(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 989 956**

(51) Int. Cl.:

H04B 5/26 (2014.01)
H04B 5/79 (2014.01)
H01M 10/44 (2006.01)
H02J 7/00 (2006.01)
H02J 7/02 (2006.01)
H02J 7/04 (2006.01)
H02J 50/12 (2006.01)
H02J 50/10 (2006.01)
H02M 3/07 (2006.01)
H02M 3/156 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.04.2019 E 22210288 (1)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.07.2024 EP 4160895**

(54) Título: **Carga inalámbrica de batería con eficiencia mejorada**

(30) Prioridad:

29.08.2018 US 201862724371 P

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.11.2024

(73) Titular/es:

HUAWEI DIGITAL POWER TECHNOLOGIES CO., LTD. (100.0%)
Office 01, 39th Floor, Block A,Antuoshan Headquarters Towers,33 Antuoshan 6th Road,Futian District,
Shenzhen, 518043, CN

(72) Inventor/es:

YANG, SONGNAN;
MAO, XIAOLIN y
WU, BAOSHAN

(74) Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

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

Carga inalámbrica de batería con eficiencia mejorada

CAMPO TÉCNICO

La divulgación está relacionada generalmente con sistemas de carga inalámbrica de batería y métodos para su utilización con el mismo.

ANTECEDENTES

En un típico sistema de carga inalámbrica de batería de estándar Qi, un adaptador convierte potencia de una tensión de CA a una tensión de CC y suministra la tensión de CC a un transmisor (TX) de potencia inalámbrica. El TX de potencia inalámbrica transmite potencia inalámbricamente por medio de un acoplamiento inductivo a un receptor (RX) de potencia inalámbrica, que rectifica la potencia y suministra una tensión de CC a un cargador. El cargador carga una batería recargable con una corriente o tensión regulada.

Se usan comunicaciones para controlar el funcionamiento del sistema. En el estándar Qi, que fue desarrollado por Wireless Power Consortium (WPC), la comunicación del RX de potencia inalámbrica al TX de potencia inalámbrica se consigue al modular una carga vista por una bobina del RX de potencia inalámbrica, y comunicación desde el TX de potencia inalámbrica al RX de potencia inalámbrica se consigue al modular la frecuencia de la potencia transmitida. Ambos tipos de comunicaciones mencionados anteriormente son comunicaciones en banda. La comunicación entre el TX de potencia inalámbrica y el adaptador se puede, por ejemplo, a través de hilos en un cable de bus serie universal (USB).

Típicamente, el RX de potencia inalámbrica proporciona una tensión de salida (Vout) a un cargador reductor que reduce escalonadamente la tensión de salida (Vout) a una tensión de carga de batería (Vbat) que se utiliza para cargar una batería recargable de un dispositivo electrónico alimentado por batería. Un cargador reductor típicamente tiene una eficiencia máxima del noventa y poco por ciento. Cuando se usa un cargador reductor, la energía desperdiciada a menudo provoca el calentamiento del dispositivo alimentado por batería que incluye el cargador reductor, tal como un teléfono inteligente móvil, lo que no es deseable.

El documento US 2016/056664 A1 divulga un sistema que incluye una base para cargar inalámbricamente y/o alimentar inalámbricamente y un receptor capaz de recibir electricidad inalámbricamente de la base. La base y/o el receptor es capaz de detectar y funcionar bajo una pluralidad de protocolos de alimentación y/o una pluralidad de protocolos de comunicación.

El documento WO 2009/112900 A1 divulga un circuito de conversión de tensión para un dispositivo electrónico anfitrión, que incluye un circuito de convertidor reductor que tiene un terminal de entrada acoplado a un primer nodo y que tiene un terminal de salida acoplado a un segundo nodo, un circuito convertidor de tensión de condensador conmutado que tiene una entrada acoplada al primer nodo y una salida acoplada al segundo nodo.

COMPENDIO

La invención se presenta en el conjunto adjunto de las reivindicaciones. Según un aspecto de la presente divulgación, se proporciona un sistema de carga inalámbrica de batería para cargar inalámbricamente una batería de un dispositivo electrónico que incluye una carga alimentada por la batería. El sistema incluye un adaptador, un transmisor (TX) de potencia inalámbrica, un receptor (RX) de potencia inalámbrica, cargadores primero y segundo, y un controlador. El adaptador se configura para convertir una tensión de CA, recibida de un suministro de energía de CA, en una tensión de CC. El TX de potencia inalámbrica se configura para aceptar una tensión de entrada (Vin) y dependiendo de la misma transmitir potencia inalámbricamente a un receptor (RX) de potencia inalámbrica, en donde la tensión de entrada (Vin) aceptada por el TX de potencia inalámbrica se basa en la tensión de CC producida por el adaptador. La tensión de entrada (Vin) aceptada por el TX de potencia inalámbrica que se basa en la tensión de CC producida por el adaptador puede significar que la tensión de entrada (Vin) aceptada por el TX de potencia inalámbrica es simplemente la tensión de CC producida por el adaptador, o como alternativa, puede significar que la tensión de entrada (Vin) aceptada por el TX de potencia inalámbrica es producida por un convertidor CC-CC adicional que está entre el adaptador y el TX de potencia inalámbrica (en donde el convertidor CC-CC adicional recibe la tensión de CC producida por el adaptador y genera la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica). El RX de potencia inalámbrica se configura para recibir potencia inalámbricamente desde el TX de potencia inalámbrica y dependiendo de la misma producir una tensión de salida de CC (Vout). Los cargadores primero y segundo incluyen, cada uno, un terminal de entrada de tensión y un terminal de salida de tensión. El terminal de entrada de tensión de cada uno de los cargadores primero y segundo acepta la tensión de salida (Vout) del RX de potencia inalámbrica. El terminal de salida de tensión de cada uno de los cargadores primero y segundo es acoplable a un terminal de la batería que va a cargarse. El primer cargador comprende convertidor CC-CC de bucle cerrado. El segundo cargador comprende un convertidor CC-CC de bucle abierto. El controlador se configura para habilitar selectivamente uno de los cargadores primero o segundo de uno en uno de modo que durante un primer conjunto de fases de carga el primer

cargador se usa para cargar la batería, y durante un segundo conjunto de las fases de carga el segundo cargador se usa para cargar la batería.

El convertidor CC-CC de bucle cerrado del primer cargador comprende un cargador reductor, y el convertidor CC-CC de bucle abierto del segundo cargador comprende un cargador de condensador conmutado, un cargador con conmutador de carga o un cargador de carga rápida.

Opcionalmente, en cualquiera de la aspectos anteriores, el convertidor CC-CC de bucle abierto del segundo cargador comprende el cargador de condensador conmutado, y las fases de carga incluyen una fase de precarga, una fase de reductor de corriente constante, una fase de condensador conmutado de corriente constante, una fase de condensador conmutado de tensión constante y una fase de reductor de tensión constante. El controlador se configura para habilitar el primer cargador e inhabilitar el segundo cargador durante la fase de precarga, la fase de reductor de corriente constante y la fase de reductor de tensión constante. El controlador se configura para habilitar el segundo cargador e inhabilitar el primer cargador durante la fase de condensador conmutado de corriente constante y la fase de condensador conmutado de tensión constante.

Opcionalmente, en cualquiera de los aspectos anteriores, la fase de precarga corresponde a cuando una tensión de carga de batería (Vbat) está por debajo de un primer umbral de tensión (Vlow); la fase de reductor de corriente constante corresponde a cuando la tensión de carga de batería (Vbat) está entre el primer umbral de tensión (Vlow) y un segundo umbral de tensión (Vsc_min); la fase de condensador conmutado de corriente constante corresponde a cuando la tensión de carga de batería (Vbat) está entre el segundo umbral de tensión (Vsc_min) y un tercer umbral de tensión (Vcv_buck); la fase de condensador conmutado de tensión constante corresponde a cuando la tensión de carga de batería (Vbat) es mayor que un cuarto umbral de tensión (Vcv_sc); y la fase de reductor de tensión constante corresponde a cuando la tensión de carga de batería (Vbat) es mayor que el tercer umbral de tensión (Vcv_buck) o la corriente de carga de batería (Ichg) es menor que un umbral de corriente (Isc_min).

Opcionalmente, en cualquiera de los aspectos anteriores, durante la fase de condensador conmutado de corriente constante, la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que una corriente de carga de batería permanezca cerca de un objetivo de corriente de carga, y la tensión de salida (Vout) producida por el RX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que una ganancia de tensión del sistema permanezca cerca de un objetivo de ganancia de tensión, la ganancia de tensión del sistema es una ratio de la tensión de salida (Vout) a la tensión de entrada (Vin).

Opcionalmente, en cualquiera de los aspectos anteriores, durante la fase de condensador conmutado de corriente constante, la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que una corriente de carga de batería permanezca cerca de un objetivo de corriente de carga, y la tensión de salida (Vout) producida por el RX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que una frecuencia de funcionamiento del sistema permanezca cerca de un objetivo de frecuencia de funcionamiento.

Opcionalmente, en cualquiera de los aspectos anteriores, durante la fase de condensador conmutado de corriente constante, la tensión de salida (Vout) producida por el RX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que una corriente de carga de batería permanezca cerca de un objetivo de corriente de carga, y la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que una ganancia de tensión del sistema permanezca cerca de un objetivo de ganancia de tensión, siendo la ganancia de tensión del sistema una ratio de la tensión de salida (Vout) a la tensión de entrada (Vin).

Opcionalmente, en cualquiera de los aspectos anteriores, durante la fase de condensador conmutado de corriente constante, la tensión de salida (Vout) producida por el RX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que una corriente de carga de batería permanezca cerca de un objetivo de corriente de carga, y la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que la frecuencia de funcionamiento del sistema permanezca cerca de un objetivo de frecuencia de funcionamiento.

Opcionalmente, en cualquiera de los aspectos anteriores, durante la fase de condensador conmutado de corriente constante, la tensión de salida (Vout) producida por el RX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que una corriente de carga de batería permanezca cerca de un objetivo de corriente de carga, mientras la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica está fija.

Opcionalmente, en cualquiera de los aspectos anteriores, durante la fase de condensador conmutado de tensión constante, la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que la tensión de carga de batería permanezca cerca de un objetivo de tensión, y la tensión de salida (Vout) producida por el RX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que una ganancia de tensión del sistema permanezca cerca de un objetivo de ganancia de tensión, siendo la ganancia de tensión del sistema una ratio de la tensión de salida (Vout) a la tensión de entrada (Vin).

Opcionalmente, en cualquiera de los aspectos anteriores, durante la fase de condensador conmutado de tensión constante, la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que la

tensión de carga de batería permanezca cerca de un objetivo de tensión, y la tensión de salida (Vout) producida por el RX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que una frecuencia de funcionamiento del sistema permanezca cerca de un objetivo de frecuencia de funcionamiento.

Opcionalmente, en cualquiera de los aspectos anteriores, durante la fase de condensador conmutado de tensión constante, la tensión de salida (Vout) producida por el RX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que la tensión de carga de batería permanezca cerca de un objetivo de tensión, y la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que una ganancia de tensión del sistema permanezca cerca de un objetivo de ganancia de tensión, siendo la ganancia de tensión del sistema una ratio de la tensión de salida (Vout) a la tensión de entrada (Vin).

Opcionalmente, en cualquiera de los aspectos anteriores, durante la fase de condensador conmutado de tensión constante, la tensión de salida (Vout) producida por el RX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que la tensión de carga de batería permanezca cerca de un objetivo de tensión, y la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que una frecuencia de funcionamiento del sistema permanezca cerca de un objetivo de frecuencia de funcionamiento.

Opcionalmente, en cualquiera de los aspectos anteriores, durante la fase de condensador conmutado de tensión constante, la tensión de salida (Vout) producida por el RX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que la tensión de carga de batería permanezca cerca de un objetivo de tensión, mientras la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica está fija.

Según un otro aspecto de la presente divulgación, se proporciona un método para cargar inalámbricamente una batería de un dispositivo electrónico que incluye una carga alimentada por la batería. El método incluye convertir una tensión de CA, recibida de un suministro de energía de CA, en una tensión de CC, en donde la conversión es realizada por un adaptador. El método también incluye aceptar, en un TX de potencia inalámbrica, una tensión de entrada (Vin), en donde la tensión de entrada (Vin) aceptada por el TX de potencia inalámbrica se basa en la tensión de CC producida por el adaptador. El método incluye además transmitir potencia inalámbricamente desde el TX de potencia inalámbrica a un RX de potencia inalámbrica, en donde la transmisión se realiza dependiendo de la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica. Además, el método incluye recibir potencia inalámbricamente, en el RX de potencia inalámbrica, desde el TX de potencia inalámbrica, y producir una tensión de salida de CC (Vout) dependiendo de la potencia recibida inalámbricamente por el RX de potencia inalámbrica. El método también incluye durante un primer conjunto de fases de carga habilitar un primer cargador e inhabilitar un segundo cargador y convertir la tensión de salida de CC (Vout) a una tensión de carga de batería (Vbat) usando el primer cargador, el primer cargador que comprende un convertidor CC-CC de bucle cerrado. El método también incluye durante un segundo conjunto de fases de carga inhabilitar el primer cargador y habilitar el segundo cargador y convertir la tensión de salida de CC (Vout) a la tensión de carga de batería (Vbat) usando el segundo cargador, el segundo cargador comprende un convertidor CC-CC de bucle abierto.

Realizaciones de la presente tecnología descrita en esta memoria proporcionan mejoras a sistemas existentes de carga inalámbrica de batería. Tales realizaciones se pueden usar para aumentar la eficiencia global de un sistema de carga inalámbrica de batería. Además, al reducir la energía desperdiciada, tales realizaciones pueden reducir el calentamiento no deseable de un dispositivo alimentado por batería, tal como un teléfono inteligente móvil. Adicionalmente, tales realizaciones pueden reducir el tiempo que tarda en cargarse totalmente un batería.

Este compendio se proporciona para introducir una selección de conceptos de una forma simplificada que se describen adicionalmente a continuación en la descripción detallada. Este compendio no pretende identificar características clave o características esenciales del objeto reivindicado, ni pretende usarse como una ayuda para determinar el alcance del objeto reivindicado. La materia de asunto reivindicada no se limita a implementaciones que resuelven alguna o todas las desventajas señaladas en los Antecedentes.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Aspectos de la presente divulgación se ilustran a modo de ejemplo y no están limitados por las figuras adjuntas para las que referencias semejantes indican elementos semejantes.

La FIGURA 1 ilustra un sistema ejemplar de carga inalámbrica de batería.
La FIGURA 2 ilustra detalles adicionales del sistema ejemplar de carga inalámbrica de batería introducido en la FIGURA 1.
La FIGURA 3 ilustra un sistema de carga inalámbrica de batería según una realización de la presente tecnología.
La FIGURA 3A ilustra un sistema de carga inalámbrica de batería según otra realización de la presente tecnología.
La FIGURA 4 ilustra una gráfica que muestra un perfil ejemplar de carga inalámbrica de batería para el sistema de carga inalámbrica de batería mostrado en la FIGURA 3.

La FIGURA 5 es un diagrama de estado que se utiliza para explicar cómo funciona el sistema de carga inalámbrica de batería mostrado en la FIGURA 3 según ciertas realizaciones de la presente tecnología.
La FIGURA 6 es un diagrama de flujo de alto nivel que se utiliza para resumir ciertos métodos para utilizar con el sistema de carga inalámbrica de batería mostrado en la FIGURA 3.
Las FIGURAS 7A, 7B, y 7C son diagramas de flujo de alto nivel que se usan a resumir cómo se controlan ciertas tensiones durante una fase de condensador conmutado de corriente constante según diversas realizaciones diferentes de la presente tecnología.
Las FIGURAS 8A y 8B son diagramas de flujo de alto nivel que se usan a resumir cómo se controlan ciertas tensiones durante una fase de condensador conmutado de tensión constante según diversas realizaciones diferentes de la presente tecnología.
La FIGURA 9 es un diagrama de flujo de alto nivel que se utiliza para resumir métodos según diversas realizaciones de la presente tecnología.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Ahora se describirá la presente divulgación con referencia a la figuras, que en general están relacionadas con sistemas de carga inalámbrica de batería para cargar inalámbricamente una batería recargable de un dispositivo electrónico que incluye una carga alimentada por la batería, y métodos para su utilización con el mismo.

La FIGURA 1 ilustra un sistema ejemplar de carga inalámbrica de batería 100, que puede ser un sistema de carga inalámbrica de batería de estándar Qi, pero no se limita al mismo. El estándar Qi es un estándar abierto de interfaz desarrollado por Wireless Power Consortium (WPC) que define transferencia de potencia inalámbrica usando carga inductiva en distancias hasta 4 cm (1,6 pulgadas). Un sistema de carga inalámbrica de batería de estándar Qi típicamente usa una plaquita de carga y un dispositivo compatible alimentado por batería, que se coloca encima de la plaquita, cargando por medio de acoplamiento inductivo resonante.

Haciendo referencia a la FIGURA 1, el sistema ejemplar de carga inalámbrica de batería 100 se muestra como que incluye un adaptador 112, un transmisor (TX) de potencia inalámbrica 122, y un receptor (RX) de potencia inalámbrica y el cargador 142. Como se puede apreciar en la FIGURA 1, el RX de potencia inalámbrica y el cargador 142 se muestran como parte de un dispositivo electrónico 132 que también incluye una batería recargable 152 y una carga 162 que es alimentada por la batería 152. Puesto que el dispositivo electrónico 132 es alimentado por un batería, el dispositivo electrónico 132 también puede denominarse dispositivo alimentado por batería 132. La carga 162 puede incluir, p. ej., uno o más procesadores, pantallas, transceptores y/o semejantes, dependiendo del tipo del dispositivo electrónico 132. El dispositivo electrónico 132 puede ser, por ejemplo, un teléfono inteligente móvil, una tableta o un ordenador notebook, pero sin limitación a esto. La batería 152, p. ej., una batería de iones de litio, puede incluir una o más celdas electroquímicas con conexiones externas proporcionadas para alimentar la carga 162 del dispositivo electrónico 132.

El adaptador 112 convierte una tensión de corriente alterna (CA), recibida de un suministro de energía de CA 102, en una tensión de entrada (Vin) de corriente continua (CC). El suministro de energía de CA 102 puede ser proporcionado por un tomacorriente de pared o salida o por un generador de potencia, pero sin limitación a esto. El TX de potencia inalámbrica 122 acepta la tensión de entrada (Vin) del adaptador 112 y dependiendo de la misma transmite potencia inalámbricamente al RX de potencia inalámbrica y el cargador 142. El TX de potencia inalámbrica 122 se puede acoplar eléctricamente al adaptador 112 por medio de un cable que incluye una pluralidad de alambres, uno o más que puede usarse para proporcionar la tensión de entrada (Vin) del adaptador 112 al TX de potencia inalámbrica 122, y uno o más de los cuales puede proporcionar un canal de comunicación entre el adaptador 112 y el TX de potencia inalámbrica 122. El canal de comunicación puede permitir para comunicación bidireccional cableada entre el adaptador 112 y el TX de potencia inalámbrica 122. El cable que acopla eléctricamente el adaptador 112 al TX de potencia inalámbrica 122 puede incluir un hilo de tierra que permite una tierra común (GND). El cable entre el adaptador 112 y el TX de potencia inalámbrica 122 se representa generalmente en la FIGURA 1 por una flecha de doble punta que se extiende entre el adaptador 112 y el TX de potencia inalámbrica 122. Este tipo de cable puede ser, p. ej., un cable de bus serie universal (USB), pero sin limitación a esto.

El RX de potencia inalámbrica y el cargador 142, por medio de un acoplamiento inductivo, recibe potencia inalámbricamente desde el TX de potencia inalámbrica 122 y usa la potencia recibida para cargar la batería 152. El RX de potencia inalámbrica y el cargador 142 también puede comunicarse inalámbricamente bidireccionalmente con el TX de potencia inalámbrica 122 usando comunicaciones en banda definidas por el estándar Qi. En la FIGURA 1 una flecha de doble punta que se extiende entre el TX de potencia inalámbrica 122 y el RX de potencia inalámbrica y el cargador 142 se usa para representar generalmente la transferencia inalámbrica de potencia y comunicaciones entre los mismos.

La FIGURA 2 ilustra detalles adicionales del sistema de carga inalámbrica de batería 100 introducido en la FIGURA 1. Para hacer la FIGURA 2 menos abarrotada, la carga 162 que es alimentada por la batería 152 no se muestra, y el dispositivo electrónico 132 dentro del que se incluye el RX de potencia inalámbrica y el cargador 142 no se muestra. Haciendo referencia a la FIGURA 2, el adaptador 112 se muestra como que incluye un controlador de entrega de potencia (PD) 214. El adaptador 112 puede incluir un convertidor CA/CC (no mostrado específicamente) que convierte

la tensión de CA proporcionada por el suministro de energía 102 a la tensión de entrada de CC (Vin) que es proporcionada por el adaptador 112 al TX de potencia inalámbrica 122. Este tipo de convertidor CA/CC puede ser o incluir un rectificador de onda completa, por ejemplo, pero sin limitación a esto. El controlador PD 214 puede incluir, p. ej., un procesador y un transceptor que envía y recibe señales de comunicación hacia y desde el TX de potencia inalámbrica 122. En la FIGURA 2, el TX de potencia inalámbrica 122 se muestra como que incluye un controlador PD 224, un circuito integrado de transmisor de potencia inalámbrica (TXIC) 226, y un inversor de medio puente 228. El inversor de medio puente 228 se muestra como conectado entre un carril de alta tensión (que está en la tensión de entrada (Vin)) y tierra (GND). El controlador PD 224 puede incluir, p. ej., un procesador y un transceptor que envía y recibe señales de comunicación inalámbricas hacia y desde el adaptador 112. Según ciertas realizaciones, la funcionalidad del controlador PD 224 se puede integrar en el TXIC 226, en cuyo caso se puede decir que el TXIC 226 incluye un controlador. El TXIC de potencia inalámbrica 226 se muestra como aceptando la tensión de entrada (Vin) del adaptador 112 y controlando conmutadores (S1 y S2) del inversor de medio puente 228. Los conmutadores S1 y S2 se abren y cierran a una frecuencia deseada para generar una señal alterna en una salida entre los conmutadores. La salida del inversor 228 se conecta a un inductor L1 a través de un condensador de resonancia C1. Puesto que el inductor L1 funciona como bobina de transmisor, el inductor L1 también puede denominarse bobina de transmisor. Un inversor de puente completo que incluye cuatro conmutadores se puede usar en lugar del inversor de medio puente 228, como se sabe en la técnica. Otras variaciones también son posibles, como se conoce en la técnica. En ciertas realizaciones, el TXIC 226 puede incluir, p. ej., un procesador y un transceptor que envía y recibe señales de comunicación hacia y desde el RXIC de potencia inalámbrica 246, o más generalmente, el RX de potencia inalámbrica y el cargador 142.

Todavía haciendo referencia a la FIGURA 2, el RX de potencia inalámbrica y el cargador 142 se muestra como que incluye un procesador de aplicación (AP) 244, un circuito integrado de receptor de potencia inalámbrica (RXIC) 246, y un cargador reductor 248. El RXIC de potencia inalámbrica 246 se conecta a un inductor L2 a través de un condensador de resonancia C2. Puesto que el inductor L2 funciona como bobina de receptor, el inductor L2 también puede denominarse bobina de receptor. Los inductores L1 y L2 permiten un acoplamiento inductivo entre el RX de potencia inalámbrica 122 y el RX de potencia inalámbrica y el cargador 142, y más específicamente, entre el TXIC de potencia inalámbrica 226 y el RXIC de potencia inalámbrica 246. El acoplamiento inductivo se puede usar para transferir potencia desde el TX de potencia inalámbrica 122 al RX de potencia inalámbrica y el cargador 142, así como para proporcionar comunicaciones inalámbricas bidireccionales en banda entre los mismos. En la realización mostrada, se transfiere inalámbricamente potencia desde el TXIC de potencia inalámbrica 226 al RXIC de potencia inalámbrica 246 usando una única bobina de transmisor, pero pueden como alternativa transferirse inalámbricamente usando más de una bobina de transmisor. De manera similar, también es posible que más de una bobina de receptor se use para recibir inalámbricamente potencia en la lado de recepción del acoplamiento inductivo. Otras variaciones también son posibles, como se conoce en la técnica.

El RXIC de potencia inalámbrica 246 convierte la tensión de CA proporcionada a él por el inductor L2 a una tensión de salida de CC (Vout). La tensión de salida de CC (Vout) se proporciona al cargador reductor 248. El cargador reductor 248 puede reducir escalonadamente la tensión de salida (Vout) a una tensión apropiada de carga de batería (Vbat) que se utiliza para cargar la batería 152. Por ejemplo, Vout puede ser 10 Voltios (V), y Vbat puede ser 4,2 V. Para otro ejemplo, Vout puede ser 10 V, y Vbat puede ser 3,5 V. Estos son solo unos pocos ejemplos que no se pretende que sean limitativos, ya que Vout y Vbat pueden tener un sinnúmero de valores diferentes. También sería posible que el cargador reductor pueda aumentar escalonadamente la tensión de salida (Vout), es decir, trabajar como cargador reforzador, o mantener la tensión de salida (Vout) de modo que la tensión de carga de batería (Vbat) sea la misma que Vout en realizaciones alternativas.

El cargador reductor 248, que también puede denominarse convertidor reductor, es un ejemplo de un cargador de bucle cerrado, en el que la tensión y/o la corriente en su salida (es decir, en el terminal que produce Vbat, a dicho terminal se le puede hacer referencia como el terminal de Vbat) se ajusta en función de retroinformación producida por el propio cargador reductor 248. El AP 244, que también puede denominarse controlador, pueden enviar y recibir señales de comunicación hacia y desde el RXIC de potencia inalámbrica 246 y el cargador reductor 248. En ciertas realizaciones, el AP 244 puede utilizar comunicaciones de bus serie por Inter-Integrated Circuit (I2C) para comunicarse con el RXIC de potencia inalámbrica 246 y el cargador reductor 248, sin embargo como alternativa pueden usarse otras interfaces y protocolos de comunicación. El AP 244 puede ser, p. ej., un procesador del dispositivo electrónico 132, dicho procesador también se puede usar para ejecutar aplicaciones, controlar comunicaciones, y similares, pero sin limitación a esto. El cargador reductor 248 se muestra como que incluye un terminal de entrada de tensión, etiquetado Vbus, y un terminal de salida de tensión, etiquetado Vbat. El terminal de salida de tensión (etiquetado Vbat) se muestra como conectado a un terminal de la batería recargable 152, que también puede denominarse en esta memoria más concisamente como batería 152. El cargador reductor 248 pueden cargar la batería recargable 152 con una corriente o tensión regulada.

Como se señala anteriormente, un cargador reductor (p. ej., 248) típicamente tiene una eficiencia máxima del noventa y poco por ciento, lo que tiene como resultado energía desperdiciada. Esta energía desperdiciada puede provocar el calentamiento del dispositivo alimentado por batería (p. ej., 132), tal como un teléfono inteligente móvil, dentro del que se ubica el cargador reductor, lo que no es deseable. Adicionalmente, esta ineficiencia provoca que la carga tarde más que lo que de otro modo tardaría si la eficiencia fuera más alta.

Ciertas realizaciones de la presente tecnología, descritas más adelante, se pueden usar para aumentar la eficiencia global de un sistema de carga inalámbrica de batería. Tales realizaciones son beneficiosas porque pueden reducir la energía desperdiciada y de ese modo reducir el calentamiento del dispositivo alimentado por batería (p. ej., 132), tal como un teléfono inteligente móvil, dentro del que se ubica el cargador reductor. Adicionalmente, tales realizaciones pueden reducir el tiempo que tarda en cargarse totalmente una batería (p. ej., 152).

La FIGURA 3 ilustra un sistema de carga inalámbrica de batería 300 según una realización de la presente tecnología. Elementos en la FIGURA 3 que son iguales o similares a los ya discutidos anteriormente con referencia a las FIGURAS 1 y 2 se etiquetan igual y en ciertos casos no se discuten en detalle porque se pueden hacer referencia a las discusiones anteriores de las FIGURAS 1 y 2.

Haciendo referencia a la FIGURA 3, el sistema ejemplar de carga inalámbrica de batería 300 se muestra como que incluye un adaptador 112, un TX de potencia inalámbrica 122 y un RX de potencia inalámbrica y el cargador 342. El RX de potencia inalámbrica y el cargador 342 se puede incluir dentro de un dispositivo electrónico (p. ej., un teléfono inteligente móvil, una tableta, o un ordenador notebook, pero sin limitación a esto) que también incluye una batería recargable 152 y una carga que es alimentada por la batería 152. El adaptador 112 incluye un controlador PD 214, y puede incluir un convertidor CA/CC (no mostrado específicamente) que convierte la tensión de CA proporcionada por el suministro de energía 102 a la tensión de entrada de CC (Vin) que es proporcionada por el adaptador 112 al TX de potencia inalámbrica 122. El controlador PD 214 puede incluir, p. ej., un procesador y un transceptor que envía y recibe señales de comunicación hacia y desde el TX de potencia inalámbrica 122.

El TX de potencia inalámbrica 122 incluye un controlador PD 224, un TXIC de potencia inalámbrica 226 y un inversor 228. El controlador PD 234 puede incluir, p. ej., un procesador y un transceptor que envía y recibe señales de comunicación inalámbricas hacia y desde el adaptador 112. El TXIC de potencia inalámbrica 226 puede aceptar la tensión de entrada (Vin) del adaptador 112 y controla los conmutadores (S1 y S2) del inversor 228 para generar una señal alterna en una salida del mismo. Como alternativa, un convertidor CC-CC adicional se puede ubicar entre el adaptador 112 y el TX de potencia inalámbrica 122, el adaptador 112 puede tener como salida una tensión de CC fija, y el convertidor CC-CC adicional se puede controlar para ajustar la tensión de entrada (Vin) que se proporciona al TX de potencia inalámbrica 122. La salida del inversor 228 se conecta al inductor L1 (que también puede denominarse bobina de transmisor) a través del condensador de resonancia C1. Un inversor de puente completo que incluye cuatro conmutadores se puede usar en lugar del inversor de medio puente 228, como se sabe en la técnica. Otras variaciones también son posibles, como se conoce en la técnica.

Todavía haciendo referencia a la FIGURA 3, el RX de potencia inalámbrica y el cargador 442 se muestran como que incluyen un AP 244, un RXIC de potencia inalámbrica 246, un cargador reductor 248, y también un cargador de condensador conmutado 350. Una comparación entre el sistema de carga inalámbrica de batería 100 (discutido anteriormente con referencia a las FIGURAS 1 y 2) y el sistema de carga inalámbrica de batería 300 (mostrado en la FIGURA 3) es que el sistema de carga inalámbrica de batería 300 también incluye el cargador de condensador conmutado 350. Como se describirá en detalle adicional más adelante, la inclusión y el uso selectivo del cargador de condensador conmutado 350 (o un cargador alternativo de alta eficiencia de bucle abierto) aumenta la eficiencia global del sistema de carga inalámbrica de batería 300, que efectivamente reduce el calentamiento del dispositivo alimentado por batería (dentro del que se ubican los cargadores 248 y 350), y reduce eficazmente la cantidad total de tiempo que tarda en recargar totalmente una batería recargable (p. ej., 152). Un típico cargador de condensador conmutado (p. ej., 350) tiene una eficiencia del 97 %, que es más eficiente que un cargador reductor típico (p. ej., 248).

En la FIGURA 3, el RXIC de potencia inalámbrica 246 se conecta al inductor L2 (que también puede denominarse bobina de receptor) a través del condensador de resonancia C2. Los inductores L1 y L2 permiten un acoplamiento inductivo entre el TXIC de potencia inalámbrica 226 y el RXIC de potencia inalámbrica 246, dicho acoplamiento inductivo se usa para transferir potencia desde el TX de potencia inalámbrica 122 al RX de potencia inalámbrica y el cargador 142, así como para probar comunicaciones bidireccionales inalámbricas entre los mismos. En la realización mostrada, se transfiere inalámbricamente potencia desde el TXIC de potencia inalámbrica 226 al RXIC de potencia inalámbrica 246 usando una única bobina de transmisor, pero pueden como alternativa transferirse inalámbricamente usando más de una bobina de transmisor. De manera similar, también es posible usarse más de una bobina de recepción para recibir inalámbricamente potencia en la lado de recepción del acoplamiento inductivo. Otras variaciones también son posibles, como se conoce en la técnica.

Según ciertas realizaciones de la presente tecnología, durante cualquier fase dada de un proceso de carga de batería (también denominado perfil de carga), únicamente funciona uno de los dos cargadores 248 y 350. Como se señala anteriormente, el cargador reductor 248, que también puede denominarse convertidor reductor, es un ejemplo de un cargador de bucle cerrado (que también puede denominarse convertidor CC-CC de bucle cerrado), en que la tensión y/o corriente en su salida (es decir, en el terminal de Vbat) se ajusta en función de retroinformación producida por el propio cargador reductor 248. Por otro lado, el cargador de condensador conmutado 350 es un ejemplo de un cargador de bucle abierto (que también puede denominarse convertidor CC-CC de bucle abierto), en que la tensión y/o corriente en su salida (es decir, en el terminal de Vbat) no se ajusta en función de retroinformación producida por el propio cargador de condensador conmutado 350. El cargador reductor 248 tiene mejor regulación de corriente y tensión, y

se emplea durante fases de carga de baja potencia. El cargador de condensador conmutado 350 no tiene regulación de corriente y tensión, y se emplea durante fases de carga de alta potencia. Cabe señalar que el término Vbat se usa tanto para referirse al terminal de salida de un cargador (248 y 350), así como la salida de tensión de carga de batería en ese terminal, y el uso específico del término se puede entender a partir del contexto de cómo se usa el término.

Como se muestra en la Figura 3A, en algunas realizaciones, el RX de potencia inalámbrica y el cargador 342 comprenden además un convertidor CC/CC 245. La salida de CC del RXIC de potencia inalámbrica 246 es acondicionada por el convertidor CC/CC 245 antes de acoplarse a las entradas de los cargadores primero y segundo 247, 249. El convertidor CC/CC 245 acepta la tensión de salida de CC (Vout) de la salida del RXIC de potencia inalámbrica 246 y la convierte a una tensión de salida de CC en su terminal de salida. El terminal de entrada de tensión de cada uno del primer cargador 247 y el segundo cargador 249 acepta la tensión de salida del convertidor CC/CC 245. El terminal de salida de tensión de cada uno del primer cargador 247 y el segundo cargador 249 es acoplable a un terminal de la batería que va a cargarse. El tercer cargador 247 comprende convertidor CC-CC de bucle cerrado. El segundo cargador 249 comprende un convertidor CC-CC de bucle abierto. Un controlador se configura para habilitar selectivamente uno del primer cargador 247 y el segundo cargador 249 de uno en uno de modo que durante un primer conjunto de fases de carga el primer cargador 247 se usa para cargar la batería, y durante un segundo conjunto de las fases de carga el cargador de condensador conmutado 249 se usa para cargar la batería.

Opcionalmente, en cualquiera de los aspectos anteriores, el convertidor CC-CC 245 entre el RXIC de potencia inalámbrica 246 y los cargadores 247/249, comprende un convertidor CC/CC de bucle cerrado, tal como un convertidor reductor, un convertidor elevador, un convertidor reductor-elevador, y un regulador de bajas pérdidas (LDO). El convertidor CC-CC 245 es controlado por el sistema para que tenga como salida una tensión durante diferentes fases de carga del sistema. En algunas realizaciones, el convertidor CC-CC 245 es controlado por el RXIC de carga inalámbrica 246, en otras realizaciones el convertidor CC-CC 245 es controlado por un procesador de aplicación anfitrión del dispositivo electrónico 132, mientras en otras realizaciones, el convertidor CC-CC 245 es controlado por los cargadores de batería. En ciertas realizaciones, el convertidor CC-CC se puede poner en un modo de baipás, que reenvía directamente la salida del RX de potencia inalámbrica (VSALIDA) a la salida del convertidor CC-CC 245.

Opcionalmente, en cualquiera de los aspectos anteriores, el convertidor CC-CC 245 entre el RXIC de potencia inalámbrica 246 y los cargadores 248/350 comprenden un convertidor CC/CC de bucle abierto, tal como un convertidor de condensador conmutado. El convertidor CC-CC 245 es controlado por el sistema para que tenga como salida una tensión durante diferentes fases de carga del sistema. En algunas realizaciones, el convertidor CC-CC es controlado por el RXIC de carga inalámbrica 246, en otras realizaciones el convertidor CC-CC es controlado por el procesador de aplicación anfitrión del dispositivo electrónico 132, mientras en otras realizaciones, el convertidor CC-CC es controlado por los cargadores de batería. En ciertas realizaciones, el convertidor CC-CC se puede poner en un modo de baipás, que reenvía directamente la salida del RX de potencia inalámbrica (VSALIDA) a la salida del convertidor CC-CC.

La FIGURA 4 muestra un perfil de carga ejemplar del sistema de carga inalámbrica de batería 300, según una realización de la presente tecnología. Más específicamente, la gráfica en la FIGURA 4 incluye un eje horizontal (es decir, el eje x) que corresponde al tiempo, y un eje vertical (es decir, el eje y) en la izquierda que corresponde (en la parte inferior) a la corriente de carga de batería (Ichg), y corresponde (en la parte superior) a la tensión de salida (Vout) del RXIC de potencia inalámbrica 246 en la FIGURA 3. El eje vertical (es decir, el eje y) en la derecha corresponde a la tensión de carga de batería (Vbat). La corriente de carga de batería (Ichg) es la corriente proporcionada a la batería en el terminal de Vbat del habilitado de los cargadores 248 o 350 en la FIGURA 3. La tensión de carga de batería (Vbat) es la tensión proporcionada a la batería 152 en el terminal de Vbat del habilitado uno de los cargadores 248 o 350 en la FIGURA 3. En la FIGURA 4 y otras FIGURAS, la siguientes acrónimos se usan a veces: SC para condensador conmutado; CC para corriente constante; CV para tensión constante; y OVP para protección contra sobretensión.

Como se puede apreciar en la FIGURA 4, el perfil de carga mostrado en el mismo incluye cinco fases de carga, que incluyen una fase de precarga (entre los instantes T0 y T1), una fase de reductor de corriente constante (entre los instantes T1 y T2), una fase de condensador conmutado de corriente constante (entre los instantes T2 y T3), una fase de condensador conmutado de tensión constante (entre los instantes T3 y T4), y una fase de reductor de tensión constante (entre los instantes T4 y T5). La fase de reductor de corriente constante (entre los instantes T1 y T2) puede denominarse más generalmente fase de carga de bucle cerrado de corriente constante; la fase de condensador conmutado de corriente constante (entre los instantes T2 y T3) puede denominarse más generalmente fase de carga de bucle abierto de corriente constante; la fase de condensador conmutado de tensión constante (entre los instantes T3 y T4) puede denominarse más generalmente fase de carga de bucle abierto de tensión constante; y la fase de reductor de tensión constante (entre los instantes T4 y T5) puede denominarse más generalmente fase de carga de bucle cerrado de tensión constante. La forma de onda etiquetada 402 muestra un ejemplo de cómo la tensión de salida (Vout) del RXIC de potencia inalámbrica 246 en la FIGURA 3 cambia desde una fase a la siguiente; la forma de onda etiquetada 404 muestra cómo un ejemplo de cómo cambia la tensión de carga de batería (Vbat) desde una fase a la siguiente; y la forma de onda etiquetada 406 muestra como un ejemplo de cómo cambia la corriente de carga de batería (Ichg) desde una fase a la siguiente.

La forma de onda etiquetada 402 muestra que la tensión de salida (Vout) permanece constante (p. ej., en 5 V) durante la fase de precarga (entre los instantes T0 y T1) y durante la fase de reductor de corriente constante (entre los instantes T1 y T2). La tensión de salida (Vout) se muestra como aumentando desde 5 V a aproximadamente 7,2 V en el instante T2, y entonces aumenta gradualmente desde 7,2 V a aproximadamente 8,4 V durante la fase de condensador conmutado de corriente constante (entre los instantes T2 y T3). La tensión de salida (Vout) permanece entonces a aproximadamente 8,4 V para una parte de la fase de condensador conmutado de tensión constante (entre los instantes T3 y T4), y cae gradualmente a aproximadamente 8,2 V para una parte restante de la fase de condensador conmutado de tensión constante. La tensión de salida (Vout) se muestra disminuyendo desde 8,2 V nuevamente a 5 V en el instante T4 y permaneciendo a 5 V durante la fase de reductor de tensión constante (entre los instantes T4 y T5). Los valores de la tensión de salida (Vout) durante el proceso de carga dependen fuertemente del diseño específico del sistema de alimentación con batería así como la corriente de carga, y así, los valores anteriores están pensados solamente para ser ejemplos en un sistema típico.

Todavía haciendo referencia a la FIGURA 4, la forma de onda etiquetada 404 muestra que la tensión de carga de batería (Vbat) aumenta continuamente en una primera tasa de aproximadamente 3 V a aproximadamente 3,5 V durante la fase de precarga (entre los instantes T0 y T1) y durante la fase de reductor de corriente constante (entre los instantes T1 y T2). La tensión de carga de batería (Vbat) se muestra aumentando continuamente en una segunda tasa (que es mayor que la primera tasa) de aproximadamente 3,5 V a aproximadamente 4,2 V durante la fase de condensador conmutado de corriente constante (entre los instantes T2 y T3). La tensión de carga de batería (Vbat), durante la fase de condensador conmutado de tensión constante (entre los instantes T3 y T4), aumenta muy lentamente a un nivel de protección contra sobretensión (OVP) de batería, luego se reduce ligeramente y luego de nuevo aumenta lentamente al nivel de OVP de batería. La tensión de carga de batería (Vbat) se muestra como constante restante (justo debajo del nivel de OVP de batería) durante la fase de reductor de tensión constante (entre los instantes T4 y T5).

La forma de onda etiquetada 406 muestra que la corriente de carga de batería (Ichg) permanece constante en aproximadamente 0,2 Amperios (A) durante la fase de precarga (entre los instantes T0 y T1). En el instante T1 la corriente de batería (Ichg) salta hasta aproximadamente 1A y permanece constante en aproximadamente 1 A durante la fase de reductor de corriente constante (entre los instantes T1 y T2). La corriente de carga de batería (Ichg) se muestra como variando entre aproximadamente 4 A y 3,7 A a modo de dientes de sierra durante la fase de condensador conmutado de corriente constante (entre los instantes T2 y T3). La corriente de carga de batería (Ichg), durante la fase de condensador conmutado de tensión constante (entre los instantes T3 y T4), disminuye de aproximadamente 4 A a aproximadamente 2 A de manera parabólica, con una breve disminución correspondiente a cuando la tensión de carga de batería (Vbat) ha alcanzado el nivel de OVP. La corriente de carga de batería (Ichg) se muestra como disminuyendo de aproximadamente 2A a la corriente de terminación cerca de 0 A de manera parabólica durante la fase de reductor de tensión constante (entre los instantes T4 y T5).

La FIGURA 5 es un diagrama de estado que se utiliza para explicar cómo funciona el sistema de carga inalámbrica de batería mostrado en la FIGURA 3 según ciertas realizaciones de la presente tecnología. Haciendo referencia a la FIGURA 5, tras el inicio 502 un límite de corriente de carga de batería (Ichg_lim) se establece igual a un límite de corriente de precarga (Ilim_pre), y el convertidor reductor (248 en la FIGURA 3) se habilita. El estado 504 corresponde a la fase de precarga, durante la que el cargador reductor 248 realiza precarga y el límite de corriente de carga de batería (Ichg_lim) se establece igual a un límite de corriente constante (Ilim_cc). La precarga usando el cargador reductor 248 continúa hasta que la tensión de carga de batería (Vbat) supera un primer umbral de tensión (Vlow), que también puede denominarse umbral de tensión de precarga. El estado 506 corresponde a la fase de reductor de corriente constante, durante la que la corriente de carga de batería (Ichg) se mantiene constante, y la tensión de carga de batería (Vbat) se aumenta gradualmente. Cuando la tensión de carga de batería (Vbat) supera un segundo umbral de tensión (Vsc_min), pero está por debajo de un tercer umbral de tensión (Vcv_buck), entonces se inhabilita el cargador reductor 248, se habilita el cargador de condensador conmutado 350, y ocurre el estado 508. El estado 508 corresponde a la fase de corriente constante de condensador conmutado, durante la que el cargador de condensador conmutado 350 se usa para cargar la batería 152 mientras se mantiene la corriente de carga de batería (Ichg) generalmente constante hasta que la tensión de carga de batería (Vbat) alcanza un umbral de tensión (Vcv_cc) adicional, punto en el que hay es una transición al estado 510. El estado 510 corresponde al estado de condensador de conmutación de tensión constante, durante la que el cargador de condensador conmutado 350 se usa para cargar la batería mientras se mantiene la tensión de carga de batería (Vbat) generalmente constante hasta que la corriente de carga de batería (Ichg) cae por debajo de un primer umbral de corriente (Isc_min), punto en el que se inhabilita el cargador de condensador conmutado 350, se habilita el cargador reductor 248 y hay una transición al estado 512. Como se muestra en la FIGURA 5, también es posible que pueda haber un salto al estado 512 directamente desde el estado 506, si la tensión de carga de batería (Vbat) supera el tercer umbral de tensión (Vcv_buck). Esto puede suceder, p. ej., si una batería que empieza a cargarse ya está cerca de estar totalmente cargada desde el inicio.

El estado 512 corresponde a la fase de reductor de tensión constante, durante la que el cargador reductor 248 se usa para cargar la batería mientras se mantiene la tensión de carga de batería (Vbat) generalmente constante hasta que la corriente de carga de batería (Ichg) cae por debajo de un segundo umbral de corriente (Iterm), punto en el que se inhabilita el cargador reductor 348, y la carga se para en el estado 514, porque la batería está totalmente cargada.

En la descripción anterior Ilim es un ajuste previo al límite de corriente para precarga, un valor ejemplar es 120 mA. Ilim_cc es ajuste de límite de corriente para carga reductor CC, un valor ejemplar es 1 A-2 A. Iterm es el ajuste de corriente de terminación, un valor ejemplar es 10 mA. Vcv_sc es la tensión mínima para entrar CV SC, un valor ejemplar es 4,1 V. Vcv_buck es la tensión mínima para entrar CV reductor, un valor ejemplar es 4,2 V.

La FIGURA 6 es un diagrama de flujo de alto nivel que se utiliza para resumir ciertos métodos para utilizar con el sistema de carga inalámbrica de batería mostrado en la FIGURA 3. Más específicamente, el diagrama de flujo de la FIGURA 6 es una manera diferente de representar lo que ya se ha mostrado en el diagrama de estado de la FIGURA 5.

Después de iniciarse el método en la etapa 604, en la etapa 606 se habilita el convertidor reductor (248 en la FIGURA 3). En aproximadamente el mismo momento un límite de corriente de carga de batería (Ichg_lim) se puede establecer igual a un límite de corriente de precarga (Ilim_pre).

En la etapa 608 el cargador reductor 248 realiza precarga de la batería. Adicionalmente, en aproximadamente el mismo momento el límite de corriente de carga de batería (Ichg_lim) se puede establecer igual a ser igual un límite de corriente constante (Ilim_cc).

En la etapa 610 hay una determinación de si la tensión de carga de batería (Vbat) supera un primer umbral de tensión (Vlow), que también puede denominarse umbral de tensión de precarga. Si la respuesta a la etapa 610 es No, la flujo vuelve a la etapa 608. Si la respuesta a la etapa 610 es Sí, entonces el flujo va a la etapa 612.

En la etapa 612 el cargador reductor (248 en la FIGURA 3) se usa para realizar carga a corriente constante de la batería, durante la que la corriente de carga de batería (Ichg) se mantiene constante, y la tensión de carga de batería (Vbat) se aumenta gradualmente.

En la etapa 614 hay una determinación de si la tensión de carga de batería (Vbat) supera un tercer umbral de tensión (Vcv_buck). Si la respuesta a la determinación en la etapa 614 es No, entonces el flujo va a la etapa 616. Si la respuesta a la determinación en la etapa 614 es Sí, entonces el flujo salta a la etapa 634, que se discute más adelante.

En la etapa 616 hay una determinación de si la tensión de carga de batería (Vbat) está entre un segundo umbral de tensión (Vsc_min) y el tercer umbral de tensión (Vcv_buck). Si la respuesta a la determinación en la etapa 616 es No, entonces el flujo vuelve a la etapa 612. Si la respuesta a la determinación en la etapa 616 es Sí, entonces el flujo va a la etapa 618.

En la etapa 618 se inhabilita el cargador reductor 248, y en la etapa 620 se habilita el cargador de condensador conmutado (350 en la FIGURA 3). En la etapa 622 el cargador de condensador conmutado 350 se usa para cargar la batería mientras se mantiene la corriente de carga de batería (Ichg) generalmente constante. En la etapa 624 hay una determinación de si la tensión de carga de batería (Vbat) ha alcanzado un umbral de tensión adicional (Vcv_sc). Si la respuesta a la determinación en la etapa 624 es No, entonces el flujo vuelve a la etapa 622. Si la respuesta a la determinación en la etapa 624 es Sí, entonces el flujo va a la etapa 626.

En la etapa 626 el cargador de condensador conmutado 350 se usa para cargar la batería mientras se mantiene la tensión de carga de batería (Vbat) generalmente constante.

En la etapa 628 hay una determinación de si la corriente de carga de batería (Ichg) está por debajo de un primer umbral de corriente (Isc_min). Si la respuesta a la determinación en la etapa 628 es No, entonces el flujo vuelve a la etapa 626. Si la respuesta a la determinación en la etapa 628 es Sí, entonces el flujo va a la etapa 630.

En la etapa 630, se inhabilita el cargador de condensador conmutado 350. En la etapa 632 se habilita el cargador reductor 248. En la etapa 634 el cargador reductor se usa para cargar la batería mientras se mantiene la tensión de carga de batería (Vbat) generalmente constante.

En la etapa 636 hay una determinación de si la corriente de carga de batería (Ichg) es menor que un segundo umbral de corriente (Iterm). Si la respuesta a la determinación en la etapa 636 es No, entonces el flujo vuelve a la etapa 634. Si la respuesta a la determinación en la etapa 636 es Sí, entonces el flujo va a la etapa 638. En la etapa 638 se inhabilita el cargador reductor, y la carga se para, como se representa por la etapa 640, porque la batería está totalmente cargada.

Las etapas descritas con referencia a la FIGURA 6 se pueden realizar por uno o más controlador, que incluye, p. ej., el controlador PD 214, el controlador PD 224, y/o el AP 244. En ciertas realizaciones, el AP 244 se puede usar para realizar, o al menos supervisar, una mayoría de las etapas descritas con referencia a la FIGURA 6. El controlador PD 214 y/o el controlador PD 224 también pueden ayudar a realizar ciertas etapas. También son posibles otras variaciones.

Las FIGURAS 7A, 7B, y 7C son diagramas de flujo de alto nivel que se usan a resumir cómo se controlan ciertas tensiones durante una fase de condensador conmutado de corriente constante según diversas realizaciones diferentes de la presente tecnología. En otras palabras, los diagramas de flujo en las FIGURAS 7A, 7B y 7C se usan para resumir diferentes formas de implementar el estado 508 en la FIGURA 5, o diferente formas de implementar la etapa 622 en la FIGURA 6.

Haciendo referencia a la FIGURA 7A, la etapa 702 implica obtener mediciones de corriente de carga de batería (Ichg) y tensión de entrada (Vin). El controlador PD 224 y/o el TXIC de potencia inalámbrica 226 del TX de potencia inalámbrica 122 pueden obtener la medición de tensión de entrada (Vin). Como alternativa, el controlador PD 214 del adaptador 112 pueden obtener la medición de tensión de entrada (Vin). El procesador AP 224 pueden obtener la medición de Ichg por todo el proceso de carga desde los cargadores (p. ej., 248 y 250). También son posibles otras variaciones.

La etapa 704 implica calcular un error de corriente de carga de batería (Ierr) usando la Ecuación: Ierr = I_target - Ichg, donde I_target es un objetivo de corriente predeterminada para su utilización durante la fase de condensador conmutado de corriente constante. La etapa 704 puede ser realizada, p. ej., por el AP 244, el controlador PD 224, o el controlador PD 214, como tal los controladores pueden comunicarse para pasar mediciones y cálculos entre sí.

La etapa 706a implica actualizar un ajuste de tensión de entrada (Vin_set) usando la Ecuación: Vin_set = Vin_set + (Ierr * Ki_CC), donde Ki_CC es una constante predeterminada, y Vin_set es un ajuste que se utiliza para controlar la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica 122.

La etapa 708 implica calcular una ganancia de tensión del sistema de carga inalámbrica de batería usando la Ecuación: ganancia = Vout_set / Vin, donde Vout_set es un ajuste usado para controlar la tensión de salida (Vout) producida por el RXIC de potencia inalámbrica 246, y Vin es la tensión de entrada (Vin) real producida por el adaptador.

En la etapa 710 hay una determinación de si una diferencia entre la ganancia (gain) real y un objetivo de ganancia (gain_target) es menor que un umbral inferior (p. ej., -0,015). Si la respuesta a la determinación en la etapa 710 es Sí, entonces el flujo va a la etapa 712a y Vout_set se actualiza usando la Ecuación: Vout_set = Vout_set + Vout_step, donde Vout_step es un tamaño de paso de tensión predeterminado. Si la respuesta a la determinación en la etapa 710 es No, entonces el flujo va a la etapa 714. En la etapa 714 hay una determinación de si una diferencia entre la ganancia (gain) real y el objetivo de ganancia (gain_target) es mayor que un umbral superior (p. ej., 0,015). Si la respuesta a la determinación en la etapa 714 es Sí, entonces el flujo va a la etapa 716a y Vout_set se actualiza usando la Ecuación: Vout_set = Vout_set - Vout_step, donde Vout_step es un tamaño de paso de tensión predeterminado, que puede ser igual que Vout_step usado en la etapa 714a, o puede ser diferente. Si la respuesta a la determinación en la etapa 714 es No, entonces el flujo va a la etapa 718. El flujo también puede ir a la etapa 718 después realizarse una de las etapas 712a o 716a. En la etapa 718 Vout_set se envía al RXIC de potencia inalámbrica 246, en donde Vout_set puede actualizarse o no, dependiendo de si la ganancia de sistema real estaba dentro de un umbral de cantidad del objetivo de ganancia. En la etapa 720 Vin_set se envía al adaptador 112.

El diagrama de flujo de la FIGURA 7A resume una técnica que se puede usar, durante la fase de condensador conmutado de corriente constante, para ajustar la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica 122 para provocar que una corriente de carga de batería (Ichg) permanezca cerca de un objetivo de corriente de carga (I_target), y para ajustar la tensión de salida (Vout) producida por el RX de potencia inalámbrica para provocar que una ganancia de tensión del sistema permanezca cerca de un objetivo de ganancia de tensión (gain_target).

Haciendo referencia ahora a la FIGURA 7B, las etapas 702 y 704 son iguales que en la FIGURA 7A, y así no es necesario describirlas de nuevo. La etapa 706b implica actualizar el ajuste de tensión de salida (Vout_set) usando la Ecuación: Vout_set = Vout_set + (Ierr * Ki_CC), donde Ki_CC es una constante predeterminada, y Vout_set es un ajuste que se utiliza para controlar la tensión de salida (Vout) producida por el RXIC de potencia inalámbrica 246.

Las etapas 708, 710 y 714 en la FIGURA 7B son igual que en la FIGURA 7A, y así no es necesario describirlas de nuevo. Si la respuesta a la determinación en la etapa 710 es Sí, entonces el flujo va a la etapa 712b y Vin_set se actualiza usando la Ecuación: Vin_set = Vin_set + Vin_step, donde Vin_step es un tamaño de paso de tensión predeterminado. Si la respuesta a la determinación en la etapa 710 es No, entonces el flujo va a la etapa 714. Si la respuesta a la determinación en la etapa 714 es Sí, entonces el flujo va a la etapa 716b y Vin_set se actualiza usando la Ecuación: Vin_set = Vin_set - Vin_step, donde Vin_step es un tamaño de paso de tensión predeterminado, que puede ser igual que Vin_step usado en la etapa 714b, o puede ser diferente. Si la respuesta a la determinación en la etapa 714 es No, entonces el flujo va a la etapa 718. El flujo también puede ir a la etapa 718 siguiendo una de las etapas 712b o 716b. En la etapa 718 Vout_set se envía al RXIC de potencia inalámbrica 246. En la etapa 720 Vin_set se envía al adaptador 112, en donde Vin_set puede actualizarse o no, dependiendo de si la ganancia real estaba dentro de un umbral de cantidad del objetivo de ganancia.

El diagrama de flujo de la FIGURA 7B resume una técnica que se puede usar, durante la fase de condensador conmutado de corriente constante, para ajustar la tensión de salida (Vout) producida por el RX de potencia inalámbrica para provocar que una corriente de carga de batería (Ichg) permanezca cerca de un objetivo de corriente de carga

(I_target), y para ajustar la tensión de entrada (Vin) producida por el adaptador 112 para provocar que la ganancia de tensión del sistema permanezca cerca del objetivo de ganancia de tensión.

Haciendo referencia ahora a la FIGURA 7C, la etapa 702 es igual que en la FIGURA 7A, y así no es necesario describirla de nuevo. En la etapa 705 hay una determinación de si la corriente de carga de batería (Ichg) es menor que un umbral de corriente baja (Ithr_low). Si la respuesta a la determinación en la etapa 705 es Sí, entonces el flujo va a la etapa 712a, que es igual que la etapa 712a en la FIGURA 7A y así es necesario describirla de nuevo. Si la respuesta a la determinación en la etapa 705 es No, entonces el flujo va a la etapa 707. En la etapa 707 hay una determinación de si la corriente de carga de batería (Ichg) es mayor que un umbral de corriente alto (Ithr_high). Si la respuesta a la determinación en la etapa 707 es Sí, entonces el flujo va a la etapa 716a, que es igual que la etapa 716a en la FIGURA 7A y así es necesario describirla de nuevo. Si la respuesta a la determinación en la etapa 707 es No, entonces el flujo va a la etapa 710. Las etapas 710, 714, 712b y 716b en la FIGURA 7C son igual que las etapas comúnmente numeradas en las FIGURAS 7A y/o 7B descritas anteriormente, y así no es necesario describirlas de nuevo.

En la etapa 718 Vout_set se envía al RXIC de potencia inalámbrica 246, en donde Vout_set puede actualizarse o no, dependiendo de si la corriente de carga de batería (Ichg) está dentro de un umbral de intervalo. En la etapa 720 Vin_set se envía al adaptador 112, en donde Vin_set puede actualizarse o no, dependiendo de si la ganancia real estaba dentro de un umbral de cantidad del objetivo de ganancia.

El diagrama de flujo de la FIGURA 7C resume otra técnica que se puede usar, durante la fase de condensador conmutado de corriente constante, para ajustar la tensión de salida (Vout) producida por el RX de potencia inalámbrica para provocar que una corriente de carga de batería (Ichg) permanezca cerca de un objetivo de corriente de carga (I_target), y para ajustar la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica 122 para provocar que la ganancia de tensión del sistema permanezca cerca del objetivo de ganancia de tensión.

En cada una de las realizaciones descritas en esta memoria, la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica 122 puede ser ajustada por el adaptador 112, si el adaptador 112 tiene este tipo de capacidad. Como alternativa, un convertidor CC-CC adicional se puede ubicar entre el adaptador 112 y el TX de potencia inalámbrica 122, el adaptador 112 puede tener como salida una tensión constante de CC, y el convertidor CC-CC adicional se puede controlar para ajustar la tensión de entrada (Vin) que se proporciona al TX de potencia inalámbrica 122. Tal control de la tensión de entrada (Vin) puede ser realizado, p. ej., por el controlador PD 214, el controlador PD 224, el AP 244, o algún otro controlador, dependiendo de la implementación específica. En realizaciones donde el adaptador 112 no controla la tensión de entrada (Vin), la Vin_set en la etapa 720 debe enviarse en cambio a cualquier controlador que controle la tensión de entrada (Vin). En ciertas realizaciones, Vout_set se envía únicamente en un caso de la etapa 718 si se ha cambiado. En ciertas realizaciones, Vin_set se envía únicamente en un caso de la etapa 720 si se ha cambiado.

En una realización alternativa, la medición de Vin obtenida en la etapa 702 podría simplificarse estimando que Vin=Vin_set, en cuyos casos, la ganancia podría estimarse en la etapa 708 usando la ecuación gain=Vout_set/Vin_set.

En ciertas realizaciones, la frecuencia de funcionamiento podría como alternativa o adicionalmente usarse como objetivo de control (p. ej., en las etapas 710 y 714), donde la frecuencia de funcionamiento podría obtenerse a través de mediciones por el TXIC o RXIC (p. ej., como parte de la etapa 702). En la etapa 710 y 714, o etapas adicionales, la frecuencia de funcionamiento medida podría compararse con un objetivo de frecuencia de funcionamiento f_target, para determinar si la frecuencia de funcionamiento está dentro de un umbral de intervalo de la objetivo, que tiene como resultado que las comparaciones se usan para actualizar Vin_set y/o Vout_set (p. ej., en las etapas 712a,b y/o 716a,b, o etapas adicionales).

En todavía otras realizaciones, durante la fase de condensador conmutado de corriente constante, la tensión de salida (Vout) producida por el RX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que una corriente de carga de batería permanezca cerca de un objetivo de corriente de carga, mientras la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica está fija.

Las FIGURAS 8A y 8B son diagramas de flujo de alto nivel que se usan a resumir cómo se controlan ciertas tensiones durante una fase de condensador conmutado de tensión constante según diversas realizaciones diferentes de la presente tecnología. En otras palabras, los diagramas de flujo en las FIGURAS 8A y 8B se usan para resumir diferentes formas de implementar el estado 510 en la FIGURA 5, o diferentes formas de implementar la etapa 626 en la FIGURA 6.

Haciendo referencia a la FIGURA 8A, la etapa 802 implica obtener mediciones de corriente de carga de batería (Ichg), tensión de entrada (Vin), y tensión de carga de batería (Vbat). El controlador PD 224 y/o el TXIC de potencia inalámbrica 226 del TX de potencia inalámbrica 122 pueden obtener la medición de tensión de entrada (Vin). Como alternativa, el controlador PD 214 del adaptador 112 pueden obtener la medición de tensión de entrada (Vin). El AP 244 puede obtener las mediciones de Ichg y Vbat por todo el proceso de carga desde los cargadores (p. ej., 248 y 350). También son posibles otras variaciones.

La etapa 804 implica calcular un error de tensión de carga de batería (Verr) usando la Ecuación: Verr = Vbat_target - Vbat, donde Vbat_target es un objetivo de tensión de carga predeterminado para su utilización durante la fase de condensador conmutado de tensión constante. La etapa 804 puede ser realizada, p. ej., por el AP 244, el controlador PD 224 o el controlador PD 214, como tal los controladores pueden comunicarse para pasar mediciones y cálculos entre sí. También son posibles otras variaciones.

La etapa 806a implica actualizar un ajuste de tensión de entrada (Vin_set) usando la Ecuación: Vin_set = Vin_set + (Verr * Ki_cc), donde Ki_cv es una constante predeterminada, y Vin_set es un ajuste que se utiliza para controlar la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica 122.

La etapa 808 implica calcular una ganancia de tensión usando la Ecuación: ganancia = Vout_set / Vin, donde Vout_set es un ajuste usado para controlar la tensión de salida (Vout) producida por el RXIC de potencia inalámbrica 246, y Vin es la tensión de entrada real (Vin) producida por el adaptador.

En la etapa 810 hay una determinación de si una diferencia entre la ganancia (gain) real y un objetivo de ganancia (gain_target) es menor que un umbral inferior (p. ej., -0,015). Si la respuesta a la determinación en la etapa 810 es Sí, entonces el flujo va a la etapa 812a y Vout_set se actualiza usando la Ecuación: Vout_set = Vout_set + Vout_step, donde Vout_step es un tamaño de paso de tensión predeterminado. Si la respuesta a la determinación en la etapa 810 es No, entonces el flujo va a la etapa 814. En la etapa 814 hay una determinación de si una diferencia entre la ganancia (gain) real y el objetivo de ganancia (gain_target) es mayor que un umbral superior (p. ej., 0,015). Si la respuesta a la determinación en la etapa 814 es Sí, entonces el flujo va a la etapa 816a y Vout_set se actualiza usando la Ecuación: Vout_set = Vout_set - Vout_step, donde Vout_step es un tamaño de paso de tensión predeterminado, que puede ser igual que Vout_step usado en la etapa 814a, o puede ser diferente. Si la respuesta a la determinación en la etapa 814 es No, entonces el flujo va a la etapa 818. El flujo también puede ir a la etapa 818 después de realizarse una de la etapa 812a o 816a. En la etapa 818 Vout_set se envía al RXIC de potencia inalámbrica 246, en donde Vout_set puede actualizarse o no, dependiendo de si la ganancia real estaba dentro de un umbral de cantidad del objetivo de ganancia. En la etapa 820 Vin_set se envía al adaptador 112.

El diagrama de flujo de la FIGURA 8A resume una técnica que se puede usar, durante la fase de condensador conmutado de tensión constante, para ajustar la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica 122 para provocar que una tensión de carga de batería (Vbat) permanezca cerca de un objetivo de tensión de carga (Vbat_target), y para ajustar la tensión de salida (Vout) producida por el RX de potencia inalámbrica para provocar que una ganancia de tensión del sistema permanezca cerca de un objetivo de ganancia de tensión (gain_target).

Haciendo referencia ahora a la FIGURA 8B, las etapas 802 y 804 son igual que en la FIGURA 8A, y así no es necesario describirlas de nuevo. La etapa 806b implica actualizar el ajuste de tensión de salida (Vout_set) usando la Ecuación: Vout_set = Vout_set + (Ierr * Ki_cc), donde Ki_cc es una constante predeterminada, y Vout_set es un ajuste que se utiliza para controlar la tensión de salida (Vout) producida por el RXIC de potencia inalámbrica 246.

Las etapas 808, 810, y 814 en la FIGURA 8B son igual que en la FIGURA 8A, y así no es necesario describirlas de nuevo. Si la respuesta a la determinación en la etapa 810 es Sí, entonces el flujo va a la etapa 812b y Vin_set se actualiza usando la Ecuación: Vin_set = Vin_set + Vin_step, donde Vin_step es un tamaño de paso de tensión predeterminado. Si la respuesta a la determinación en la etapa 810 es No, entonces el flujo va a la etapa 814. Si la respuesta a la determinación en la etapa 814 es Sí, entonces el flujo va a la etapa 816b y Vin_set se actualiza usando la Ecuación: Vin_set = Vin_set - Vin_step, donde Vin_step es un tamaño de paso de tensión predeterminado, que puede ser igual que Vin_step usado en la etapa 814b, o puede ser diferente. Si la respuesta a la determinación en la etapa 814 es No, entonces el flujo va a la etapa 818. El flujo también puede ir a la etapa 818 siguiendo una de las etapas 812b o 816b. En la etapa 818 Vout_set se envía al RXIC de potencia inalámbrica 246. En la etapa 820 Vin_set se envía al adaptador 112, en donde Vin_set puede actualizarse o no, dependiendo de si la ganancia real estaba dentro de un umbral de cantidad del objetivo de ganancia.

El diagrama de flujo de la FIGURA 8B resume una técnica que se puede usar, durante la fase de condensador conmutado de tensión constante, para ajustar la tensión de salida (Vout) producida por el RX de potencia inalámbrica para provocar que una tensión de carga de batería (Vbat) permanezca cerca de un objetivo de tensión de carga (Vbat_target), y para ajustar la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica 122 para provocar que la ganancia de tensión del sistema permanezca cerca del objetivo de ganancia de tensión.

En cada una de las realizaciones descritas en esta memoria, la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica 122 puede ser ajustada por el adaptador 112, si el adaptador 112 tiene este tipo de capacidad. Como alternativa, un convertidor CC-CC adicional se puede ubicar entre el adaptador 112 y el TX de potencia inalámbrica 122, el adaptador 112 puede tener como salida una tensión constante de CC, y el convertidor CC-CC adicional se puede controlar para ajustar la tensión de entrada (Vin) que se proporciona al TX de potencia inalámbrica 122. Tal control de la tensión de entrada (Vin) puede ser realizado, p. ej., por el controlador PD 214, el controlador PD 224, el AP 244, o algún otro controlador, dependiendo de la implementación específica. En realizaciones donde el adaptador 112 no controla la tensión de entrada (Vin), la Vin_set en la etapa 820 debe enviarse en cambio a cualquier

controlador que controle la tensión de entrada (Vin). En ciertas realizaciones, Vout_set se envía únicamente en un caso de la etapa 818 si se ha cambiado. En ciertas realizaciones, Vin_set se envía únicamente en un caso de la etapa 820 si se ha cambiado.

En realizaciones alternativas, durante la fase de condensador conmutado de tensión constante, la tensión de salida (Vout) producida por el RX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que la tensión de carga de batería permanezca cerca de un objetivo de tensión, mientras la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica está fija.

En ciertas realizaciones, la frecuencia de funcionamiento podría como alternativa o adicionalmente usarse como objetivo de control (p. ej., en las etapas 810 y 814), donde la frecuencia de funcionamiento podría obtenerse a través de mediciones por el TXIC o RXIC (p. ej., como parte de la etapa 802). En la etapa 810 y 814, o etapas adicionales, la frecuencia de funcionamiento medida podría compararse con un objetivo de frecuencia de funcionamiento f_target, para determinar si la frecuencia de funcionamiento está dentro de un umbral de intervalo del objetivo, usándose los resultados de las comparaciones para actualizar Vin_set y/o Vout_set (p. ej., en las etapas 812a,b y/o 816a,b, o etapas adicionales).

Se pueden usar comunicaciones en banda especificadas por el estándar Qi para realizar comunicación entre los diversos controladores descritos anteriormente. Como alternativa, o adicionalmente, se puede realizar comunicación fuera de banda, p. ej., usando Bluetooth, WIFI, comunicación de campo cercano (NFC), etc.

En muchas de las realizaciones descritas anteriormente, un cargador reductor se ha descrito típicamente usado para carga de bucle cerrado, y un cargador de condensador conmutado se ha descrito típicamente usado para carga de bucle abierto. También sería posible usar otros tipos de convertidores CC-CC de bucle cerrado en lugar del cargador reductor para carga de bucle cerrado, tal como un cargador reforzador, un cargador reductor-reforzador, etc. pero sin limitación a esto. También sería posible usar otros tipos de convertidores CC-CC de bucle abierto en lugar del cargador de condensador conmutado para carga de bucle abierto, tal como, un cargador con conmutador de carga, o un cargador de carga rápida, pero sin limitación a esto.

La FIGURA 9 es un diagrama de flujo de alto nivel que se utiliza para resumir diversos métodos descritos anteriormente para cargar inalámbricamente una batería de un dispositivo electrónico que incluye una carga alimentada por la batería. Haciendo referencia a la FIGURA 9, la etapa 902 implica convertir una tensión de CA, recibida de un suministro de energía de CA, en una tensión de CC, la conversión realizada por un adaptador (p. ej., 112 en la FIGURA 3). La etapa 904 implica aceptar, en un transmisor (TX) de potencia inalámbrica (p. ej., 122 en la FIGURA 3), una tensión de entrada (Vin), en donde la tensión de entrada (Vin) aceptada por el TX de potencia inalámbrica se basa en la tensión de CC producida por el adaptador. Más específicamente, la tensión de entrada (Vin) que es aceptada por el TX de potencia inalámbrica puede ser la tensión de CC producida por el adaptador, o como alternativa, puede ser producida por un convertidor CC-CC adicional (ubicado entre el adaptador y el TX de potencia inalámbrica) que recibe la tensión de CC producida por el adaptador genera Vin en su salida. En otras palabras, la tensión de entrada (Vin) aceptada por el TX de potencia inalámbrica que se basa en la tensión de CC producida por el adaptador pueden significar que la tensión de entrada (Vin) aceptada por el TX de potencia inalámbrica es simplemente la tensión de CC producida por el adaptador, o como alternativa, puede significar que la tensión de entrada (Vin) aceptada por el TX de potencia inalámbrica es producida por un convertidor CC-CC adicional que está entre el adaptador y el TX de potencia inalámbrica (en donde el convertidor CC-CC adicional recibe la tensión de CC producida por el adaptador y genera la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica). La etapa 906 implica transmitir potencia inalámbricamente desde el TX de potencia inalámbrica a un receptor (RX) de potencia inalámbrica (p. ej., 246 en la FIGURA 3), la transmisión realizada dependiendo de la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica. La etapa 908 implica recibir potencia inalámbricamente, en el RX de potencia inalámbrica, desde el TX de potencia inalámbrica. La etapa 910 implica producir una tensión de salida de CC (Vout) dependiendo de la potencia recibida inalámbricamente por el RX de potencia inalámbrica. La etapa 910 puede ser realizada por el RXIC de potencia inalámbrica 246 en la FIGURA 3. La etapa 912 implica durante un primer conjunto de fases de carga habilitar un primer cargador e inhabilitar un segundo cargador y convertir la tensión de salida de CC (Vout) a una tensión de carga de batería (Vbat) usando el primer cargador, el primer cargador comprende un convertidor CC-CC de bucle cerrado. La etapa 914 implica durante un segundo conjunto de fases de carga inhabilitar el primer cargador y habilitar el segundo cargador y convertir la tensión de salida de CC (Vout) a la tensión de carga de batería (Vbat) usando el segundo cargador, el segundo cargador comprende un convertidor CC-CC de bucle abierto. Si bien las etapas 912 y 914 se muestran una después otra en la FIGURA 9, en fases de implantación real de los conjuntos primero y segundo de fases de carga se pueden entrelazar entre sí, como se puede entender de la descripción anterior.

En realizaciones específicas, el convertidor CC-CC de bucle cerrado del primer cargador comprende un cargador reductor, y el convertidor CC-CC de bucle abierto del segundo cargador comprende un cargador de condensador conmutado, un cargador con conmutador de carga o un cargador de carga rápida. En ciertas realizaciones, el convertidor CC-CC de bucle abierto del segundo cargador comprende un cargador de condensador conmutado, y las fases de carga incluir una fase de precarga, una fase de reductor de corriente constante, una fase de condensador conmutado de corriente constante, una fase de condensador conmutado de tensión constante y una fase de reductor de tensión constante.

Según ciertas realizaciones, el primer cargador se habilita y el segundo cargador se inhabilitan durante la fase de precarga, la fase de reductor de corriente constante y la fase de reductor de tensión constante; y el segundo cargador se habilita, y el primer cargador se inhabilita durante la fase de condensador conmutado de corriente constante y la fase de condensador conmutado de tensión constante. Según ciertas realizaciones, la fase de precarga corresponde a cuando una tensión de carga de batería (Vbat) está por debajo de un primer umbral de tensión (Vlow); la fase de reductor de corriente constante corresponde a cuando la tensión de carga de batería (Vbat) está entre el primer umbral de tensión (Vlow) y un segundo umbral de tensión (Vsc_min); la fase de condensador conmutado de corriente constante corresponde a cuando la tensión de carga de batería (Vbat) está entre el segundo umbral de tensión (Vsc_min) y un tercer umbral de tensión (Vcv_buck); la fase de condensador conmutado de tensión constante corresponde a cuando la tensión de carga de batería (Vbat) es mayor que un cuarto umbral de tensión (Vcv_sc); y la fase de reductor de tensión constante corresponde a cuando la tensión de carga de batería (Vbat) es mayor que el tercer umbral de tensión (Vcv_buck) o la corriente de carga de batería (Ichg) es menor que un umbral de corriente (Isc_min).

Según ciertas realizaciones, durante la fase de condensador conmutado de corriente constante, la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que una corriente de carga de batería (Ichg) permanezca cerca de un objetivo de corriente de carga, y ajustar la tensión de salida (Vout) producida por el RX de potencia inalámbrica para provocar que una ganancia de tensión permanezca cerca de un objetivo de ganancia de tensión, en donde la ganancia de tensión es la ratio de la tensión de salida (Vout) a la tensión de entrada (Vin). Como alternativa, durante la fase de condensador conmutado de corriente constante, la tensión de salida (Vout) producida por el RX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que una corriente de carga de batería (Ichg) permanezca cerca de un objetivo de corriente de carga, y ajustar la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica para provocar que una ganancia de tensión permanezca cerca de un objetivo de ganancia de tensión, en donde la ganancia de tensión es una ratio de la tensión de salida (Vout) a la tensión de entrada (Vin). Como alternativa, durante la fase de condensador conmutado de corriente constante, la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que una corriente de carga de batería (Ichg) permanezca cerca de un objetivo de corriente de carga, y la tensión de salida (Vout) producida por el RX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que una frecuencia de funcionamiento permanezca cerca de un objetivo de frecuencia de funcionamiento. Como alternativa, durante la fase de condensador conmutado de corriente constante, la tensión de salida (Vout) producida por el RX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que una corriente de carga de batería (Ichg) permanezca cerca de un objetivo de corriente de carga, y la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que una frecuencia de funcionamiento permanezca cerca de un objetivo de frecuencia de funcionamiento. En todavía otras realizaciones, durante la fase de condensador conmutado de corriente constante, la tensión de salida (Vout) producida por el RX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que una corriente de carga de batería permanezca cerca de un objetivo de corriente de carga, mientras la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica está fija.

Según ciertas realizaciones, durante la fase de condensador conmutado de tensión constante, la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica para provocar que la tensión de carga de batería (Vbat) se ajusta para permanecer cerca de un objetivo de tensión, y ajustar la tensión de salida (Vout) producida por el RX de potencia inalámbrica para provocar que una ganancia de tensión permanezca cerca de un objetivo de ganancia de tensión, en donde la ganancia de tensión es una ratio de la tensión de salida (Vout) a la tensión de entrada (Vin). Como alternativa, durante la fase de condensador conmutado de tensión constante, la tensión de salida (Vout) producida por el RX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que la tensión de carga de batería permanezca cerca de un objetivo de tensión, y ajustar la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica para provocar que una ganancia de tensión permanezca cerca de un objetivo de ganancia de tensión, en donde la ganancia de tensión es una ratio de la tensión de salida (Vout) a la tensión de entrada (Vin). Como alternativa, durante la fase de condensador conmutado de tensión constante, la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que una tensión de carga de batería (Vbat) permanezca cerca de un objetivo de tensión, y la tensión de salida (Vout) producida por el RX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que una frecuencia de funcionamiento permanezca cerca de un objetivo de frecuencia de funcionamiento. Como alternativa, durante la fase de condensador conmutado de tensión constante, la tensión de salida (Vout) producida por el RX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que una tensión de carga de batería (Vbat) permanezca cerca de un objetivo de tensión, y la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que una frecuencia de funcionamiento permanezca cerca de un objetivo de frecuencia de funcionamiento. En todavía otras realizaciones, durante la fase de condensador conmutado de tensión constante, la tensión de salida (Vout) producida por el RX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que la tensión de carga de batería permanezca cerca de un objetivo de tensión, mientras la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica está fija.

Además detalles de la métodos resumidos con referencia a la FIGURA 9 se pueden apreciar de la discusión anterior de las FIGURAS 1-8B.

Un cargador de bucle cerrado, tal como un cargador reductor (p. ej., 248), usualmente tiene un control interno que cumple los requisitos de control para las fases precarga, de reductor de corriente constante y de reductor de tensión constante. Sin embargo, puesto que un cargador de condensador conmutado (p. ej., 350) (u otro tipo de cargador de

bucle abierto) propio funciona en bucle abierto, un controlador de nivel de sistema (p. ej., 244) se puede usar para controlar la carga a corriente constante durante la fase de condensador conmutado de corriente constante y para controlar la carga a tensión constante durante la fase de condensador conmutado de tensión constante.

Convencionalmente, un sistema de carga inalámbrica de batería emplea control de tensión de salida entre el TXIC y RXIC a través de ajustar la frecuencia de funcionamiento, ciclo de trabajo, etc. La principal finalidad de este control es asegurar una tensión de salida (Vout) apropiada mientras cambia la condición de acoplamiento entre el TX y RX (tal como desplazamiento/movimiento relativo) o cambia la condición de carga de salida. Para un cargador de bucle abierto, tal como un cargador de condensador conmutado 2:1, realizaciones descritas en esta memoria introducen un mecanismo de control de nivel de sistema, p. ej., a través de un procesador de aplicación (AP), para asegurar que el control de bucle cerrado existente entre el TX y RX todavía es adecuado para soportar diferentes condiciones de acoplamiento y carga mientras se proporcionar regulación de corriente/tensión de salida. En ciertos métodos descritos en esta memoria hay dos variables de control: Vin y Vout, que pueden usarse para realizar dos objetivos. Un objetivo es regular la corriente de carga (para el estado CC SC) o la tensión de carga (para el estado CV SC). El otro objetivo es controlar la ganancia (Vout/Vin) o la frecuencia de funcionamiento para que estén cerca de un valor específico que soporta la variación en condiciones de acoplamiento y carga. El control de Vout y Vin se puede hacer por medio de las comunicaciones dentro del cargador, entre el RX de potencia inalámbrica y TX de potencia inalámbrica, y entre el TX de potencia inalámbrica y el adaptador. En ciertas realizaciones se usan dos bucles de control, que incluyen: un bucle de transferencia de potencia inalámbrica para estabilizar rápidamente su tensión de salida, Vout; y un bucle de control de sistema que ajusta lentamente Vin, y la tensión de salida de transferencia de potencia inalámbrica, Vout para asegurar la carga CC o CV así como la estabilidad de sistema, la eficiencia y la libertad espacial.

Cuando el cargador de bucle abierto funciona, el controlador de nivel de sistema controla el sistema global de carga inalámbrica de batería para que funcione en un modo de bucle cerrado. En un estado de carga a corriente constante, el controlador de sistema regula la corriente de carga para que siga un objetivo de valor. En una estado de carga a tensión constante, el controlador de sistema regula la tensión de carga de batería para que siga un objetivo de valor. En ciertas realizaciones, la regulación se hace al cambiar la tensión de salida (Vout), al enviar una orden al RXIC para que cambie su referencia de salida. El controlador de nivel de sistema pueden además regular la ganancia (Vout/Vin) o la frecuencia de funcionamiento para que sigan un objetivo de valor al enviar órdenes al adaptador (o un convertidor CC-CC adicional) para cambiar la tensión de entrada (Vin), p. ej., al enviar un orden al adaptador para que cambie su referencia de salida. El controlador de nivel de sistema pueden además regular la ganancia (Vout/Vin) para que siga un objetivo de valor al enviar órdenes al RXIC para cambiar su tensión de salida (Vout). Esto permite usar cargadores de bucle abierto de alta eficiencia, tales como cargadores de condensador conmutado, en un sistema de carga inalámbrica. El controlador de nivel de sistema puede ser, p. ej., el AP 244, pero sin limitación a esto.

Ciertas realizaciones de la presente tecnología descrita en esta memoria se pueden implementar usando hardware, software, o una combinación de ambos hardware y software. El software usado se almacena en uno o más de los dispositivos de almacenamiento legibles por procesador descritos anteriormente para programar uno o más de los procesadores para que realicen las funciones descritas en esta memoria. Los dispositivos de almacenamiento legibles por procesador pueden incluir medios legibles por ordenador tales como medios volátiles y no volátiles, medios extraíbles y no extraíbles. A modo de ejemplo, y no limitación, medios legibles por ordenador pueden comprender soportes de almacenamiento legibles por ordenador y medios de comunicación. Los soportes de almacenamiento legibles por ordenador pueden implementarse en cualquier método o tecnología para el almacenamiento de información, tal como instrucciones legibles por ordenador, estructuras de datos, módulos de programa u otros datos. Ejemplos de soportes de almacenamiento legibles por ordenador incluyen RAM, ROM, EEPROM, memoria flash u otra tecnología de memoria, CD-ROM, discos versátiles digitales (DVD) u otro almacenamiento de disco óptico, casetes magnéticos, cintas magnéticas, almacenamiento en disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético, o cualquier otro medio que pueda usarse para almacenar la información deseada y al que pueda acceder un ordenador. Un medio o medios legibles por ordenador no incluyen señales propagadas, moduladas o transitorias.

Los medios de comunicación típicamente incorporan instrucciones legibles por ordenador, estructuras de datos, módulos de programa u otros datos en una señal de datos propagada, modulada o transitoria tal como una onda portadora u otro mecanismo de transporte e incluyen cualquier medio de entrega de información. El término "señal de datos modulada" significa una señal que tiene una o más de sus características configuradas o cambiadas de tal manera que codifican información en la señal. A modo de ejemplo, y no limitación, los medios de comunicación incluyen medios cableados, como una red cableada o una conexión directa por cable, y medios inalámbricos, tales como medios de RF u otros inalámbricos. Las combinaciones de cualquiera de los anteriores también se incluyen dentro del alcance de los medios legibles por ordenador.

En realizaciones alternativas, algo o todo el software se puede sustituir por componentes lógicos de hardware dedicado. Por ejemplo, y sin limitación, tipos ilustrativos de componentes lógicos de hardware que se pueden usar incluyen matrices de puertas programables en campo (FPGA), circuitos integrados de aplicación específica (ASIC), productos estándar de aplicación específica (ASSP), sistemas en un chip (SOC), dispositivos lógicos programables complejos (CPLD), ordenadores de finalidad especial, etc. En una realización, software (almacenado en un dispositivo de almacenamiento) que implementa una o más realizaciones se usa para programar uno o más procesadores. El uno

o más procesadores puede estar en comunicación con uno o más medios legibles por ordenador / dispositivos de almacenamiento, periféricos y/o interfaces de comunicación.

Se entiende que la presente materia de asunto puede materializarse de muchas formas diferentes, y no debe interpretarse como limitada a las realizaciones expuestas en el presente documento. En cambio, estas realizaciones se proporcionan de modo que la materia de asunto será minuciosa y completa, y transmitirá completamente la divulgación a los expertos en la técnica. Ciertamente, la materia de asunto pretende cubrir alternativas, modificaciones y equivalentes de estas realizaciones, que se incluyen dentro del alcance de la materia de asunto definida por las reivindicaciones anexas. Además, en la siguiente descripción detallada de la presente materia de asunto, se presentan numerosos detalles específicos con el fin de proporcionar una comprensión exhaustiva de la presente materia de asunto. Sin embargo, estará claro para los expertos en la técnica entenderán que la presente materia de asunto se puede poner en práctica sin tales detalles específicos.

Aspectos de la presente divulgación se describen en esta memoria con referencia a ilustraciones de diagramas de flujo y/o diagramas de bloques de métodos, aparatos (sistemas) y productos de programas informáticos según realizaciones de la divulgación. Se entenderá que cada bloque de las ilustraciones de diagramas de flujo y/o diagramas de bloques, y combinaciones de bloques en las ilustraciones de diagramas de flujo y/o diagramas de bloques, pueden implementarse mediante instrucciones de programa informático. Estas instrucciones de programa informático pueden proporcionarse a un procesador de un ordenador de propósito general, ordenador de propósito especial u otro aparato de procesamiento de datos programable para producir una máquina, de modo que las instrucciones, que se ejecutan a través del procesador del ordenador u otro aparato de ejecución de instrucciones programables, crean un mecanismo para implementar las funciones/acciones especificadas en el bloque o bloques de diagramas de flujo y/o diagramas de bloques.

La descripción de la presente divulgación se ha presentado con fines de ilustración y descripción, pero no se pretende que sea exhaustiva o limitada a la divulgación en la forma divulgada. Muchas modificaciones y variaciones serán evidentes para los expertos en la técnica sin apartarse del alcance de la divulgación. Los aspectos de la divulgación en esta memoria se eligieron y describieron para explicar mejor los principios de la divulgación y su aplicación práctica, y para permitir que otros expertos en la técnica entiendan la divulgación con diversas modificaciones como sean adecuadas para el uso particular contemplado.

La divulgación se ha descrito junto con diversas realizaciones. Sin embargo, otras variaciones y modificaciones a las realizaciones descritas se pueden entender y efectuar a partir de un estudio de los dibujos, la divulgación y la reivindicaciones adjuntas, y tales variaciones y modificaciones se tienen que interpretar como abarcadas por las reivindicaciones anexas. En las reivindicaciones, la palabra "que comprende" no excluye otros elementos o etapas, y el artículo indefinido "un" o "una" no excluye una pluralidad.

Por motivos de este documento, se debe observar que las dimensiones de los diversos rasgos representados en las figuras pueden no necesariamente estar dibujados a escala.

Por motivos de este documento, referencia en la memoria descriptiva a "una realización", "algunas realizaciones", u "otra realización" se pueden usar para describir realizaciones diferentes o la misma realización.

Por motivos de este documento, una conexión puede ser una conexión directa o una conexión indirecta (p. ej., por medio de una o más de otras piezas). En algunos casos, cuando un elemento se denomina conectado o acoplado a otro elemento, el elemento puede conectarse directamente al otro elemento o conectarse indirectamente al otro elemento por medio de elementos intermedios. Cuando un elemento se denomina conectado directamente a otro elemento, entonces no hay elementos intermedios entre el elemento y el otro elemento. Dos dispositivos están "en comunicación" si se conectan directa o indirectamente de modo que pueden comunicar señales electrónicas entre ellos.

Por motivos de este documento, el término "basado en" puede leerse como "basado al menos en parte en".

Por motivos de este documento, sin contexto adicional, el uso de términos numéricos tales como un "primer" objeto, un "segundo" objeto, y un "tercer" objeto puede no implicar una ordenación de objetos, pero en cambio puede usarse para finalidades de identificación para identificar diferentes objetos.

La descripción detallada anterior se ha presentado con finalidades de ilustración y descripción. No pretende ser exhaustiva ni limitar la materia de asunto reivindicada en esta memoria a las formas precisas divulgadas. A la luz de las enseñanzas anteriores son posibles muchas modificaciones y variaciones. Las realizaciones descritas se han elegido a fin de explicar mejor los principios de la tecnología descrita y su aplicación práctica para de ese modo permitir a otros expertos en la técnica utilizar mejor la tecnología en diversas realizaciones y con diversos modificaciones que son idóneas para el uso particular contemplado. Se pretende que el alcance esté definido por la reivindicaciones adjuntas.

Aunque la materia de asunto se ha descrito en lenguaje específico a rasgos estructurales y/o acciones metodológicas, se tiene que entender que la materia de asunto definida en las reivindicaciones adjuntas no se limita necesariamente a los rasgos o acciones específicas descritos anteriormente. Más bien, las características y acciones específicas descritas anteriormente se divulgan como ejemplo de formas de implementar las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de carga inalámbrica de batería para cargar inalámbricamente una batería de un dispositivo electrónico, el sistema que comprende:

un adaptador (112) configurado para convertir una tensión de CA, recibida de un suministro de energía de CA (102), en una tensión de CC; un receptor de potencia inalámbrica RX y
un transmisor TX de potencia inalámbrica, (122) configurado para aceptar una tensión de entrada (Vin) y dependiendo de la misma transmitir potencia inalámbricamente al receptor RX de potencia inalámbrica, en donde la tensión de entrada (Vin) aceptada por el TX de potencia inalámbrica se basa en la tensión de CC producida por el adaptador (112);
el RX de potencia inalámbrica configurado para recibir potencia inalámbricamente desde el TX de potencia inalámbrica y dependiendo de la misma producir una tensión de salida de CC (Vout);
cargadores primero y segundo (247, 249) que incluyen cada uno un terminal de entrada de tensión y un terminal de salida de tensión, el terminal de entrada de tensión de cada uno de los cargadores primero y segundo (247, 249) acepta la tensión de salida (Vout) del RX de potencia inalámbrica, y el terminal de salida de tensión de cada uno de los cargadores primero y segundo (247, 249) configurado para acoplarse a un terminal de la batería que va a cargarse;
el primer cargador (247) comprende un convertidor CC-CC de bucle cerrado;
el segundo cargador (249) que comprende un convertidor CC-CC de bucle abierto; y
un controlador (244) configurado para habilitar selectivamente uno de los cargadores primero o segundo (247, 249) de uno en uno de modo que durante un primer conjunto de fases de carga el primer cargador (247) se usa para cargar la batería, y durante un segundo conjunto de las fases de carga el segundo cargador (249) se usa para cargar la batería,
en donde:

el convertidor CC-CC de bucle cerrado del primer cargador (247) comprende un cargador reductor; y
el convertidor CC-CC de bucle abierto del segundo cargador (249) comprende un cargador de condensador conmutado, un cargador con conmutador de carga o un cargador de carga rápida.

2. El sistema de la reivindicación 1, en donde:

la tensión de entrada (Vin) aceptada por el TX de potencia inalámbrica es la tensión de CC producida por el adaptador (112), o es producida por un convertidor CC-CC adicional que está entre el adaptador (112) y el TX de potencia inalámbrica;
el convertidor CC-CC de bucle abierto del segundo cargador (249) comprende el cargador de condensador conmutado;
las fases de carga incluyen una fase de precarga, una fase de reductor de corriente constante, una fase de condensador conmutado de corriente constante, una fase de condensador conmutado de tensión constante y una fase de reductor de tensión constante;
el controlador (244) se configura para habilitar el primer cargador (247) e inhabilitar el segundo cargador (249) durante la fase de precarga, la fase de reductor de corriente constante y la fase de reductor de tensión constante; y
el controlador (244) se configura para habilitar el segundo cargador (249) e inhabilitar el primer cargador (247) durante la fase de condensador conmutado de corriente constante y la fase de condensador conmutado de tensión constante.

3. El sistema de la reivindicación 2, en donde:

la fase de precarga corresponde a cuando una tensión de carga de batería (Vbat) está por debajo de un primer umbral de tensión (Vlow);
la fase de reductor de corriente constante corresponde a cuando la tensión de carga de batería (Vbat) está entre el primer umbral de tensión (Vlow) y un segundo umbral de tensión (Vsc_min);
la fase de condensador conmutado de corriente constante corresponde a cuando la tensión de carga de batería (Vbat) está entre el segundo umbral de tensión (Vsc_min) y un tercer umbral de tensión (Vcv_buck);
la fase de condensador conmutado de tensión constante corresponde a cuando la tensión de carga de batería (Vbat) es mayor que un cuarto umbral de tensión (Vcv_sc); y
la fase de reductor de tensión constante corresponde a cuando la tensión de carga de batería (Vbat) es mayor que el tercer umbral de tensión (Vcv_buck) o la corriente de carga de batería (Ichg) es menor que un umbral de corriente (Isc_min).

4. El sistema de la reivindicación 2 o 3, en donde durante la fase de condensador conmutado de corriente constante:

la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que una corriente de carga de batería permanezca cerca de un objetivo de corriente de carga; y

la tensión de salida (Vout) producida por el RX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que una ganancia de tensión del sistema permanezca cerca de un objetivo de ganancia de tensión, o para provocar que la frecuencia de funcionamiento del sistema permanezca cerca de un objetivo de frecuencia.

5. El sistema de la reivindicación 2 o 3, en donde durante la fase de condensador conmutado de corriente constante:

la tensión de salida (Vout) producida por el RX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que una corriente de carga de batería permanezca cerca de un objetivo de corriente de carga; y
la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que una ganancia de tensión del sistema permanezca cerca de un objetivo de ganancia de tensión, o para provocar que una frecuencia de funcionamiento del sistema permanezca cerca de un objetivo de frecuencia de funcionamiento.

6. El sistema de la reivindicación 2 o 3, en donde durante la fase de condensador conmutado de corriente constante:

la tensión de salida (Vout) producida por el RX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que una corriente de carga de batería permanezca cerca de un objetivo de corriente de carga, mientras la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica está fija.

7. El sistema de la reivindicación 2 o 3, en donde durante la fase de condensador conmutado de tensión constante:

la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que la tensión de carga de batería permanezca cerca de un objetivo de tensión; y
la tensión de salida (Vout) producida por el RX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que una ganancia de tensión del sistema permanezca cerca de un objetivo de ganancia de tensión, o para provocar que una frecuencia de funcionamiento del sistema permanezca cerca de un objetivo de frecuencia de funcionamiento.

8. El sistema de la reivindicación 2 o 3, en donde durante la fase de condensador conmutado de tensión constante:
la tensión de salida (Vout) producida por el RX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que la tensión de carga de batería permanezca cerca de un objetivo de tensión; y
la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que una ganancia de tensión del sistema permanezca cerca de un objetivo de ganancia de tensión, o para provocar que una frecuencia de funcionamiento del sistema permanezca cerca de un objetivo de frecuencia de funcionamiento.

9. El sistema de la reivindicación 2 o 3, en donde durante la fase de condensador conmutado de tensión constante:

la tensión de salida (Vout) producida por el RX de potencia inalámbrica se ajusta para provocar que la tensión de carga de batería permanezca cerca de un objetivo de tensión, mientras la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica está fija.

10. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, comprende además un convertidor CC/CC, el convertidor CC/CC se configura para aceptar la tensión de salida de CC (Vout) de la salida del RX de potencia inalámbrica y convertirla a una tensión de salida de CC para el primer cargador (247) y el segundo cargador (249).

11. El sistema de la reivindicación 1, en donde:

el convertidor CC-CC de bucle cerrado del primer cargador (247) comprende un cargador reductor;
el convertidor CC-CC de bucle abierto del segundo cargador (249) comprende un cargador de condensador conmutado;
las fases de carga incluyen una fase de precarga, una fase de reductor de corriente constante, una fase de condensador conmutado de corriente constante, una fase de condensador conmutado de tensión constante y una fase de reductor de tensión constante;
el controlador (244) se configura para habilitar el primer cargador (247) e inhabilitar el segundo cargador (249) durante la fase de precarga, la fase de reductor de corriente constante y la fase de reductor de tensión constante; y
el controlador (244) se configura para habilitar el segundo cargador (249) e inhabilitar el primer cargador (247) durante la fase de condensador conmutado de corriente constante y la fase de condensador conmutado de tensión constante.

12. El sistema de la reivindicación 1, en donde:

el primer conjunto de fases de carga incluyen una fase de precarga, una fase de reductor de corriente constante y una fase de reductor de tensión constante;
el segundo conjunto de las fases de carga incluyen una fase de condensador conmutado de corriente constante y una fase de condensador conmutado de tensión constante;

el controlador (244) se configura para habilitar el primer cargador (247) e inhabilitar el segundo cargador (249) durante la fase de precarga, la fase de reductor de corriente constante y la fase de reductor de tensión constante; y
el controlador (244) se configura para habilitar el segundo cargador (249) e inhabilitar el primer cargador (247) durante la fase de condensador conmutado de corriente constante y la fase de condensador conmutado de tensión constante.

13. Un método para cargar inalámbricamente una batería de un dispositivo electrónico, comprendiendo el método:

convertir (902) una tensión de CA, recibida de un suministro de energía de CA, en una tensión de CC, la conversión realizada por un adaptador;
aceptar (904), en un transmisor, TX, de potencia inalámbrica una tensión de entrada (Vin), en donde la tensión de entrada (Vin) aceptada por el TX de potencia inalámbrica se basa en la tensión de CC producida por el adaptador;
transmitir (906) potencia inalámbricamente desde el TX de potencia inalámbrica a un receptor, RX, de potencia inalámbrica, la transmisión realizada dependiendo de la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica;
recibir (908) potencia inalámbricamente, en el RX de potencia inalámbrica, desde el TX de potencia inalámbrica;
producir (910) una tensión de salida de CC (Vout) dependiendo de la potencia recibida inalámbricamente por el RX de potencia inalámbrica;
durante un primer conjunto de fases de carga habilitar (912) un primer cargador e inhabilitar un segundo cargador y convertir la tensión de salida de CC (Vout) a una tensión de carga de batería (Vbat) usando el primer cargador, el primer cargador comprende un convertidor CC-CC de bucle cerrado; y
durante un segundo conjunto de fases de carga inhabilitar (914) el primer cargador y habilitar el segundo cargador y convertir la tensión de salida de CC (Vout) a la tensión de carga de batería (Vbat) usando el segundo cargador, el segundo cargador comprende un convertidor CC-CC de bucle abierto,
en donde:

el convertidor CC-CC de bucle cerrado del primer cargador comprende un cargador reductor; y
el convertidor CC-CC de bucle abierto del segundo cargador comprende un cargador de condensador conmutado, un cargador con conmutador de carga o un cargador de carga rápida.

14. El método de la reivindicación 13, en donde:

la tensión de entrada (Vin) aceptada por el TX de potencia inalámbrica es la tensión de CC producida por el adaptador, o es producida por un convertidor CC-CC adicional que está entre el adaptador y el TX de potencia inalámbrica;
el convertidor CC-CC de bucle abierto del segundo cargador comprende el cargador de condensador conmutado;
las fases de carga incluyen una fase de precarga, una fase de reductor de corriente constante, una fase de condensador conmutado de corriente constante, una fase de condensador conmutado de tensión constante y una fase de reductor de tensión constante;
el primer cargador se habilita y el segundo cargador se inhabilita durante la fase de precarga, la fase de reductor de corriente constante y la fase de reductor de tensión constante; y
el segundo cargador se habilita y el primer cargador se inhabilita durante la fase de condensador conmutado de corriente constante y la fase de condensador conmutado de tensión constante.

15. El método de la reivindicación 14, en donde:

la fase de precarga corresponde a cuando una tensión de carga de batería (Vbat) está por debajo de un primer umbral de tensión (Vlow);
la fase de reductor de corriente constante corresponde a cuando la tensión de carga de batería (Vbat) está entre el primer umbral de tensión (Vlow) y un segundo umbral de tensión (Vsc_min);
la fase de condensador conmutado de corriente constante corresponde a cuando la tensión de carga de batería (Vbat) está entre el segundo umbral de tensión (Vsc_min) y un tercer umbral de tensión (Vcv_buck);
la fase de condensador conmutado de tensión constante corresponde a cuando la tensión de carga de batería (Vbat) es mayor que un cuarto umbral de tensión (Vcv_sc); y
la fase de reductor de tensión constante corresponde a cuando la tensión de carga de batería (Vbat) es mayor que el tercer umbral de tensión (Vcv_buck) o la corriente de carga de batería (Ichg) es menor que un umbral de corriente (Isc_min).

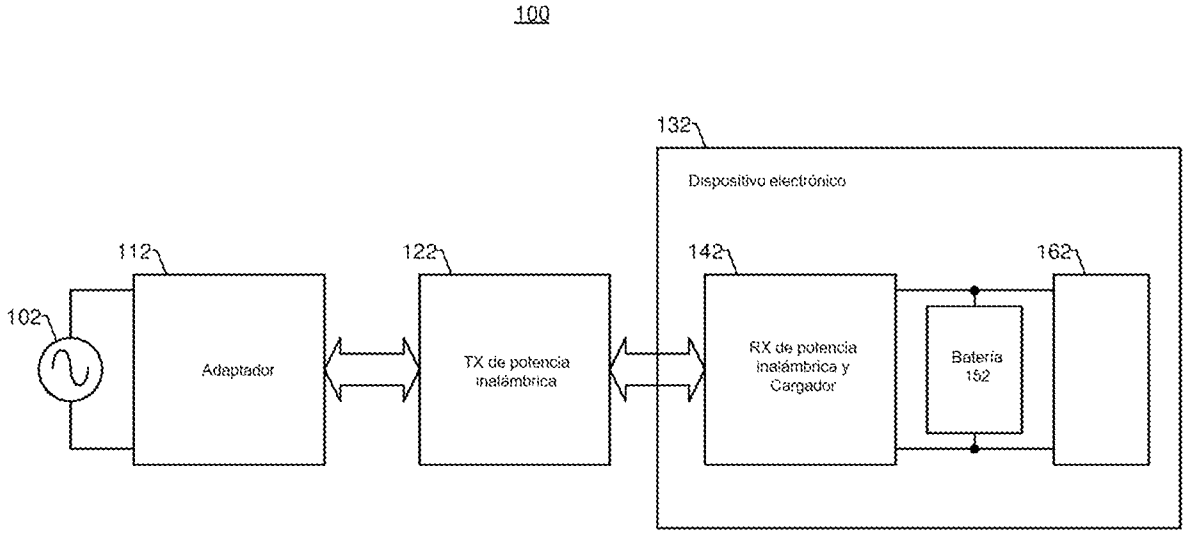
100
132
Dispositivo electrónico
112
122
142
162
102
Adaptador
TX de potencia inalámbrica
RX de potencia inalámbrica y Cargador
Batería 152

FIG. 1

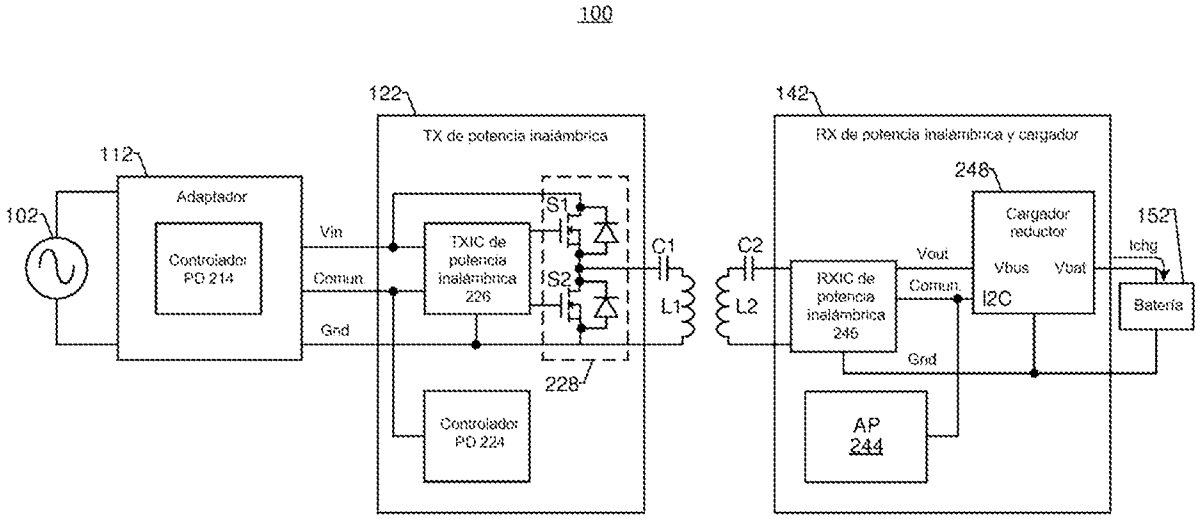
100
122
TX de potencia inalámbrica
142
RX de potencia inalámbrica y cargador
112
Adaptador
102
Controlador PD 214
Vin
Comun
Gnd
TXIC de potencia inalámbrica 226
S1
S2
C1
L1
228
Controlador PD 224
C2
L2
RXIC de potencia inalámbrica 246
Vout
Comun
Gnd
248
Cargador reductor
Vbus
Vbat
I2C
152
Ichg
Batería
AP 244

FIG. 2

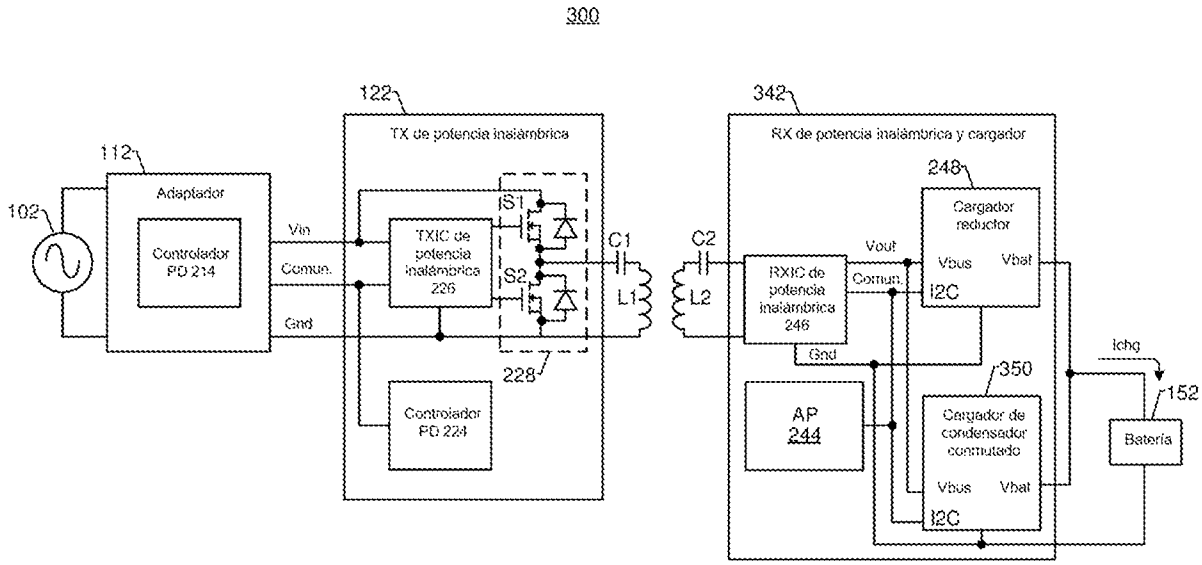
300
122
TX de potencia inalámbrica
342
RX de potencia inalámbrica y cargador
112
Adaptador
102
Controlador PD 214
Vin
Comun.
Gnd
TXIC de potencia inalámbrica 226
S1
S2
C1
L1
228
Controlador PD 224
C2
L2
RXIC de potencia inalámbrica 246
Vout
Comun.
Gnd
248
Cargador reductor
Vbus
Vbat
I2C
AP 244
350
Cargador de condensador conmutado
Vbus
Vbat
I2C
Ichg
152
Batería

FIG. 3

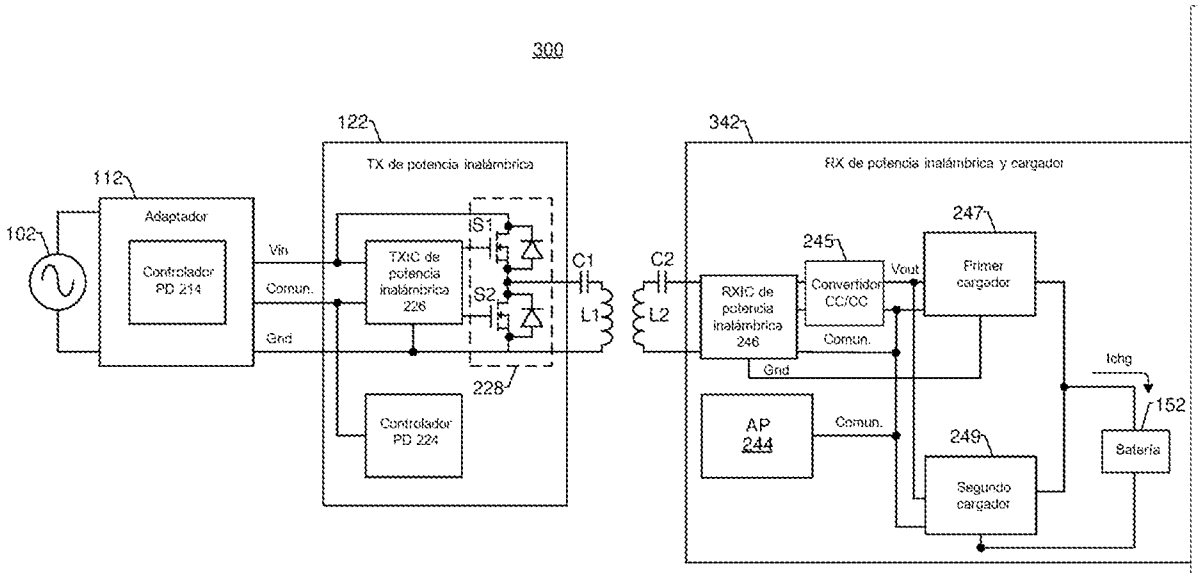
300
122
TX de potencia inalámbrica
342
RX de potencia inalámbrica y cargador
112
Adaptador
102
Controlador PD 214
Vin
Comun.
Gnd
TXIC de potencia inalámbrica 226
S1
S2
C1
L1
228
Controlador PD 224
C2
L2
RXIC de potencia inalámbrica 246
245
Convertidor CC/CC
Vout
247
Primer cargador
Comun.
Gnd
Ichg
152
AP 244
Comun.
249
Segundo cargador
Batería

FIG. 3A

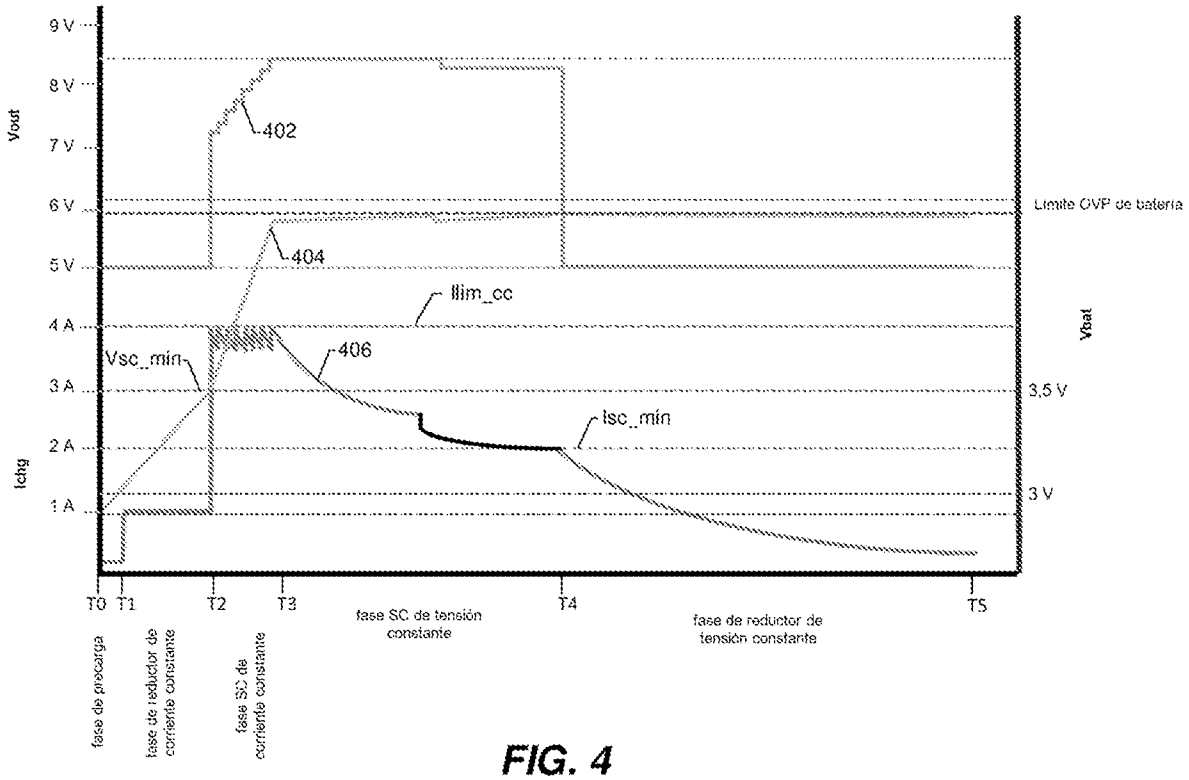
9 V
8 V
7 V
6 V
5 V
4 A
3 A
2 A
1 A
Vout
Ichg
402
404
406
Ilim_cc
Vsc_mín
Isc_mín
Límite OVP de batería
Vbat
3,5 V
3 V
T0
T1
T2
T3
T4
T5
fase de precarga
fase de reductor de corriente constante
fase SC de corriente constante
fase SC de tensión constante
fase de reductor de tensión constante

FIG. 4

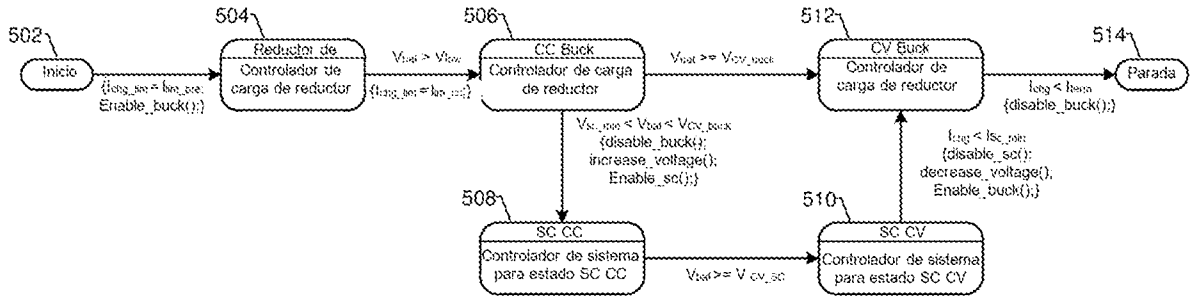
502
Inicio
504
Reductor de
Controlador de
carga de reductor
506
CC Buck
Controlador de carga
de reductor
512
CV Buck
Controlador de
carga de reductor
514
Parada
508
SC CC
Controlador de sistema
para estado SC CC
510
SC CV
Controlador de sistema
para estado SC CV
Enable_buck();}
{disable_buck();}
{disable_buck();
increase_voltage();
Enable_sc();}
{disable_sc();
decrease_voltage();
Enable_buck();}

FIG. 5

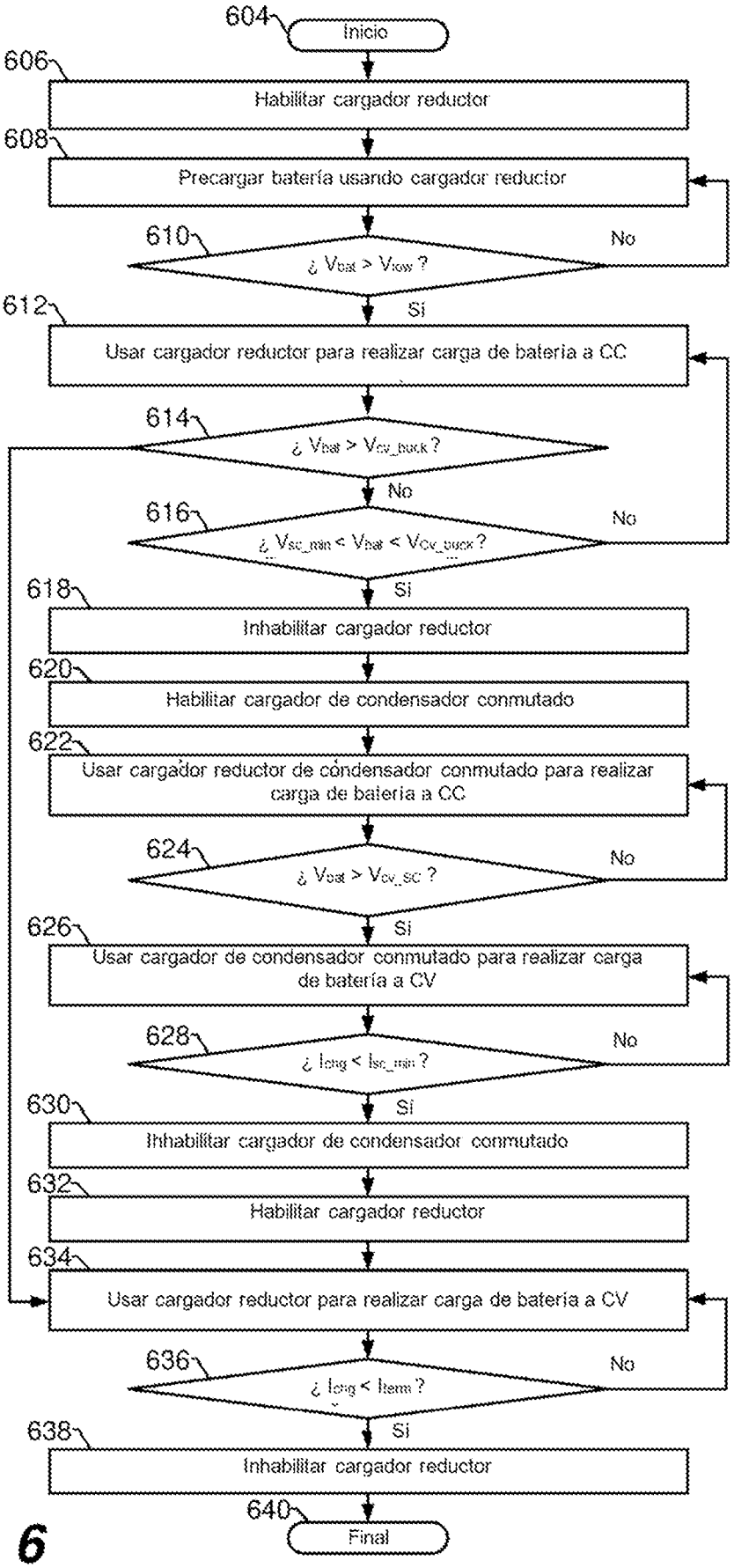
604
Inicio
606
Habilitar cargador reductor
608
Precargar batería usando cargador reductor
610
¿ Vbat > Vlow ?
No
Sí
612
Usar cargador reductor para realizar carga de batería a CC
614
¿ Vbat > Vcv_buck ?
No
616
¿ Vsc_min < Vbat < Vcv_buck ?
No
Sí
618
Inhabilitar cargador reductor
620
Habilitar cargador de condensador conmutado
622
Usar cargador reductor de condensador conmutado para realizar carga de batería a CC
624
¿ Vbat > Vcv_sc ?
No
Sí
626
Usar cargador de condensador conmutado para realizar carga de batería a CV
628
¿ Ichg < Isc_min ?
No
Sí
630
Inhabilitar cargador de condensador conmutado
632
Habilitar cargador reductor
634
Usar cargador reductor para realizar carga de batería a CV
636
¿ Ichg < Iterm ?
No
Sí
638
Inhabilitar cargador reductor
640
Final

FIG. 6

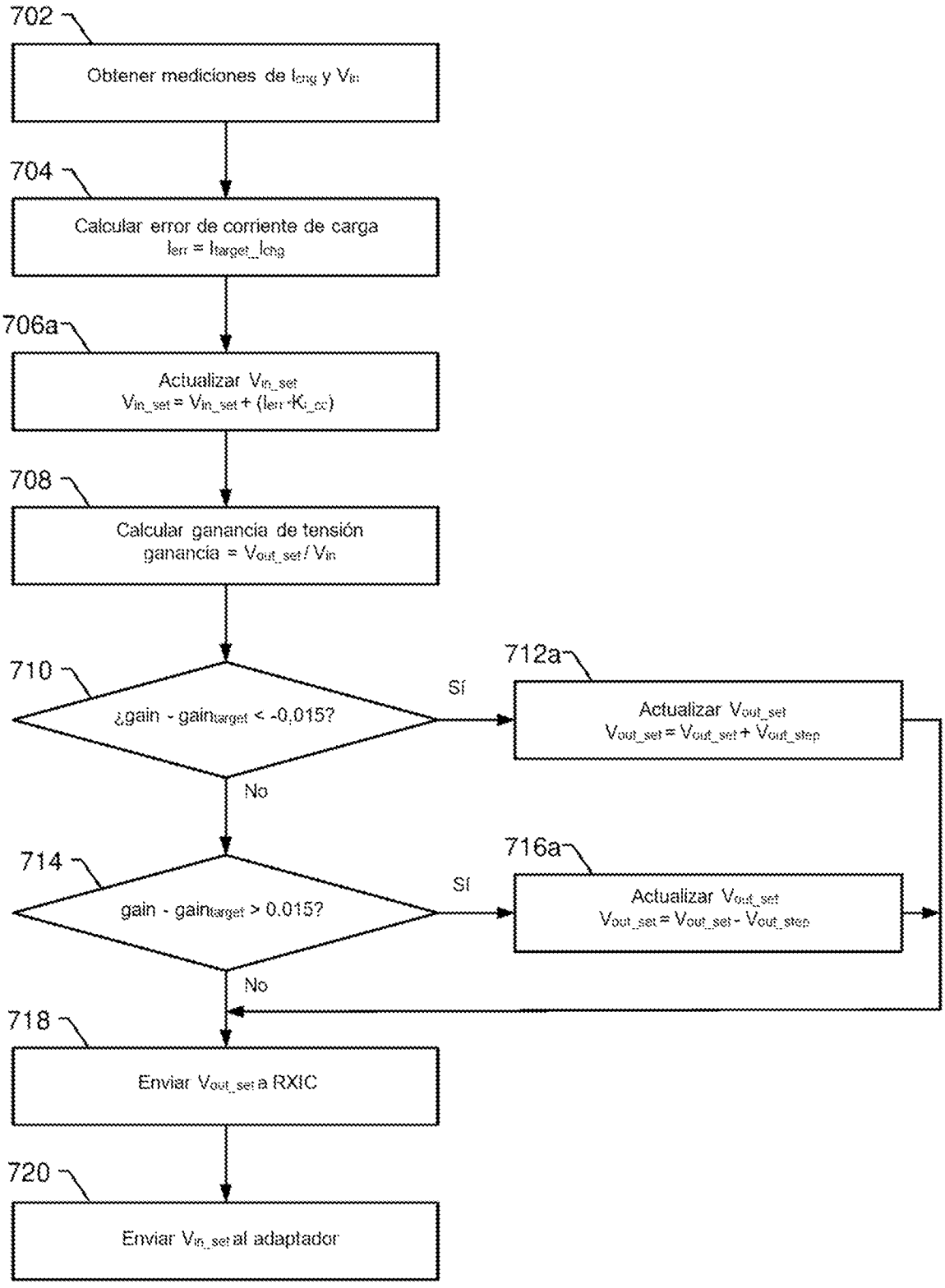
702
Obtener mediciones de I_{chg} y V_{in}
704
Calcular error de corriente de carga
$I_{err} = I_{target} - I_{chg}$
706a
Actualizar V_{in_set}
$V_{in_set} = V_{in_set} + (I_{err} \cdot K_{i_cc})$
708
Calcular ganancia de tensión
ganancia = V_{out_set} / V_{in}
710
¿gain - $gain_{target}$ < -0,015?
Sí
712a
Actualizar V_{out_set}
$V_{out_set} = V_{out_set} + V_{out_step}$
No
714
gain - $gain_{target}$ > 0,015?
Sí
716a
Actualizar V_{out_set}
$V_{out_set} = V_{out_set} - V_{out_step}$
No
718
Enviar V_{out_set} a RXIC
720
Enviar V_{in_set} al adaptador

FIG. 7A

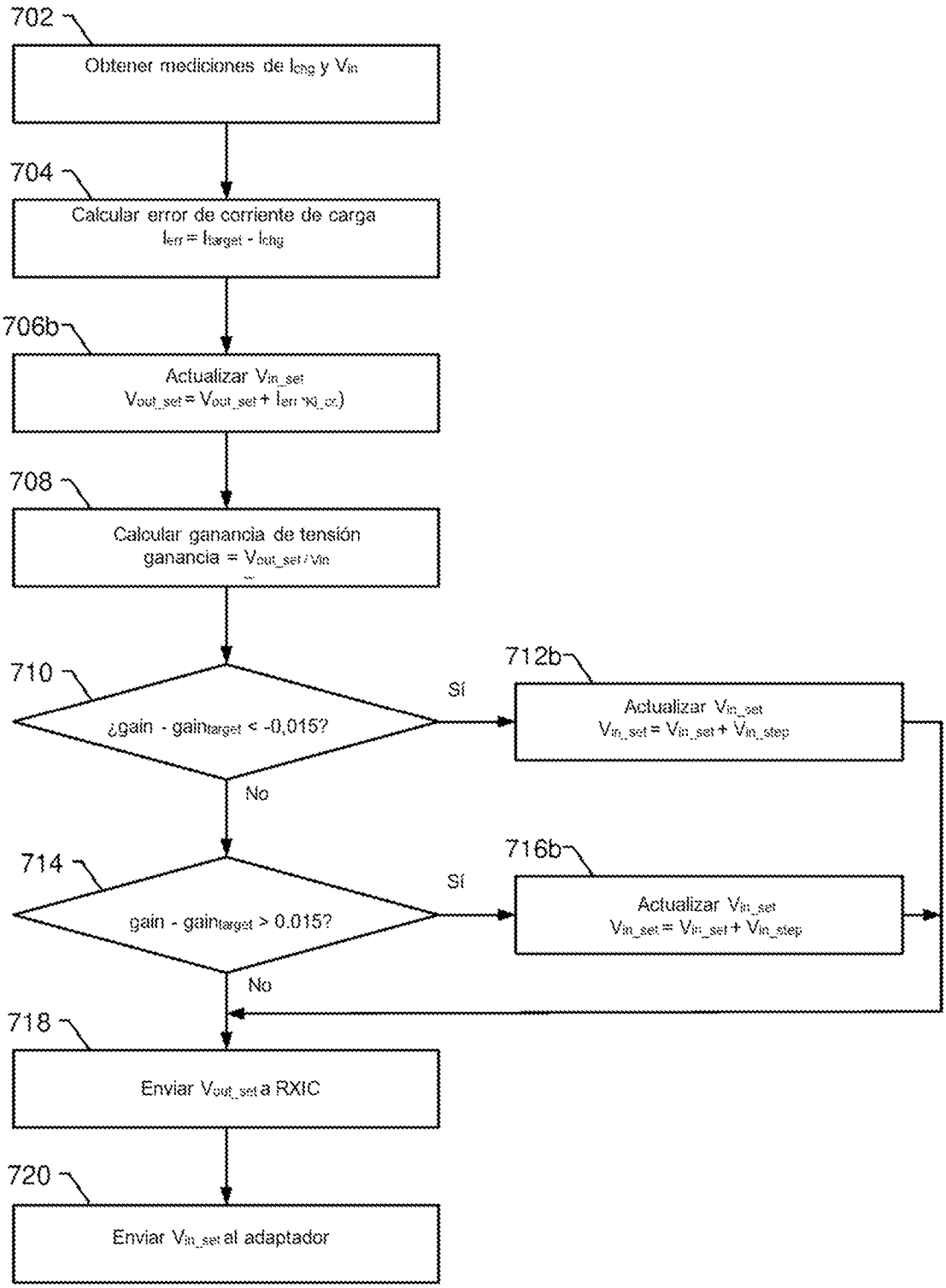
702
Obtener mediciones de I_{chg} y V_{in}
704
Calcular error de corriente de carga
$I_{err} = I_{target} - I_{chg}$
706b
Actualizar V_{in_set}
$V_{out_set} = V_{out_set} + I_{err} \times k_{i_cc}$)
708
Calcular ganancia de tensión
ganancia = V_{out_set} / V_{in}
710
¿gain - $gain_{target}$ < -0,015?
Sí
712b
Actualizar V_{in_set}
$V_{in_set} = V_{in_set} + V_{in_step}$
No
714
gain - $gain_{target}$ > 0.015?
Sí
716b
Actualizar V_{in_set}
$V_{in_set} = V_{in_set} + V_{in_step}$
No
718
Enviar V_{out_set} a RXIC
720
Enviar V_{in_set} al adaptador

FIG. 7B

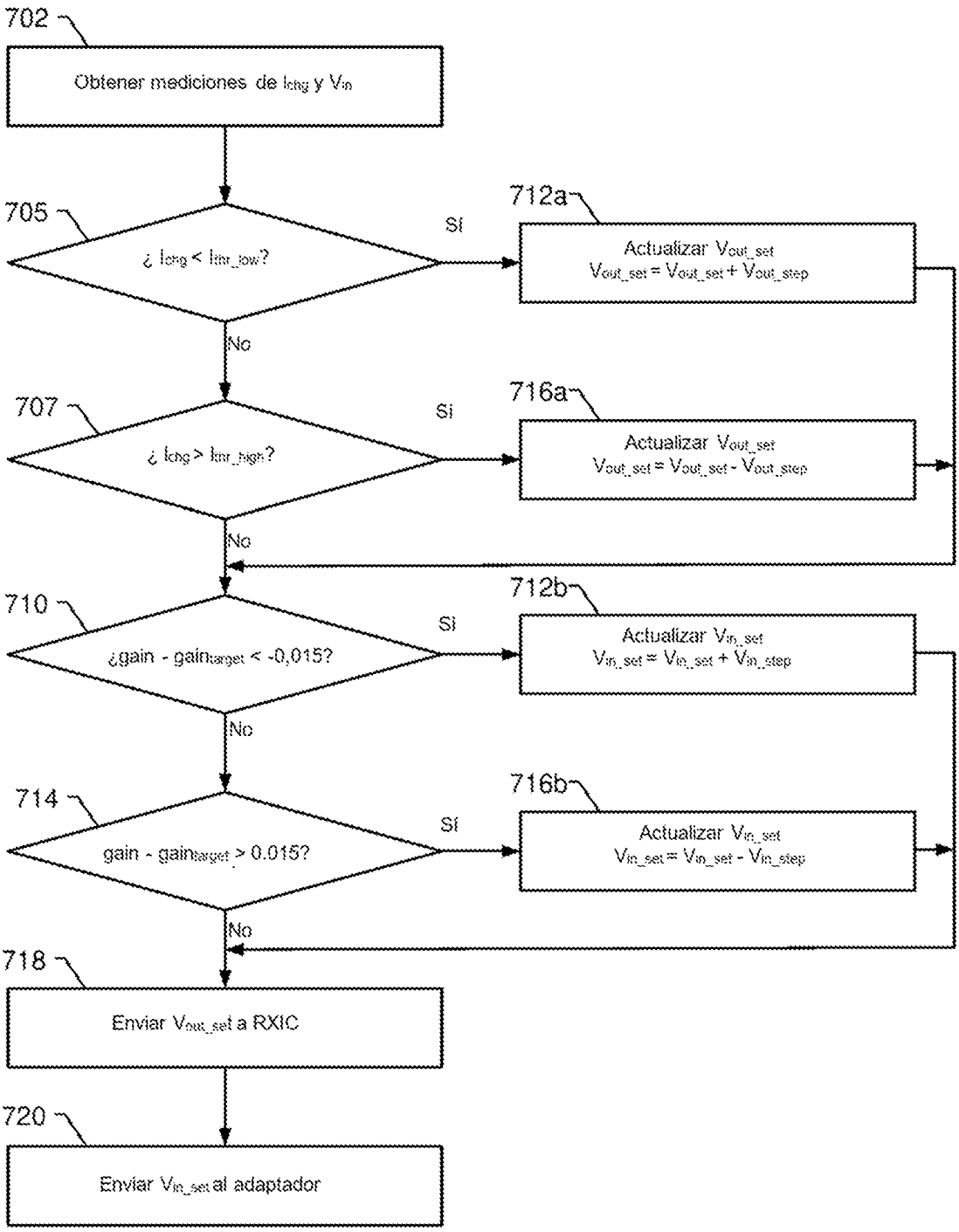
702
Obtener mediciones de I_{chg} y V_{in}
705
¿ I_{chg} < I_{thr_low}?
Sí
712a
Actualizar V_{out_set}
V_{out_set} = V_{out_set} + V_{out_step}
No
707
¿ I_{chg} > I_{thr_high}?
Sí
716a
Actualizar V_{out_set}
V_{out_set} = V_{out_set} - V_{out_step}
No
710
¿gain - $gain_{target}$ < -0,015?
Sí
712b
Actualizar V_{in_set}
V_{in_set} = V_{in_set} + V_{in_step}
No
714
gain - $gain_{target}$ > 0.015?
Sí
716b
Actualizar V_{in_set}
V_{in_set} = V_{in_set} - V_{in_step}
No
718
Enviar V_{out_set} a RXIC
720
Enviar V_{in_set} al adaptador

FIG. 7C

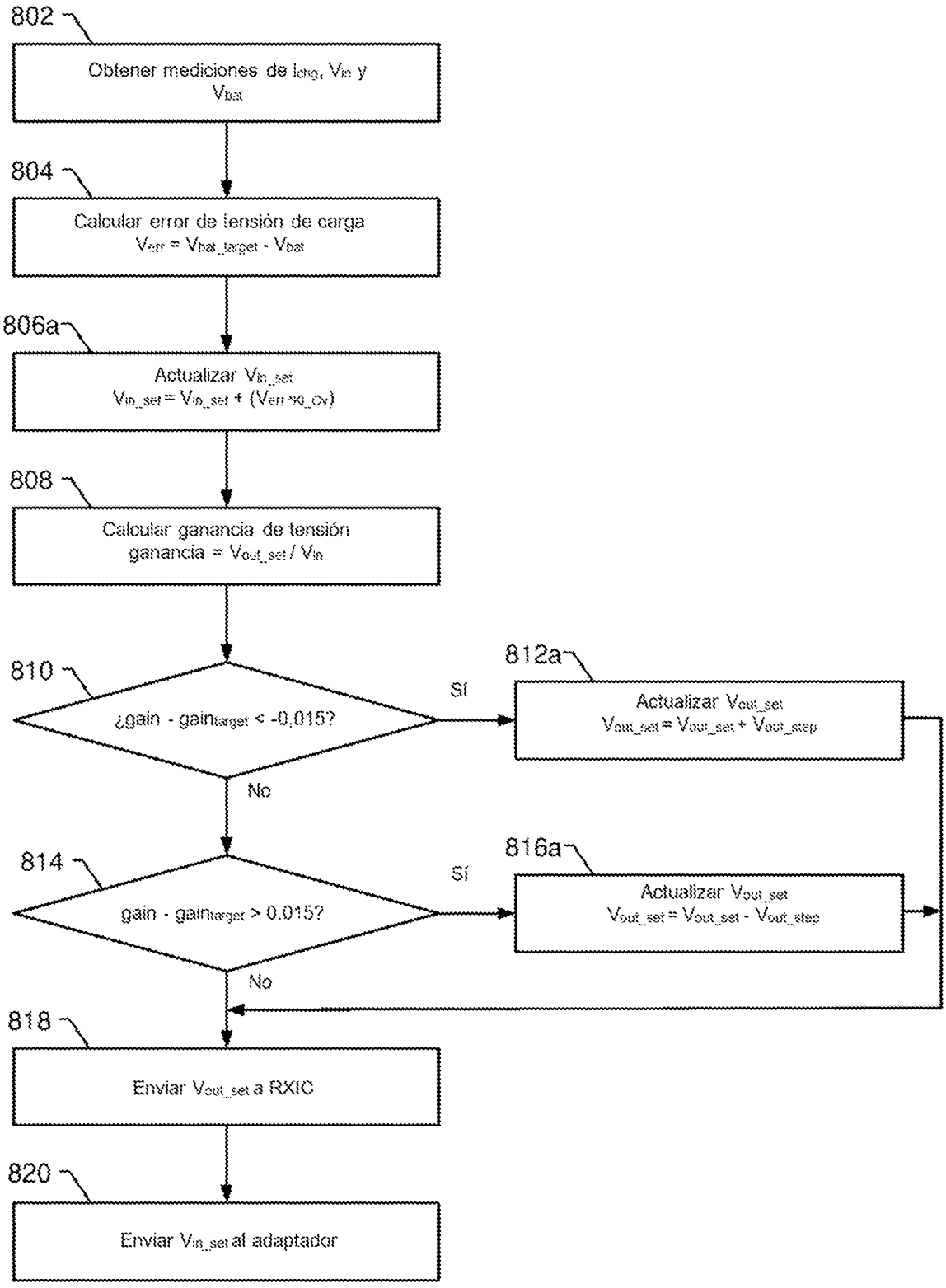
802
Obtener mediciones de I_{chg}, V_{in} y V_{bat}
804
Calcular error de tensión de carga
$V_{err} = V_{bat_target} - V_{bat}$
806a
Actualizar V_{in_set}
$V_{in_set} = V_{in_set} + (V_{err} \times k_{i_CV})$
808
Calcular ganancia de tensión
ganancia = V_{out_set} / V_{in}
810
¿gain - $gain_{target}$ < -0,015?
Sí
812a
Actualizar V_{out_set}
$V_{out_set} = V_{out_set} + V_{out_step}$
No
814
gain - $gain_{target}$ > 0,015?
Sí
816a
Actualizar V_{out_set}
$V_{out_set} = V_{out_set} - V_{out_step}$
No
818
Enviar V_{out_set} a RXIC
820
Enviar V_{in_set} al adaptador

FIG. 8A

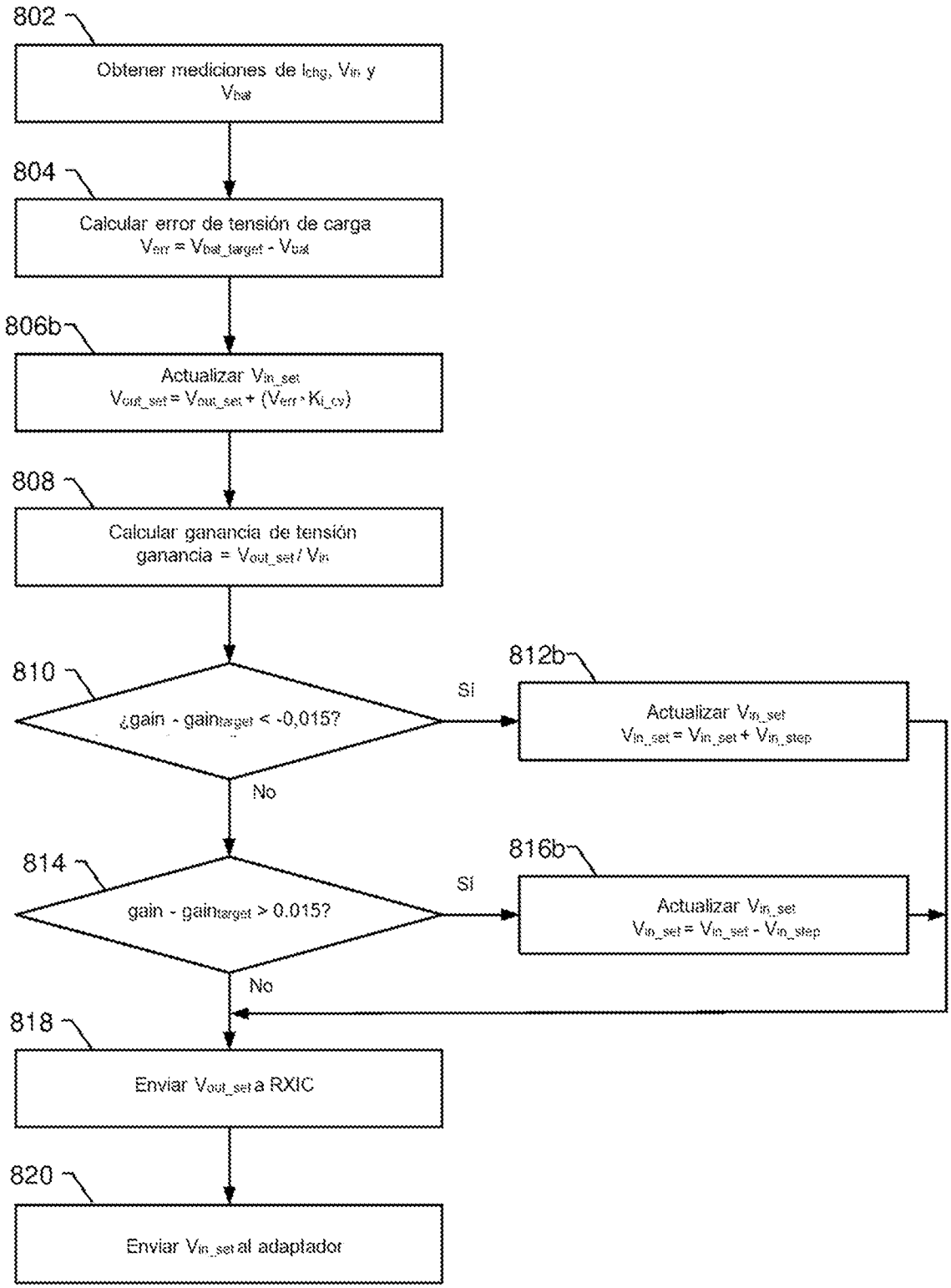
802
Obtener mediciones de Ichg, Vin y Vbat
804
Calcular error de tensión de carga
Verr = Vbat_target - Vbat
806b
Actualizar Vin_set
Vout_set = Vout_set + (Verr * Ki_cv)
808
Calcular ganancia de tensión
ganancia = Vout_set / Vin
810
¿gain - gaintarget < -0,015?
Sí
812b
Actualizar Vin_set
Vin_set = Vin_set + Vin_step
No
814
gain - gaintarget > 0.015?
Sí
816b
Actualizar Vin_set
Vin_set = Vin_set - Vin_step
No
818
Enviar Vout_set a RXIC
820
Enviar Vin_set al adaptador

FIG. 8B

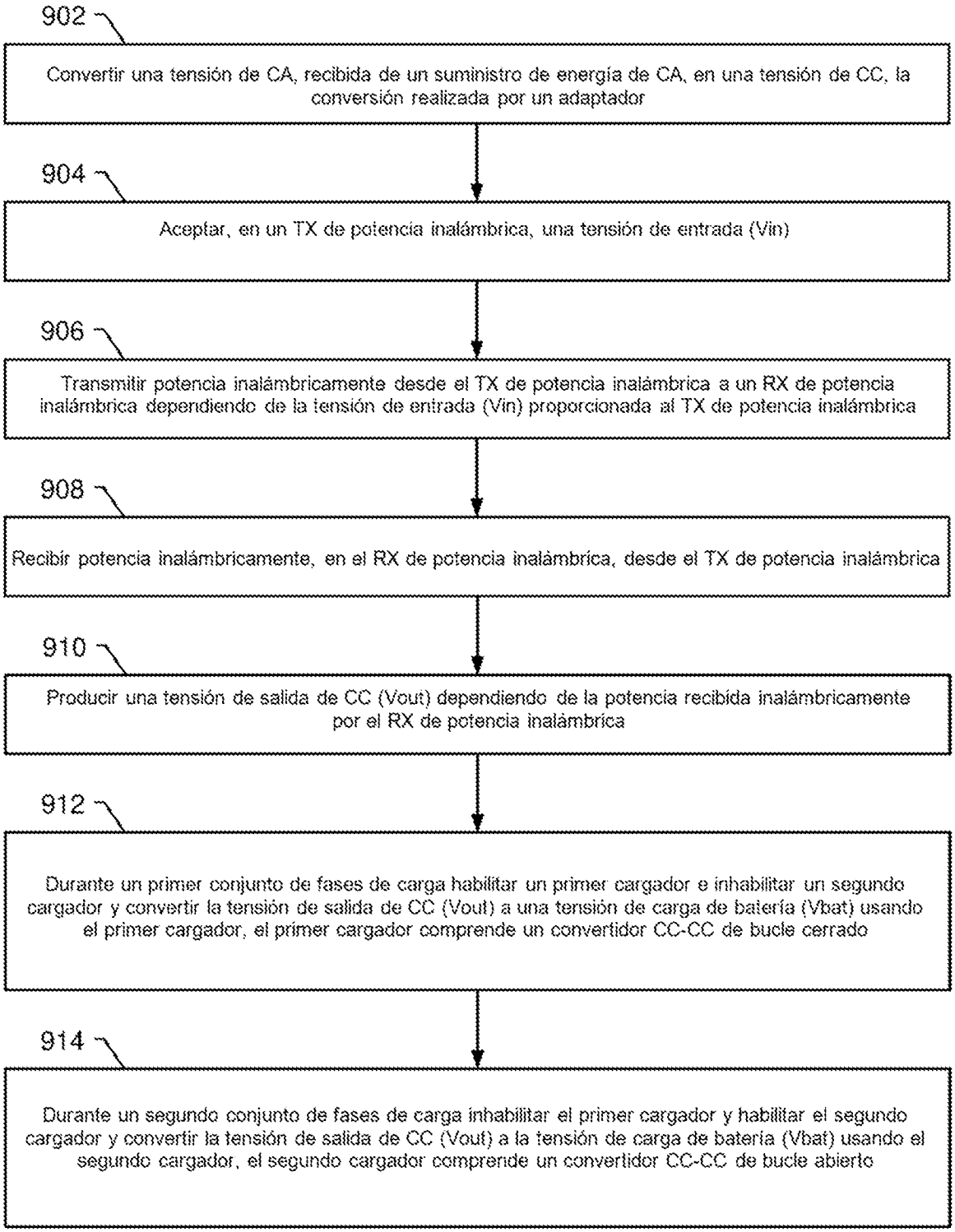
902
Convertir una tensión de CA, recibida de un suministro de energía de CA, en una tensión de CC, la conversión realizada por un adaptador
904
Aceptar, en un TX de potencia inalámbrica, una tensión de entrada (Vin)
906
Transmitir potencia inalámbricamente desde el TX de potencia inalámbrica a un RX de potencia inalámbrica dependiendo de la tensión de entrada (Vin) proporcionada al TX de potencia inalámbrica
908
Recibir potencia inalámbricamente, en el RX de potencia inalámbrica, desde el TX de potencia inalámbrica
910
Producir una tensión de salida de CC (Vout) dependiendo de la potencia recibida inalámbricamente por el RX de potencia inalámbrica
912
Durante un primer conjunto de fases de carga habilitar un primer cargador e inhabilitar un segundo cargador y convertir la tensión de salida de CC (Vout) a una tensión de carga de batería (Vbat) usando el primer cargador, el primer cargador comprende un convertidor CC-CC de bucle cerrado
914
Durante un segundo conjunto de fases de carga inhabilitar el primer cargador y habilitar el segundo cargador y convertir la tensión de salida de CC (Vout) a la tensión de carga de batería (Vbat) usando el segundo cargador, el segundo cargador comprende un convertidor CC-CC de bucle abierto

FIG. 9