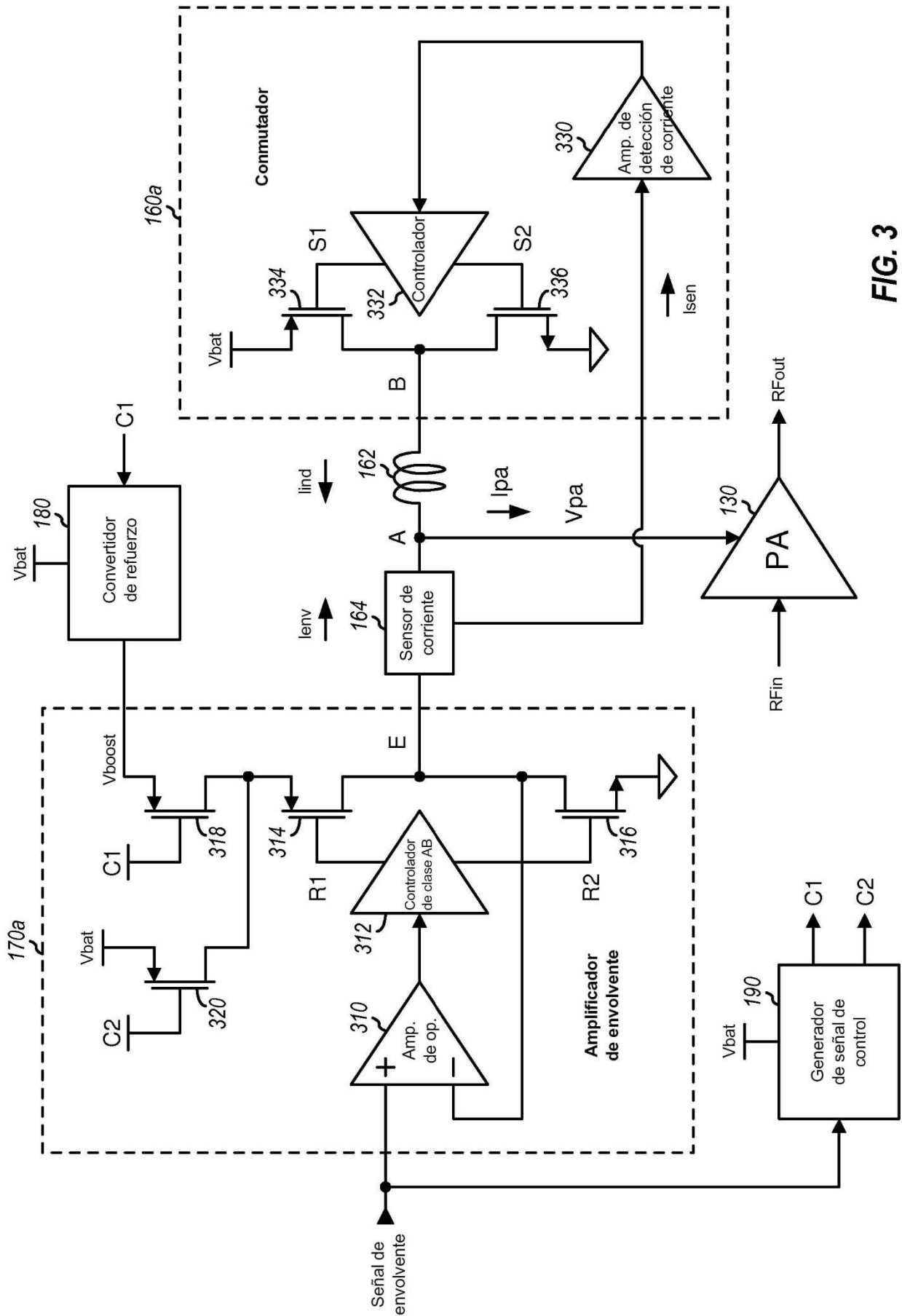


FIG. 3

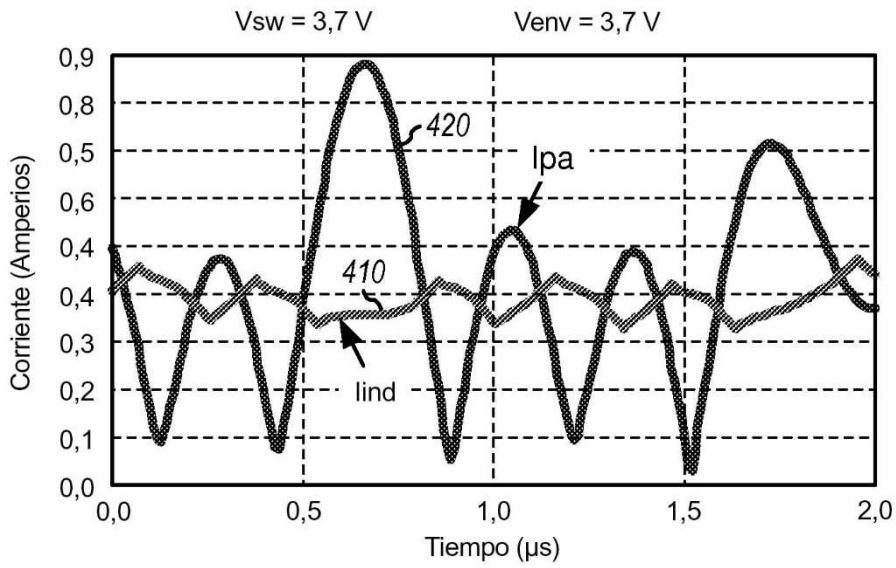


FIG. 4A

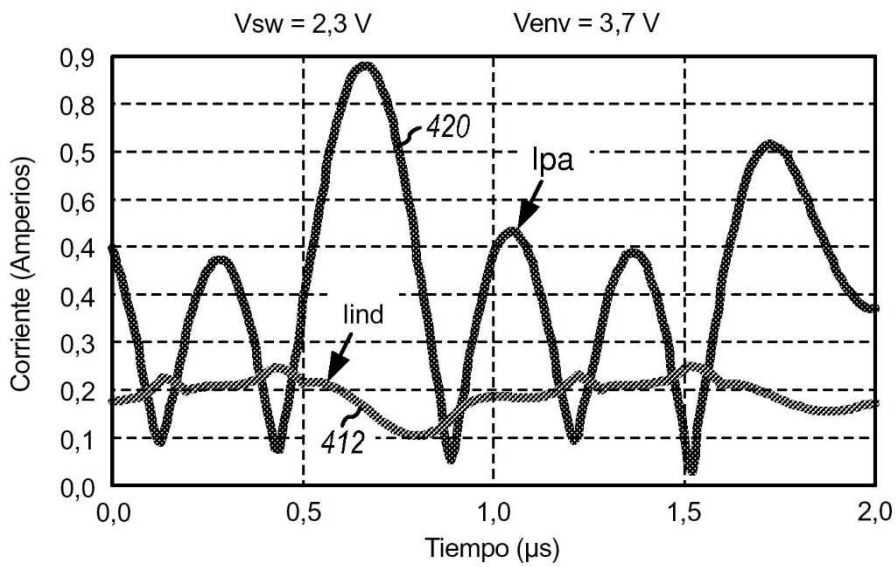


FIG. 4B

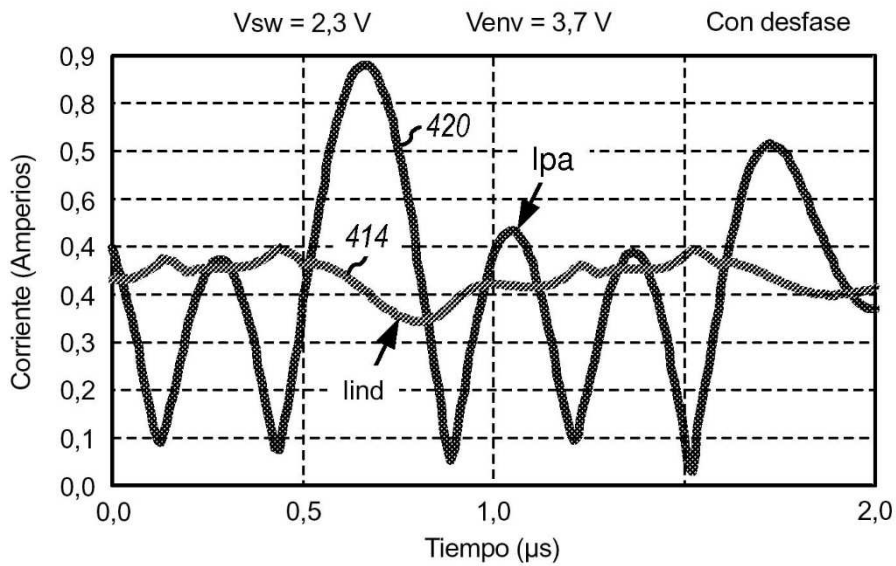


FIG. 4C

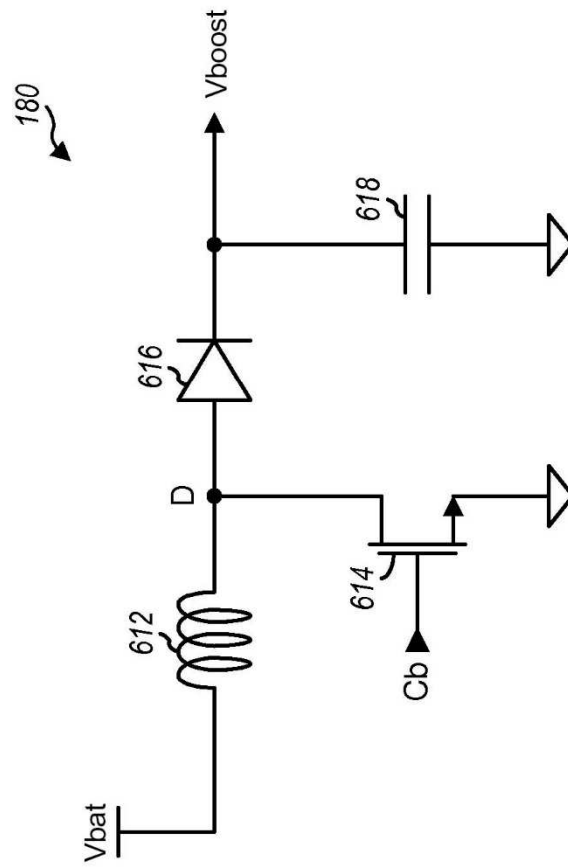


FIG. 6