

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 596 556**

51 Int. Cl.:

A61N 1/378 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.06.2012 PCT/US2012/041551**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.01.2013 WO13012487**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.06.2012 E 12728900 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.07.2016 EP 2734268**

54 Título: **Gestión de batería para un dispositivo médico implantable**

30 Prioridad:

20.07.2011 US 201161509701 P

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

10.01.2017

73 Titular/es:

**BOSTON SCIENTIFIC NEUROMODULATION CORPORATION (100.0%)
25155 Rye Canyon Loop
Valencia, CA 91355, US**

72 Inventor/es:

**PARRAMON, JORDI;
MARNFELDT, GORAN N.;
OZAWA, ROBERT;
FELDMAN, EMANUEL;
PETERSON, DAVE y
HE, YUPING**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 596 556 T3

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

DESCRIPCIÓN

Gestión de batería para un dispositivo médico implantable

Campo de la invención

5 La presente solicitud se refiere al campo de los dispositivos médicos implantables y, en particular, a circuitería de gestión de un dispositivo médico implantable que tenga una batería.

Antecedentes

10 Los dispositivos neuroestimuladores implantables son dispositivos que generan y suministran estímulos eléctricos a los nervios y tejidos del cuerpo para la terapia de diversos trastornos biológicos, tales como marcapasos para tratar la arritmia cardíaca, desfibriladores para tratar la fibrilación cardíaca, estimuladores cocleares para tratar la sordera, estimuladores retinianos para tratar la ceguera, estimuladores musculares para producir movimiento coordinado de las extremidades, estimuladores de la medula espinal para tratar el dolor crónico, estimuladores corticales y del cerebro profundo para el tratamiento de trastornos motores y psicológicos, y otros estimuladores neuronales para el tratamiento de la incontinencia urinaria, la apnea del sueño, la subluxación de hombro, etc. La descripción que sigue se centrará generalmente en el uso de la invención dentro de un sistema de estimulación medular (SCS), tal como el divulgado en la Patente de Estados Unidos 6.516.227. Sin embargo, la presente invención puede encontrar aplicabilidad en cualquier neuroestimulador implantable.

20 Como se muestra en las Figuras 1A y 1B, un sistema de SCS normalmente incluye un generador de impulsos implantable (IPG) 100, que incluye una carcasa 30 biocompatible del dispositivo formada por un material conductor tal como el titanio, por ejemplo. La carcasa 30 suele contener la circuitería y una batería 26 necesarias para el funcionamiento del IPG, a pesar de que los IPG también pueden alimentarse a través de energía externa de RF y sin una batería. El IPG 100 incluye uno o más conjuntos de electrodos (se muestran dos de tales conjuntos 102 y 104), cada uno con varios electrodos 106. Los electrodos 106 están soportados en un cuerpo flexible 108, que también aloja unos conductores 112 y 114 de electrodo individuales acoplados a cada electrodo. En la realización ilustrada, hay dieciséis electrodos en el conjunto 102, etiquetados E1-E16, y dieciséis electrodos en el conjunto 104, etiquetados E17-E32, aunque el número de conjuntos y de electrodos es específico de la aplicación y por lo tanto puede variar. Los conjuntos 102, 104 están acoplados al IPG 100 utilizando unos conectores 38a y 38b de conductor, que están fijados en un material no conductor de cabecera 36, que puede comprender una resina epoxídica, por ejemplo. En otro ejemplo, el IPG 100 puede incluir cuatro conectores de conductor que soporten cuatro conjuntos de electrodos, cada uno con ocho electrodos.

30 Tal como se muestra en la Figura 2, el IPG 100 normalmente incluye un conjunto de sustrato electrónico que incluye una placa de circuito impreso (PCB) 16, junto con diversos componentes electrónicos 20, tales como microprocesadores, circuitos integrados, y condensadores montados en la PCB 16. Dependiendo del diseño y el tipo de baterías usadas, dos bobinas (más en general, antenas) pueden estar presentes en el IPG 100: una bobina 13 de telemetría que se utiliza para transmitir/recibir datos a/desde un controlador externo 12; y una bobina 18 de carga para cargar o recargar la batería 26 del IPG mediante un cargador externo 50. La bobina 13 de telemetría se muestra montada dentro de la cabecera 36 del IPG 100, como se muestra, y puede estar envuelta alrededor de un núcleo 13' de ferrita. Sin embargo, la bobina 13 de telemetría también puede estar situada dentro de la carcasa 30. Véase, por ejemplo, la publicación de patente de EE.UU. 2011/0112610.

40 Como se acaba de señalar, se utiliza un controlador externo 12, tal como un programador de mano o un programador de personal clínico, para enviar datos al IPG 100 y recibir datos desde el mismo de forma inalámbrica. Por ejemplo, el controlador externo 12 puede enviar datos de programación al IPG 100 para dictar la terapia que el IPG 100 proporcionará al paciente. Además, el controlador externo 12 puede actuar como un receptor de datos desde el IPG 100, tales como diversos datos que informen sobre el estado del IPG. El controlador externo 12, como el IPG 100, también contiene una PCB 70 sobre la que están situados componentes electrónicos 72 para controlar la operación del controlador externo 12. Una interfaz 74 de usuario similar a la utilizada para un ordenador, teléfono móvil, u otro dispositivo electrónico de mano, y que por ejemplo incluye botones táctiles y una pantalla, permite a un paciente o médico operar el controlador externo 12. Una bobina (antena) 17 permite la comunicación de datos hacia y desde el controlador externo 12.

50 El cargador externo 50, normalmente también un dispositivo de mano, se utiliza para transmitir energía de forma inalámbrica al IPG 100, pudiéndose utilizar dicha energía para recargar la batería 26 del IPG. Una bobina (antena) 17' permite la transferencia de energía desde el cargador externo 50, al generar un campo magnético de carga. El cargador externo 50 se representa con una construcción similar a la del controlador externo 12, pero en realidad será diferente de acuerdo con sus funciones, tal como apreciará un experto en la materia.

55 El IPG 100 también puede comunicar datos de vuelta al cargador externo 50 durante la carga, mediante la modulación de la impedancia de la bobina 18 de carga. Este cambio en la impedancia se refleja de nuevo a la bobina 17' en el cargador externo 50, que desmodula la reflexión para recuperar los datos transmitidos. Este medio de transmisión de datos desde el IPG 100 al cargador externo 50 se conoce como modulación de carga (LSK), y es útil para comunicar datos pertinentes durante la carga de la batería 26 en el IPG 100, tales como si la carga está

completa y si puede detenerse el cargador externo. La comunicación de LSK desde un IPG 100 a un cargador externo se analiza adicionalmente en las Solicitudes de Patente de Estados Unidos con n.º de Serie 12/354.406, presentada el 15 de enero de 2009 (US 2010/0179618), y 12/616178, presentada el 11 de noviembre de 2009 (US 2011/0112610).

5 La telemetría de datos y la transferencia de energía inalámbricas entre los dispositivos externos 12 y 50 y el IPG 100 se lleva a cabo específicamente a través de un acoplamiento inductivo. Para implementar esta funcionalidad, tanto el IPG 100 como los dispositivos externos 12 y 50 tienen bobinas que actúan juntas como un par. En el caso del controlador externo 12, el correspondiente par de bobinas comprende la bobina 17 del controlador y la bobina 13 del IPG 100. En el caso del cargador externo 50, el correspondiente par de bobinas comprende la bobina 17' del cargador y la bobina 18 del IPG 100. Como es bien sabido, la transmisión inductiva de datos o de energía se puede producir de forma transcutánea, es decir, a través del tejido 25 del paciente, por lo que es particularmente útil en un sistema de dispositivo médico implantable. Durante la transmisión de datos o de energía, las bobinas 17 y 13, o 17' y 18, se encuentran preferentemente en planos que son paralelos, a lo largo de ejes colineales, y con las bobinas lo más cerca posible entre sí. Tal orientación entre las bobinas 17 y 13 mejorará en general el acoplamiento entre las mismas, pero todavía puede darse la desviación con respecto a las orientaciones ideales en la transferencia adecuadamente fiable de datos o de energía.

El documento US 2007/0129768 A1 se refiere a un circuito de protección y de recuperación para un dispositivo médico implantable, que comprende una batería recargable, un controlador de carga para cargar la batería recargable, una primera trayectoria de carga entre el controlador de carga y un terminal de la batería para cargar la batería a través de al menos un diodo, en el que la primera trayectoria de carga está activa para cargar la batería desde una tensión nula cuando la tensión de la batería está por debajo de un umbral, y una segunda trayectoria de carga entre el controlador de carga y el terminal de la batería para cargar la batería a través de un primer conmutador, en el que la segunda trayectoria de carga está activa para cargar la batería cuando la tensión de la batería está por encima del umbral.

25 La presente divulgación está dirigida a la mejora de la circuitería de gestión de batería para un dispositivo médico implantable, y a los esquemas de gestión de batería relacionados.

Breve descripción de los dibujos

Las Figuras 1A y 1B muestran un generador de impulsos implantable (IPG), y la manera en que un conjunto de electrodos está acoplado con el IPG de acuerdo con la técnica anterior.

30 La Figura 2 muestra un IPG, un controlador externo, y un cargador externo de acuerdo con la técnica anterior. La Figura 3 muestra circuitería de gestión de batería mejorada para un IPG. Las Figuras 4A y 4B muestran detalles de algunos de los circuitos de la circuitería de gestión de batería mejorada.

Las Figuras 5A y 5B muestran una implementación de la circuitería de gestión de batería mejorada, implementada en un circuito integrado y acoplada con otros componentes del IPG.

35 La Figura 6 muestra un circuito simplificado que representa la fuente de corriente/tensión utilizada en la circuitería de gestión de batería mejorada. La Figura 7 muestra el funcionamiento del firmware del IPG para controlar la fuente de la Figura 6, y para controlar otros aspectos para evitar la sobrecarga de la batería.

40 La Figura 8 muestra un esquema de un circuito integrado que incluye la colocación de la circuitería de gestión de batería mejorada.

Descripción detallada

La Figura 3 muestra la circuitería 200 de gestión de batería mejorada para un dispositivo médico implantable, tal como el IPG 100 expuesto en los Antecedentes. La circuitería 200 de gestión de batería comprende una circuitería 45 150 de carga para generar una corriente controlada para cargar la batería 26, y una circuitería 155 de aislamiento de carga que puede conectar o desconectar de forma controlable la batería 26 con respecto a la carga 160 que la batería 26 energiza durante el funcionamiento normal del IPG 100. Como se muestra, la circuitería 200 de gestión de batería tiene una topología en forma de T entre la circuitería 150 de carga, la circuitería de aislamiento de carga, y la batería, de manera que la circuitería 150 de carga esté interpuesta entre una circuitería 149 de extremo delantero (analizada más adelante) y el terminal positivo (Vbat) de la batería 26, y la circuitería 155 de aislamiento de carga esté interpuesta entre el terminal positivo de la batería 26 y la carga 160. Se usan varios circuitos 134, 142, 144, 146, y 156 para monitorizar y controlar la circuitería 150 de carga y la circuitería 155 de aislamiento, como se explicará adicionalmente más adelante.

Un condensador 110 situado en el cargador externo 50 está acoplado a la bobina 17' para proporcionar un circuito LC resonante o "tanque", para producir un campo magnético de carga de corriente alterna. El campo magnético de carga induce una corriente en la bobina 18 del IPG 100, en el que la bobina 18 está igualmente acoplada con un condensador 114 para formar un circuito tanque. La tensión de CA producida por el circuito tanque 18/114 del IPG se convierte en una primera tensión V1 de CC mediante un circuito rectificador 116 de onda completa estándar, en el que V1 se filtra a través del condensador 118. Un diodo Zener 120 mantiene V1 fijo en un nivel seguro, por

ejemplo de 5,5 voltios o menos, eligiéndose dicho nivel para que esté muy por debajo de las capacidades máximas de los procesos y reglas de diseño de semiconductor utilizados.

V1 pasa a través de un diodo 122, para producir una segunda tensión Vcc de corriente continua. El diodo 122 está ideado para evitar un drenaje no deseado de la batería 26 en caso de que V1 se vuelva excesivamente bajo por alguna razón, por ejemplo a causa de un cortocircuito en la circuitería 149 de extremo frontal. En tal circunstancia, el diodo 122 impedirá el drenaje de Vbat (en particular) a través de la trayectoria de carga normal, que se describirá posteriormente.

Aunque puede implementarse de muchas maneras, en una realización, la circuitería 149 de extremo frontal y la batería 26 comprenden preferentemente componentes discretos externos, mientras que la circuitería 200 de gestión de batería está incluida en un circuito integrado (CI) 300, que se muestra en la Figura 5A. El CI 300 puede comprender otros bloques de circuitos que efectúen otras funciones dentro del dispositivo médico implantable. La mayoría de todos estos bloques de circuitos están alimentados en última instancia por la batería 26, a través de la circuitería 155 de aislamiento de carga, y por lo tanto comprenden parte de la carga genérica 160 anteriormente mencionada. Adicionalmente, el CI 300 puede en sí mismo estar acoplado con otros componentes dentro del IPG 100, tal como un microcontrolador 305, como se muestra en la Figura 5B, estando alimentados dicho microcontrolador 305 y otros componentes también por la batería 26, y por lo tanto comprenden parte de la carga 160. Los diversos bloques de circuitos del CI 300, y los componentes externos, pueden estar acoplados mediante un bus 297 para permitir su comunicación. El bus 297 comprende varias señales de bus (dirección/datos, permiso de escritura/lectura, permiso de retención de direcciones, etc.) que operan en el bus 297 de acuerdo con un protocolo. El CI 300, sus diversos bloques de circuitos, el microcontrolador 305, el bus 297, el protocolo de comunicación del bus, y otros detalles de las Figuras 5A y 5B, se describen en la Solicitud de Patente de Estados Unidos n.º de Serie 61/392.594, presentada el 13 de octubre de 2010 (US 2012/0095529). El microcontrolador 305 también podría integrarse en el mismo CI 300 que incluya la circuitería 200 de gestión de batería. En una implementación real, la carga 160 incluye uno o más reguladores de tensión para producir tensiones de alimentación para los distintos bloques y componentes del IPG 100.

En el Vcc, la circuitería 200 se divide en una trayectoria de carga normal y una trayectoria de carga de mantenimiento. La trayectoria de carga de mantenimiento es pasiva, es decir, no está mandada y no requiere otra energía que la proporcionada por el campo magnético de carga. La trayectoria de mantenimiento se dirige desde el nodo Vcc hasta la batería 26 a través de un resistor 124 de limitación de corriente y uno o más diodos 126. La trayectoria de carga de mantenimiento se utiliza para proporcionar a la batería 26 una corriente de carga pequeña, Imantenimiento, cuando la tensión Vbat de la batería es menor que la tensión mínima requerida para el funcionamiento normal del circuito (por ejemplo, menos de 2,5 voltios). Específicamente, para producir una corriente de carga de mantenimiento, Vcc debe ser mayor que la suma de la caída de tensión a través del/los diodo/s 126 y la tensión Vbat de la batería 26. En condiciones normales y suponiendo que se utilizan tres diodos 126 y un resistor 124 de 200 ohmios, la caída en el resistor 124 y el/los diodo/s 126 será de unos 2,0 voltios (pudiendo ajustarse dicha magnitud cambiando la resistencia o el número de diodos). Por lo tanto, si Vcc es mayor que aproximadamente 2,0 V + Vbat, una corriente de carga de mantenimiento fluirá pasivamente hacia la batería. Si esta condición no se cumple, lo que indica que o bien Vcc es suficientemente pequeño o que Vbat es suficientemente alto, se invertirá la polarización de los diodos 126, y se evitará un drenaje de retorno de la batería 26 a través de la trayectoria de carga de mantenimiento.

Debido a que es pasiva, la trayectoria de carga de mantenimiento puede producir una corriente de carga de mantenimiento incluso si se está cargando la batería 26 a través de la trayectoria de carga normal (que se describe más adelante). Sin embargo, debido a que Imantenimiento (que generalmente está en el orden de unos pocos miliamperios) normalmente será muy pequeño en comparación con Inormal (que generalmente está en el orden de decenas de miliamperios), tal corriente de carga adicional será insignificante en comparación.

La trayectoria de carga normal se dirige desde Vcc hasta la batería 26 a través de la fuente 130 de corriente/tensión (explicada en mayor detalle más adelante con respecto a la Figura 6), un resistor 132 de detección de corriente de carga, y un conmutador 136 de protección contra la sobretensión. El resistor 132 de detección de corriente de carga es relativamente pequeña (por ejemplo, 1 ohmios), y la caída de tensión en este resistor se controla mediante un circuito 134 de detección de corriente de carga. El circuito 134 de detección de corriente de carga puede comprender un amplificador diferencial para producir una salida analógica de tensión, CI, indicativa de la corriente de carga, Inormal. Esta salida analógica, CI, puede digitalizarse utilizando un convertidor 310 analógico-digital (A/D) (véase la Fig. 5A), y usado por la circuitería de control del IPG para cualquier propósito útil. Por ejemplo, la CI puede estar conectada con el IPG 100 para proporcionar un registro histórico del rendimiento de carga. También puede usarse telemetría entre la CI y el cargador externo 50 para ajustar (o finalizar) el campo magnético de carga producido por el controlador externo, o para ayudar al cargador externo 50 a alinear el campo magnético con el IPG. Véanse, por ejemplo, las solicitudes de patente de Estados Unidos con n.º de serie 12/575.733, presentada el 8 de octubre de 2009 (US 2011/0087307); 12/624.162, presentada el 23 de noviembre de 2009 (US 2011/0121777); 61/332.555, presentada el 7 de mayo de 2010 (US 2011/0276111); y 61/414.616, presentada el 17 de noviembre de 2010 (US 2012/0119699). O puede utilizarse la CI para controlar la carga directamente, por ejemplo mediante la desactivación de la fuente 130 si la CI supera un umbral. Sin embargo, la circuitería 150 de carga puede depender de otras medidas de seguridad y otros datos más allá de la CI, y por lo tanto el resistor 132 y el circuito 134 de

detección de corriente de carga son meramente opcionales en el circuito.

Tras pasar por el resistor 132 de detección de corriente de carga, la corriente de carga normal, I_{normal} , se dirige a un transistor (conmutador) PMOS 136 de protección contra la sobretensión, que está controlado por una señal de control de sobretensión, OV. La señal OV de control de sobretensión comprende una señal digital generada por un detector 142 de sobretensión, que compara V_{bat} con una tensión máxima permitida, V_{max1} . El diseñador puede programar V_{max1} de muchas maneras diferentes, pero en una realización se cablea utilizando resistores formados en una capa metálica más superficial del CI 300. V_{max1} también se deriva de referencias de tensión que sean independientes de cualquier referencia utilizada para cargar la batería 26. Estos medios pasivos e independientes para establecer V_{max1} resultan preferibles a las señales de calibración activas, dado que las señales de calibración activas pueden fallar, lo que resulta en un valor inadecuado (y, posiblemente, peligroso) de V_{max1} . Debido a que V_{max1} se establece de forma independiente, un fallo que pudiera afectar a la carga de la batería no debería afectar por igual al mecanismo de seguridad que V_{max1} proporciona. En una realización, V_{max1} puede ser de aproximadamente 4,5 voltios, que se pueden definir mediante la química particular de la batería utilizada.

Si $V_{bat} > V_{max1}$, la condición de fallo de OV se establece como alta, lo que apaga el conmutador 136. Tal condición de sobretensión indica que la batería 26 se ha cargado adecuadamente, y que no resulta deseable una carga adicional a través de la trayectoria de carga normal. La apertura del conmutador 136 resulta deseable para proteger la batería 26 del daño resultante de la sobrecarga. Además de abrir el conmutador 136, también se utiliza OV para activar la circuitería 144 de descarga, que actúa para drenar intencionalmente la batería 26, lo que se describe en mayor detalle más adelante. Si $V_{bat} < V_{max1}$, OV es baja, y se cierra el conmutador 136, lo que permite que continúe la carga de la batería 26 a través de la trayectoria de carga normal.

Conectados entre las trayectorias de carga normal y de mantenimiento, se encuentran uno o más diodos 128. En una implementación preferida, el número de diodos 128 es igual al número de diodos 126 presentes en la trayectoria de carga de mantenimiento. El/los diodo/s 128 ayuda/n a asegurar que no haya fugas en la batería 26, en particular cuando V_{bat} ya es bajo (por ejemplo, menos de 1,0 V). Cuando V_{bat} es bajo, puede ser difícil proporcionar tensiones adecuadamente altas a la puerta de los transistores 136 de canal P para apagar el mismo, y por lo tanto estos transistores pueden estar en un estado indeterminado. Al conectar el/los diodo/s 126 y 128 a sus terminales positivos, conectar sus terminales negativos a ambos lados del conmutador de sobretensión, y garantizar el mismo número de diodos, esta disposición asegura que el potencial de la fuente 136 y el drenaje del conmutador sean iguales. Esto evita el flujo de corriente a través de este conmutador, y por lo tanto el drenaje inadvertido de la batería a bajas tensiones.

Como se ha señalado anteriormente, la circuitería 155 de aislamiento está interpuesta entre el terminal positivo (V_{bat}) de la batería 26 y la carga 160 energizada por la batería 26. Como se ha señalado anteriormente, la carga 160 puede comprender cualquier circuitería activa del IPG 100, tal como los reguladores y otros bloques de circuitos del CI 300, el microcontrolador 305, u otros componentes. En efecto, V_{carga} comprende una tensión de fuente de alimentación para su uso por dichos componentes.

En el ejemplo mostrado, la circuitería 155 de aislamiento comprende dos transistores (conmutadores) 152 y 154 de canal P cableados en paralelo. Los dos transistores 152 y 154 son preferentemente de tamaños diferentes, para cambiar la resistencia a través de los mismos, es decir la resistencia desde la batería 26 a la carga 160. Cualquiera o ambos de los conmutadores 152 y 154 pueden cerrarse para proporcionar energía desde la batería 26 a la carga, independientemente de si en ese momento se está cargando la batería 26, que está sujeta a su control como se analizará adicionalmente más adelante. Generalmente ambos conmutadores 152 y 154 estarán cerrados durante el funcionamiento normal del IPG 100 cuando no se está produciendo la carga de la batería, de nuevo sujetos a su control que se analiza a continuación.

Un detector 156 de sobrecorriente abarca los conmutadores 152 y 154. El detector 156 de sobrecorriente evalúa la corriente de carga, I_{carga} , que fluye entre la batería 26 y la carga 160, y confirma una señal digital de condición de fallo de control sobrecorriente, OI, cuando I_{carga} está por encima un umbral, I_{max} . Al igual que pasa con V_{max1} , utilizado por el detector 142 de sobretensión, I_{max} puede programarse de muchas maneras diferentes, pero en una realización preferida se establece usando resistores metálicos como se ha descrito anteriormente. Un experto en la materia comprenderá que el detector 156 de sobrecorriente deduce I_{carga} mediante la detección de una diferencia en la tensión en ambos lados de los conmutadores 152 y 154, y dividiendo esta diferencia por los valores conocidos de la resistencia de los conmutadores. (Esta resistencia variará dependiendo de si el conmutador 152 o 154, o ambos, están cerrados, pero el sistema lo sabrá y lo compensará). En una realización, I_{max} puede comprender 400 mA.

El conmutador 152 de la circuitería 155 de aislamiento tiene una resistencia relativamente alta (por ejemplo, aproximadamente 100 ohmios), y está mandado por una señal digital UV de condición de fallo de control de subtensión. La señal UV de control de subtensión se genera mediante un detector 146 de subtensión, que se muestra con más detalle en la Figura 4A. Obsérvese que el detector 146 de subtensión actúa pasivamente (es decir, no requiere ninguna señal de control) para emitir UV, lo que resulta preferible porque este circuito debe funcionar de forma fiable con bajos niveles de tensión de la batería. El detector 146 de subtensión determina la señal UV de control de subtensión como alta cuando V_{bat} está por debajo de un umbral, V_{min} , que puede ser de

aproximadamente 1,8 voltios. Normalmente, cuando Vbat es suficientemente alto, el divisor de tensión formado por los diodos 170 y por el resistor 172 de 10 Mohm forma una tensión adecuadamente alta en la puerta del transistor 176 de canal N, para encenderlo. Esta pone UV a tierra (valor bajo) a través del bus 178. Debido a que el conmutador 152 comprende un transistor de canal P, este valor bajo de UV cierra el conmutador 152, que acopla la batería 26 a la carga 160. Por el contrario, cuando Vbat es bajo (por ejemplo, por debajo de 1,8 V), la tensión en la entrada del transistor 176 de canal N no es suficientemente alto como para activar dicho transistor. Así, UV se mantiene en flotación al nivel aproximado de Vbat a través de un resistor 174 de 20 Mohm, y por tanto resulta elevado. La determinación una UV alta abre el conmutador 152, que desacopla la batería 26 de la carga 160. En resumen, el detector 146 de subtensión hace que el conmutador 152 se cierre cuando $V_{bat} > V_{min}$, pero abre el conmutador 152 cuando $V_{bat} < V_{min}$ para evitar que la carga 160 drene adicionalmente la batería 26, ya baja. Esto es particularmente útil si se ha puesto el IPG 100 en modo de almacenamiento (o en un modo de almacenamiento específico) para evitar que la batería se agote rápidamente.

Con referencia de nuevo a la Figura 3, el conmutador 154 de la circuitería 155 de aislamiento tiene una resistencia relativamente baja (por ejemplo, 0,5 ohmios) y está mandado por una señal de restablecimiento, RST. La RST está formada por una puerta OR 153, que recibe la señal UV de control de subtensión, y la señal OI de control de sobrecorriente, y una señal digital μ de condición de fallo de control desde un conmutador 151 de láminas. Los conmutadores 151 de láminas son conocidos en la técnica de los dispositivos médicos implantables, y se utilizan para apagar el IPG 100 en caso de emergencia si un paciente o médico posiciona externamente cerca del IPG 100 un imán de parada de emergencia. Otros detalles relativos a la operación de un conmutador 151 de láminas pueden encontrarse, por ejemplo, en la Solicitud de Patente Provisional de Estados Unidos n.º de Serie 61/318.198, presentada el 26 de marzo de 2010 (US 2011/0238135). En virtud de la puerta OR 153, la determinación de cualquiera de las condiciones de fallo μ , UV, u OI, causarán el aumento de RST, lo que apagará el conmutador 154 de canal P.

Los conmutadores 152 y 154 trabajan conjuntamente para desacoplar selectivamente la batería 26 de la carga 160, dependiendo de si se está experimentado una condición particular. En el caso de una condición de subtensión (cuando se determinan $V_{bat} < V_{min}$ y UV), ambos conmutadores 152 y 154 se abren para aislar la batería 26 de la carga 160 y para evitar que la carga 160 drene adicionalmente la batería 26, ya baja.

Por el contrario, si existe una condición de sobrecorriente (se determina OI) o si se ha activado el conmutador 151 de láminas (se determina μ), pero no existe una condición de subtensión (no se determina UV), existen legítimas dudas que sugieren que debería desacoplarse la batería 26 de la carga 160. Por ejemplo, si se determina OI, la carga 160 está drenando demasiada corriente, lo que puede agotar la batería 26 demasiado rápido, y puede hacer que el IPG 100 se caliente a niveles peligrosos. Si se determina μ , el paciente está experimentando algún tipo de problema desconocido, lo que a su vez puede indicar que debe desacoplarse la batería para apagar de manera efectiva el IPG 100.

A pesar de las dudas planteadas por la determinación de OI o μ , aún resulta deseable mantener cierto grado de acoplamiento entre la batería 26 y la carga 160, de manera que pueda seguir funcionando el circuito digital del IPG 100, tal como el microcontrolador 305 (Fig. 5B), y hacer frente a la condición de manera apropiada. Por ejemplo, si se determina OI, una circuitería de diagnóstico del IPG 100 requerirá energía para determinar, y quizás remediar, la causa de la excesiva corriente de carga, I_{carga}. Si se determina μ , aún puede ser necesario mantener energizado el IPG 100 al menos un corto periodo de tiempo, para que pueda cerrarse el IPG de manera ordenada, un tema abordado en la solicitud 61/318.198 (US 2011/0238135) anteriormente mencionada. En cualquier caso, puede ser necesaria cierta cantidad de energía para permitir que el microcontrolador 305 del IPG 100 libere la condición de restablecimiento, RST, que de otra manera está retenida.

Aunque el conmutador 154 de baja resistencia se abre ante la ocurrencia de estas condiciones, el conmutador 152 de alta resistencia todavía está cerrado (de nuevo, suponiendo que no existe una condición de baja tensión, UV). Esto proporciona un acoplamiento de resistencia relativamente alta entre la batería 26 y la carga 160. Esto limita a I_{carga}, pero aun así proporciona suficiente energía para mantener la circuitería digital del IPG 100 en un estado capaz de efectuar funciones básicas, en particular las relativas a tratar con, la condición de restablecimiento, RST, y tal vez liberar la misma.

Como se ha mencionado anteriormente, la circuitería 144 de descarga actúa para descargar de forma controlada la batería 26 durante una condición de sobretensión. En la Figura 4B se muestra en detalle la circuitería 144 de descarga, que comprende una resistencia controlable, puesta a tierra, formada por transistores. Un transistor 180 de canal P está mandado por la señal UV de subtensión, y un transistor 182 de canal N está mandado por la señal OV de sobretensión. Un transistor 184 está cableado a modo de diodo MOS, con su puerta conectada a su drenaje. Cuando se determina OV (es decir, cuando $V_{bat} > V_{max1}$), los transistores 182 y 184 conducirán. Debido a que no hay una condición de subtensión, no se determina UV, lo que hará que también el transistor 180 de canal P conduzca, creando así una resistencia entre Vbat y la tierra para drenar carga de la batería. Cuando está activada de esta manera, la circuitería 144 de descarga arrastrará más corriente que la trayectoria de carga de mantenimiento, lo cual es importante porque la trayectoria de carga de mantenimiento pasiva no puede apagarse. Si la circuitería 144 de descarga no arrastrara tal corriente relativamente alta en comparación con la trayectoria de carga de mantenimiento, Vbat podría seguir aumentando a pesar del esfuerzo por descarga. Cuando está activa

para acoplar Vbat a tierra, la resistencia a través de los transistores 180, 182, y 184 será de aproximadamente 200 ohmios. El transistor 184 conectado a los diodos crea una tensión razonablemente conocida en el drenaje del transistor 182 de OV. La señal OV se regula y de este modo se determina Vgs para el transistor 182 por la caída en el transistor 184, creando así un mecanismo de retroalimentación que regula en cierto grado la corriente de descarga. Aunque la circuitería 144 de descarga no tiene que activarse durante una condición de subtensión (es decir, cuando $V_{bat} < V_{min}$) aún recibe la señal UV de subtensión, para asegurar que la circuitería de descarga está apagada y no drenará inadvertidamente la batería 26 durante una condición de subtensión: durante una condición de subtensión, se determina UV como alta, lo que apagará el transistor 180, asegurando el desacoplamiento de Vbat con la tierra.

La Figura 6 muestra con más detalle la circuitería de fuente 130 de corriente/tensión en la trayectoria de carga normal. Como su nombre indica, la fuente 130 puede proporcionar tanto una corriente constante como una tensión constante a la batería 26 durante la carga, como se explicará enseguida. Vcc (véase la Fig. 3) comprende el suministro de energía para la fuente 130, y alimenta un espejo de corriente que comprende los transistores 190 y 191 de canal P. Al transistor 190 de referencia se le proporciona una corriente programable, Iajuste, que se establece mediante tres señales de control Iajuste[2:0], proporcionadas por un controlador 131 de fuente. El controlador 131 de fuente reside dentro del bloque 200 de circuitería de gestión de batería, y recibe las señales 297 de bus ya mencionadas. De esta manera, el microcontrolador 305 puede controlar el controlador 131 de fuente para proporcionar señales de control apropiadas a la fuente 130. Los transistores 191 preferentemente comprenden una red de M transistores cableados en paralelo, operando así para amplificar Iajuste a una magnitud de $M \cdot I_{ajuste}$ en la trayectoria de carga normal. En un ejemplo, M puede ser igual a 500.

Vbat se determina durante la carga usando un amplificador 194, que se utiliza para convertir la operación de la fuente 130, convirtiendo una carga de corriente constante a una carga de tensión constante de la batería 26 cuando Vbat supera un umbral, Vt, que puede ser 4,0 V o menos. Se proporciona una tensión Vref de referencia a la entrada no inversora del amplificador 194, mientras que a la entrada inversora se le proporciona una versión Vbat (Vajuste) dividida por la tensión. Vajuste puede ajustarse usando un resistor variable controlado por cinco señales Vajuste[4:0] a las que el controlador 131 de fuente da salida, al igual que ocurre con Iajuste[2:0]. En efecto, Vajuste[4:0] ajusta el valor umbral Vt del punto de conmutación entre la carga de corriente constante y la carga de tensión constante. Cuando se cumple $V_{ajuste} < V_{ref}$, lo que indica que se cumple $V_{bat} < V_t$, el amplificador 194 apaga el transistor 193 de canal P. A pesar de esto, la corriente sigue fluyendo a través del transistor 193 en virtud del espejo de corriente, y la batería 26 se cambia a una corriente constante de aproximadamente $M \cdot I_{ajuste}$.

Cuando se cumple $V_{ajuste} > V_{ref}$, lo que indica que se cumple $V_{bat} > V_t$, el amplificador 194 empieza a encender el transistor 193. Sin embargo, a medida que Vbat aumenta durante la carga, también aumenta la fuente del transistor 193. Esto disminuye con el tiempo la tensión de puerta a fuente del transistor 193, y con el tiempo tiende a apagar dicho transistor. En efecto, en estas condiciones, la corriente está limitada por la impedancia de la batería, y el transistor 193 proporciona esencialmente una tensión constante para cargar la batería, en lugar de una corriente constante. Cuando se ve sometida a una tensión constante, la corriente a través de la trayectoria disminuirá exponencialmente con el tiempo.

La fuente 130 está habilitada por una señal de carga de habilitación (Ch_hab), que el controlador 131 de fuente determina como alta cuando las condiciones son adecuadas para permitir la carga de tensión constante o bien de corriente constante para la batería 26. Cuando está habilitada, el transistor 195 N-canal está activado, lo cual permite que fluya la corriente de referencia Iajuste. Cuando está deshabilitada, el transistor 195 está apagado. Así, cuando Ch_hab es baja, no se permite el flujo de corriente a través de la trayectoria de carga normal ($I_{normal} = 0$), deshabilitando de forma efectiva la carga de la batería 26 por parte de la fuente 130.

La Figura 7 muestra cómo se puede utilizar el firmware del IPG 100 para proporcionar un control y protección adicionales contra la sobrecarga, y en particular muestra cómo tal firmware puede controlar el funcionamiento de la fuente 130 de corriente/tensión de la Figura 6. En la Figura 7, se usa una segunda tensión máxima, Vmax2, para la tensión Vbat de la batería, para proporcionar protección contra la sobretensión. Tal control es adicional al control de hardware proporcionado por Vmax1 para abrir el conmutador 136 (Fig. 3) durante una condición de sobretensión (OV), como se ha explicado anteriormente. Así, en un IPG 100 preferido, se usan dos tensiones máximas de la batería para proporcionar control y protección durante la carga: Vmax1 proporciona aislamiento a la batería, mientras que Vmax2 proporciona otros medios de control, como se explicará a continuación.

La Figura 7 muestra el flujo de datos a través de la circuitería del IPG 100, de izquierda a derecha según la relevancia para el control de sobretensión. En primer lugar, se digitaliza la tensión Vbat de la batería mediante un bloque A/D 310 del CI 300 (véase la Fig. 5A), y luego el bus 297 envía dicho valor digitalizado al microcontrolador 305. El valor para Vmax2 ya se ha programado en la circuitería del IPG 100, y es accesible para el microcontrolador 305, tal como se muestra. En este sentido, Vmax2 puede programarse en la memoria situada dentro del propio microcontrolador, o puede residir en un registro exterior al microcontrolador, por ejemplo en una EEPROM acoplada al bus 297 (Fig. 5A). En cualquier caso, el microcontrolador 305 compara Vbat con Vmax2, y en respuesta emite comandos apropiados de vuelta al CI 300, a través del bus 297. En particular se envían comandos al controlador 131 de fuente, para la fuente 130 situada dentro del bloque 200 de gestión de batería, y a los conmutadores LSK 362 del bloque 360 de telemetría.

Cuando se cumple $V_{bat} < V_{max2}$, se da por hecho una condición sin sobretensión, y la carga se produce normalmente. La fuente 130 está activada, es decir $Ch_hab=1$, lo que, como se ha explicado anteriormente con referencia a la Figura 6, permite que la fuente 130 proporcione a la batería 26 una carga de corriente constante o bien de tensión constante.

- 5 Si el microcontrolador 305 determina que $V_{bat} > V_{max2}$, se toman medidas apropiadas para proteger la batería 26 y asegurarse de que no se produzca una programación adicional. En esta circunstancia, la fuente 130 está deshabilitada, es decir Ch_hab se establece a 0, lo que evita que la fuente 130 suministre corriente alguna a la batería 26.

10 Adicionalmente, se activa una señal LSK para enviar un comando de cese de campo al cargador externo 50, para cesar la producción del campo magnético de carga. Esta señal LSK puede comprender una señal alterna (010101...) que se establezca durante un tiempo fijo (por ejemplo, diez segundos). La señal LSK conmuta los transistores 362, lo que hace que los extremos de la bobina 18 de carga se conmuten a tierra. Esto cambia la inductancia mutua entre la bobina 18 de carga del IPG 100 y la bobina 17' de carga del cargador externo 50, lo que en efecto produce unos reflejos detectables en el cargador externo 50. Cuando se reciben estos reflejos, el cargador externo 50 puede cesar la producción del campo magnético de carga, protegiendo así a la batería 26 de una sobrecarga adicional.

15 Después del tiempo fijado para la señal alterna, y como medida de protección adicional, la señal LSK puede determinarse como alta durante otro período determinado de tiempo (por ejemplo, cinco minutos). Esto sirve para anular el campo magnético de carga del IPG 100, en caso de que el cargador externo 50 no reciba y procese el comando de cese de campo. La determinación de LSK como alta enciende los transistores 362, y pone a tierra ambos extremos de la bobina 18 de carga del IPG. Al estar los dos extremos de la bobina 18 de carga puestos a tierra, el extremo frontal 149 de la circuitería de carga no puede producir tensión de CC, es decir, V_{cc} deberá ser igual a 0 incluso si el cargador externo 50 está proporcionando un campo magnético de carga. Sin tal potencial de CC, ni la trayectoria de carga normal ni la de carga de mantenimiento pueden proporcionar corriente a la batería 26.

20 En otra realización, también puede usarse telemetría entre el valor V_{bat} y el cargador externo 50 a través de la modulación de carga, de modo que el cargador externo 50 pueda tomar las medidas apropiadas durante la carga. Por ejemplo, si V_{bat} es particularmente bajo, el cargador externo 50 puede aumentar la fuerza del campo magnético de carga para acelerar el proceso de carga. El cargador externo 50 también puede cesar la producción del campo magnético de carga cuando V_{bat} se aproxime a un valor grande adecuado. Por ejemplo, el cargador externo 50 puede estar programado con un umbral, V_{max3} . Cuando V_{bat} , telemedido desde el IPG 100, exceda V_{max3} , el cargador externo 50 puede suspender la producción del campo magnético de carga como otro medio más para asegurar que no se sobrecargue la batería 26.

25 La Figura 8 muestra una vista en planta de un CI 300, y muestra la colocación de la circuitería 200 de gestión de batería en relación con un número reducido de otros bloques de circuitos. La circuitería 200 de gestión de batería cuenta con un área dedicada en el CI 300, y se toman medidas de protección para mejorar la fiabilidad de la circuitería 200 de gestión de batería. Estas medidas de protección en general aíslan la circuitería 200 de gestión de batería con respecto al resto de la circuitería del CI 300, con el objetivo de que los problemas de fiabilidad presentes en otras partes del CI 300 tengan menos probabilidades de producir problemas de fiabilidad en la circuitería 200 de gestión de batería.

30 En primer lugar, se mantiene al mínimo la señalización dentro y fuera de la circuitería 200 de gestión de batería. Como se muestra, V_{cc} y V_{bat} (analizados anteriormente con referencia a la Fig. 3) entran en la circuitería 200 de gestión de batería desde unos terminales 330 de unión del CI. Un experto en la materia comprenderá que los terminales 330 de unión proporcionan puntos de contacto, para conectar eléctricamente el CI 300 a otros componentes discretos o circuitos integrados del IPG 100. V_{carga} sale de la circuitería 200 de gestión de batería, y como se ha mencionado anteriormente, proporciona el suministro de energía para el resto de los bloques de circuitos del CI 300, así como para otra circuitería situada fuera del CI 300, tal como el microcontrolador 305 (Fig. 5B). Como tal, V_{carga} se difunde dentro del CI 300 y también se transfiere al exterior del CI 300 a través de su propio terminal 330 de unión.

35 También se transfieren dentro de la circuitería 200 de gestión de batería unas señales 350 derivadas por el controlador 131 de fuente, tales como I_{ajuste} , V_{ajuste} , y Ch_hab (véase la Fig. 6). También pueden transferirse otras señales 340 dentro y fuera de la circuitería 200 de gestión de batería, tales como diversas señales de interrupción indicativas de las distintas condiciones de sobretensión y subtensión, o de sobrecorriente y subcorriente, descritas anteriormente. Las señales 340 y 350 que se transfieren dentro y fuera del bloque 200 de circuitería de gestión de batería, preferentemente lo hacen a través del nivel superior de un metal usado en la formación del CI 300, para maximizar su aislamiento con respecto al sustrato subyacente del CI, pero esto no es estrictamente necesario.

40 Una segunda medida de protección utilizada en la circuitería 200 de gestión de batería comprende evitar el acoplamiento CC de las señales 340 y 350 dentro y fuera del bloque. Como se muestra, se utilizan condensadores de desacoplamiento con todas las señales que fluyen dentro o fuera de la circuitería 200 de gestión de batería. Es decir, las señales que entran y salen del bloque se acoplan en CA (es decir, se aíslan galvánicamente), y por lo tanto

no existe conexión alguna de CC entre el bloque 200 de gestión de batería y la circuitería exterior a este bloque, lo que resulta deseable para evitar que los fallos exteriores afecten de forma no segura la operación dentro del bloque. Por ejemplo, un fallo fuera del bloque 200 no podrá introducir corriente continua en el bloque 200 a través de las trayectorias de señal. Esto mejora la fiabilidad del bloque 200, y es particularmente importante cuando se tiene en cuenta la importancia de controlar el flujo de corriente continua dentro del bloque. Aunque tal acoplamiento CA de las señales se muestra a través del uso de condensadores discretos, tales capacitancias pueden comprender también otras estructuras, tales como las puertas aislantes de los transistores MOS. Por lo tanto, en lugar de los condensadores discretos pueden utilizarse desplazadores de nivel, por ejemplo, que empleen tales puertas aisladas.

Una tercera medida de protección diseñada para aislar la circuitería 200 de gestión de batería es el uso de un área 320 de aislamiento en el sustrato del CI 300. El área 320 de aislamiento comprende un anillo de aislamiento alrededor de la circuitería 200 de gestión de batería de una anchura dada, W , que puede ser al menos un orden de magnitud mayor que el ancho de línea más pequeño utilizado en la fabricación del CI 300. En el sustrato del CI subyacente al área 320 de aislamiento no formadas estructuras activas. La anchura W proporciona una separación física mucho más grande de lo normal entre el bloque 200 de gestión de batería y la circuitería colindante, es decir una separación física mucho más grande de lo que las reglas de diseño de circuitos integrados indicarían de otro modo entre los diferentes bloques de circuitos. Tal separación física resulta especialmente preferible para evitar que los daños mecánicos a otras porciones del CI (por ejemplo, grietas) afecten negativamente al bloque 200 de gestión de batería.

Cabe señalar que la circuitería 200 de gestión de batería también puede comprender su propio circuito integrado, separado del CI 300 pero acoplado al mismo. La separación entre ambos podrá disipar algunas de las preocupaciones anteriores, relativas a que la fiabilidad del CI 300 pueda afectar a la operación de la circuitería 200 de gestión de batería. Sin embargo, en pos de la integración resulta preferible incluir la circuitería 200 de gestión de batería en el CI 300, y emplear las medidas de protección que acaban de analizarse. Adicionalmente, los procesos semiconductores con zonas verdaderamente aisladas, tales como la tecnología SOI (silicio sobre aislante), permiten de manera efectiva una separación completa incluso en el mismo circuito integrado.

Si bien la presente divulgación ha proporcionado varias medidas de protección diferentes por las cuales puede llevarse a cabo o implementarse la carga de una batería en un implante médico, debe tenerse en cuenta que en una aplicación dada no es necesario adoptar todas estas medidas. Qué medidas se adopten dependerá de las opciones de diseño, y de los niveles deseados de protección redundante.

Tal como se usa en el presente documento, el término "diodo" debe comprenderse como inclusivo de cualquier dispositivo capaz de limitar el flujo de la corriente en una dirección, y puede incluir transistores cableados para actuar como diodos tradicionales (por ejemplo, un MOSFET con su puerta conectada a uno de entre la fuente o el drenaje, o un transistor BJT con su base conectada a uno de entre el receptor o el emisor), o cualquier otro dispositivo rectificador adecuado.

Aunque se han mostrado y descrito las realizaciones particulares de la presente invención, debe comprenderse que el análisis anterior no pretende limitar la presente invención a estas realizaciones. Será obvio para los expertos en la materia que pueden hacerse diversos cambios y modificaciones sin apartarse del espíritu y alcance de la presente invención. Así, la presente invención está destinada a cubrir alternativas, modificaciones y equivalentes que puedan caer dentro del alcance de la presente invención, según se define por las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Circuitería (200) para un dispositivo médico implantable (100), que comprende:
 - 5 una primera trayectoria de carga que comprende una fuente (130) alimentada por una tensión de entrada, y para producir energía para cargar una batería (26) en un nodo terminal (Vbat) de la batería, y un conmutador (136) de sobretensión para sincronizar la energía producida con el nodo terminal de la batería, en la que el conmutador de sobretensión se abre si se determina una señal de sobretensión;
 - 10 una segunda trayectoria de carga para cargar la batería de forma pasiva mediante la tensión de entrada, en la que la segunda trayectoria de carga se acopla con el nodo terminal (Vbat) de la batería mediante al menos un primer diodo (126); y
 - al menos un conmutador (152; 154) de carga acoplado entre el nodo terminal (Vbat) de la batería y una carga (160) dentro del dispositivo implantable médico (100), en la que el al menos un conmutador de carga se abre, al menos, si se determina una señal de subtensión de la batería.
2. La circuitería de la reivindicación 1, en la que la circuitería está integrada en un circuito integrado.
3. La circuitería de la reivindicación 1, en la que la energía producible por la fuente (130) es una corriente constante, o una tensión constante, o ambas.
4. La circuitería de la reivindicación 1, en la que un primer y segundo conmutadores (152, 154) de carga están acoplados en paralelo entre el nodo terminal (Vbat) de batería y la carga (160).
5. La circuitería de la reivindicación 4, en la que el primer conmutador (152) de carga se abre si se determina la señal de subtensión de la batería, y en la que el segundo conmutador (154) de carga se abre si se determina o bien la señal de subtensión de batería o bien una señal de sobrecorriente.
6. La circuitería de la reivindicación 5, que comprende adicionalmente un detector (156) de sobrecorriente para determinar la señal de sobrecorriente, si una corriente a través del al menos un conmutador de carga sobrepasa un umbral.
7. La circuitería de la reivindicación 5, en la que la resistencia del primer conmutador (152) de carga es mayor que la resistencia del segundo conmutador (154) de carga.
8. La circuitería de la reivindicación 5, en la que el segundo conmutador (154) de carga se abre, adicionalmente, si se determina una señal campo magnético detectado.
9. La circuitería de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente al menos un segundo diodo (128) entre la primera y la segunda trayectorias de carga.
10. La circuitería de la reivindicación 1, en la que el al menos un primer diodo (126) y el al menos un segundo diodo (128) están conectados por su terminal positivo, y en la que sus terminales negativos están acoplados a cada lado del conmutador de sobretensión.
11. La circuitería de la reivindicación 10, en la que el número de primeros diodos (126) y el número de segundos diodos (128) es el mismo.
12. La circuitería de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente una bobina y un circuito rectificador (116) para producir la tensión de entrada, y que comprende preferentemente un diodo (122) entre el circuito rectificador y la tensión de entrada.
13. La circuitería de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente un detector (146) de subtensión para recibir el nodo terminal (Vbat) de la batería y para determinar la señal de subtensión de la batería cuando la tensión en el nodo terminal de la batería caiga por debajo de un umbral, en la que el detector de subtensión preferentemente es pasivo y no requiere ninguna señal de control para determinar la señal de subtensión de la batería.
14. La circuitería de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente un circuito (144) de descarga para recibir el nodo terminal de la batería, la señal de sobretensión de la batería, y la señal de subtensión de la batería, en la que las circuitería de descarga acopla el nodo terminal de la batería a tierra cuando se determina la señal de sobretensión de la batería, pero en la que las circuitería de descarga desacopla de la tierra el nodo terminal de la batería cuando se determina la señal de subtensión de la batería.

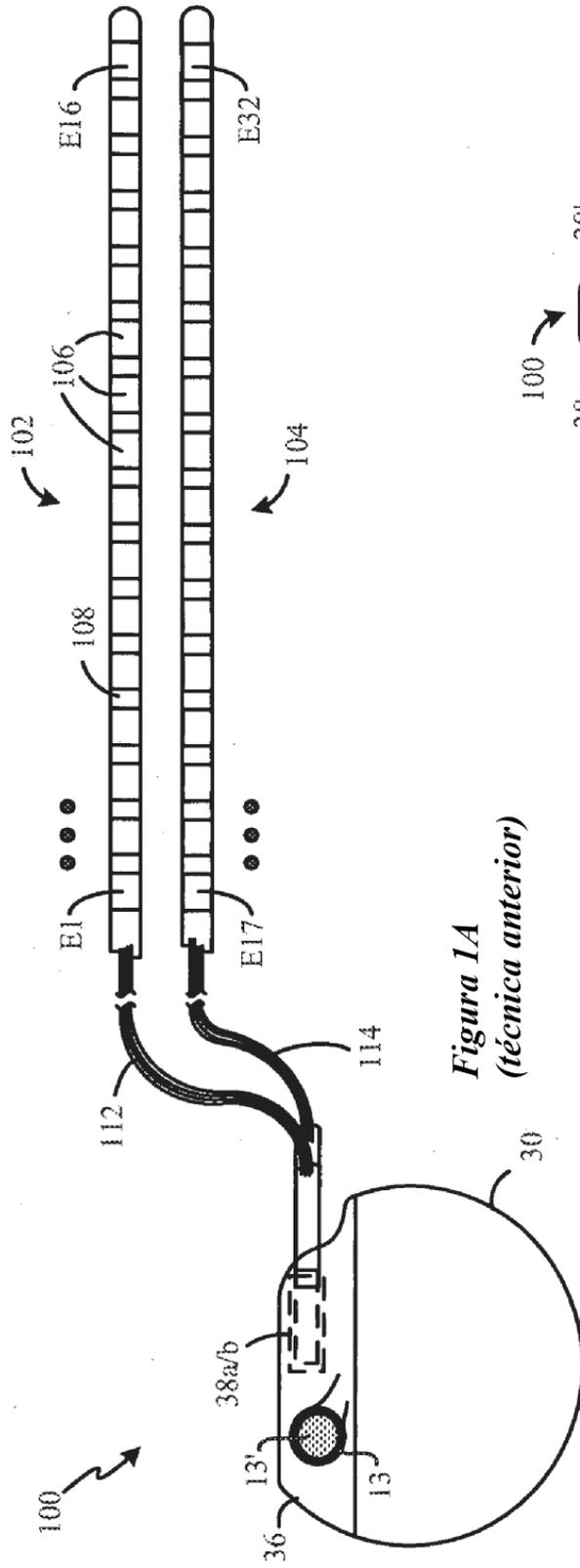


Figura 1A
(técnica anterior)

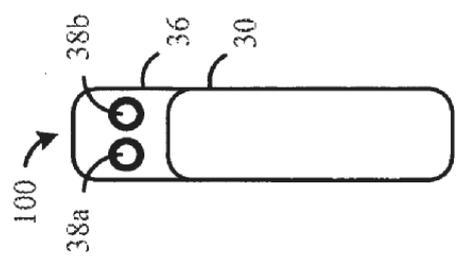


Figura 1B
(técnica anterior)

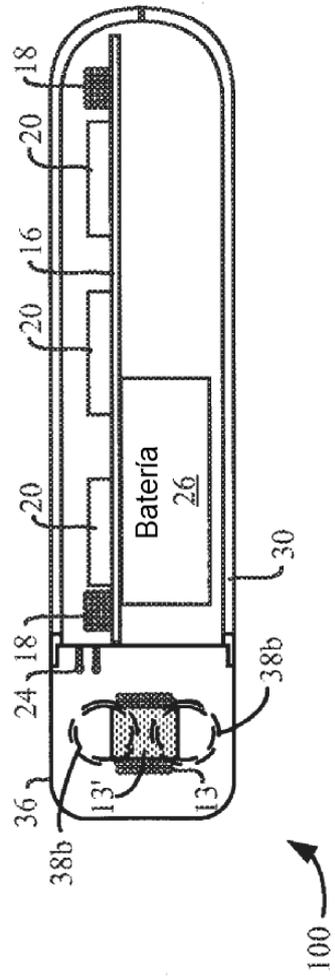
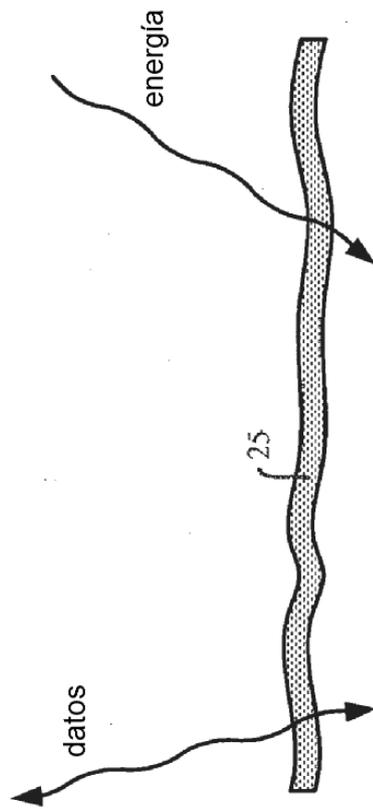
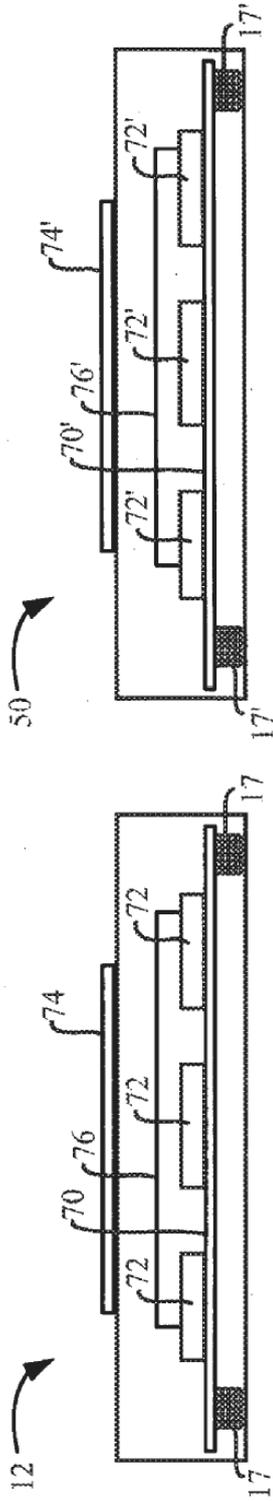


Figura 2
(técnica anterior)

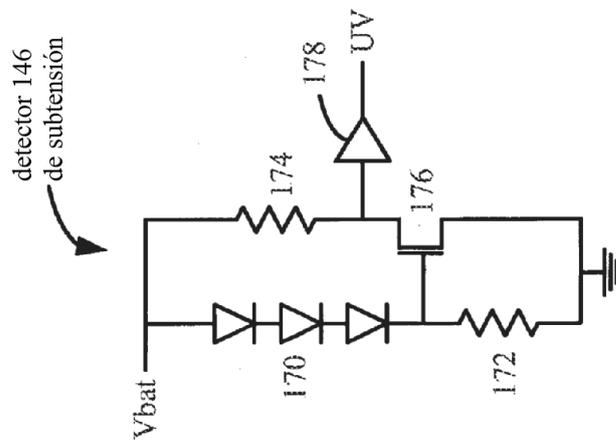


Figura 4A

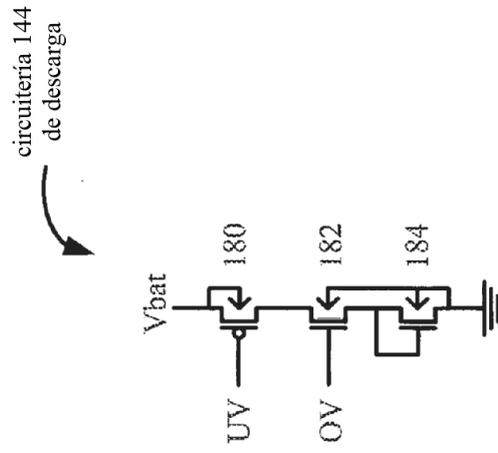


Figura 4B

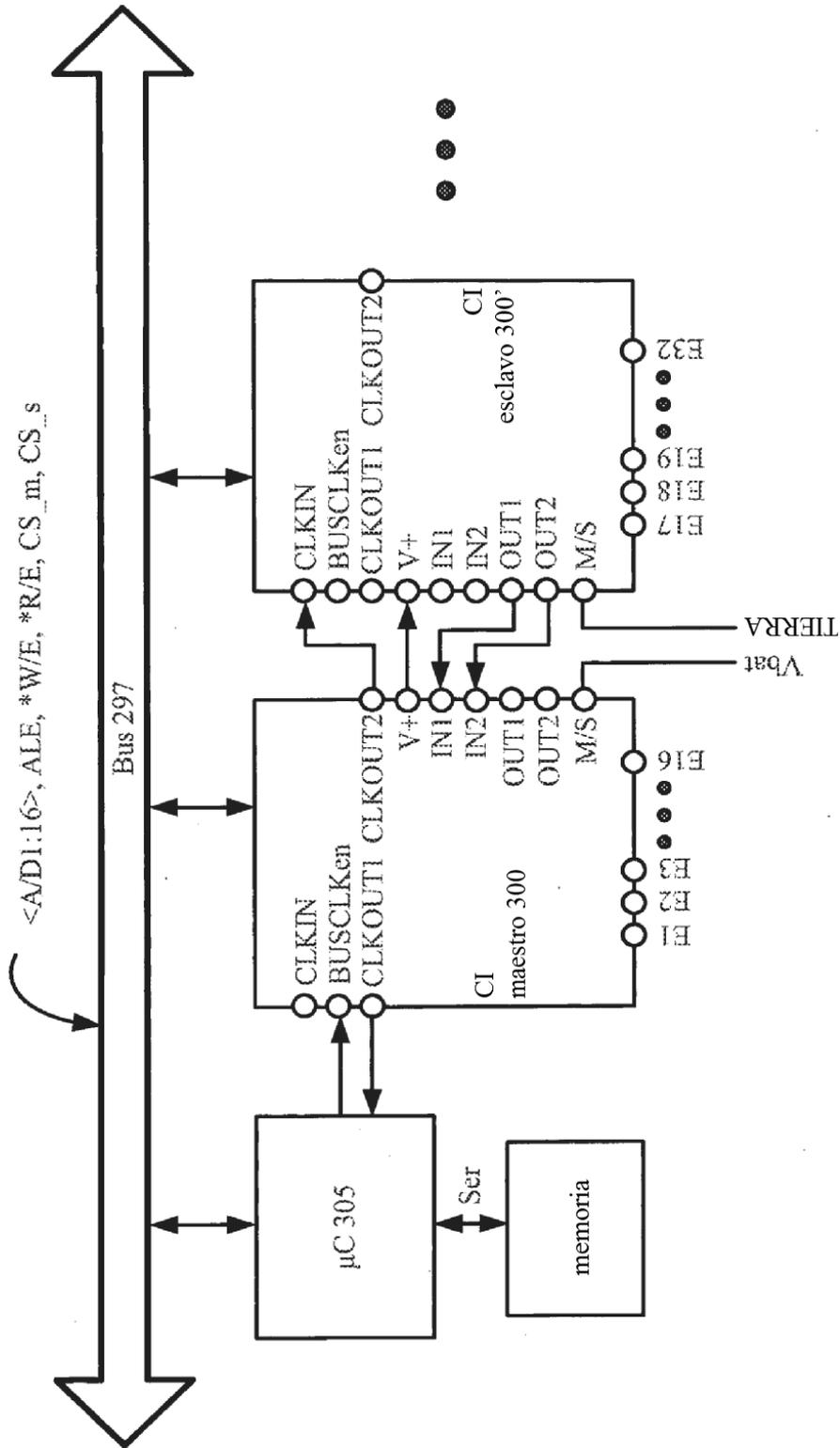


Figura 5B

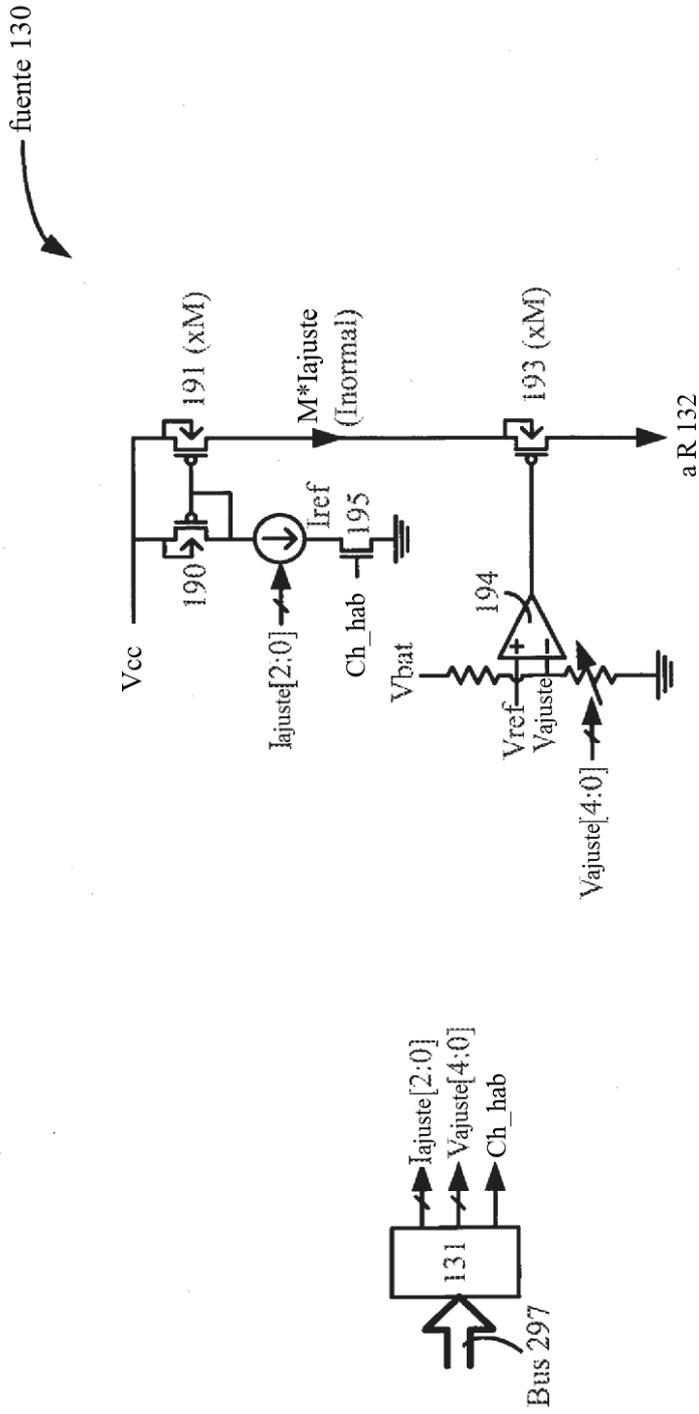


Figura 6

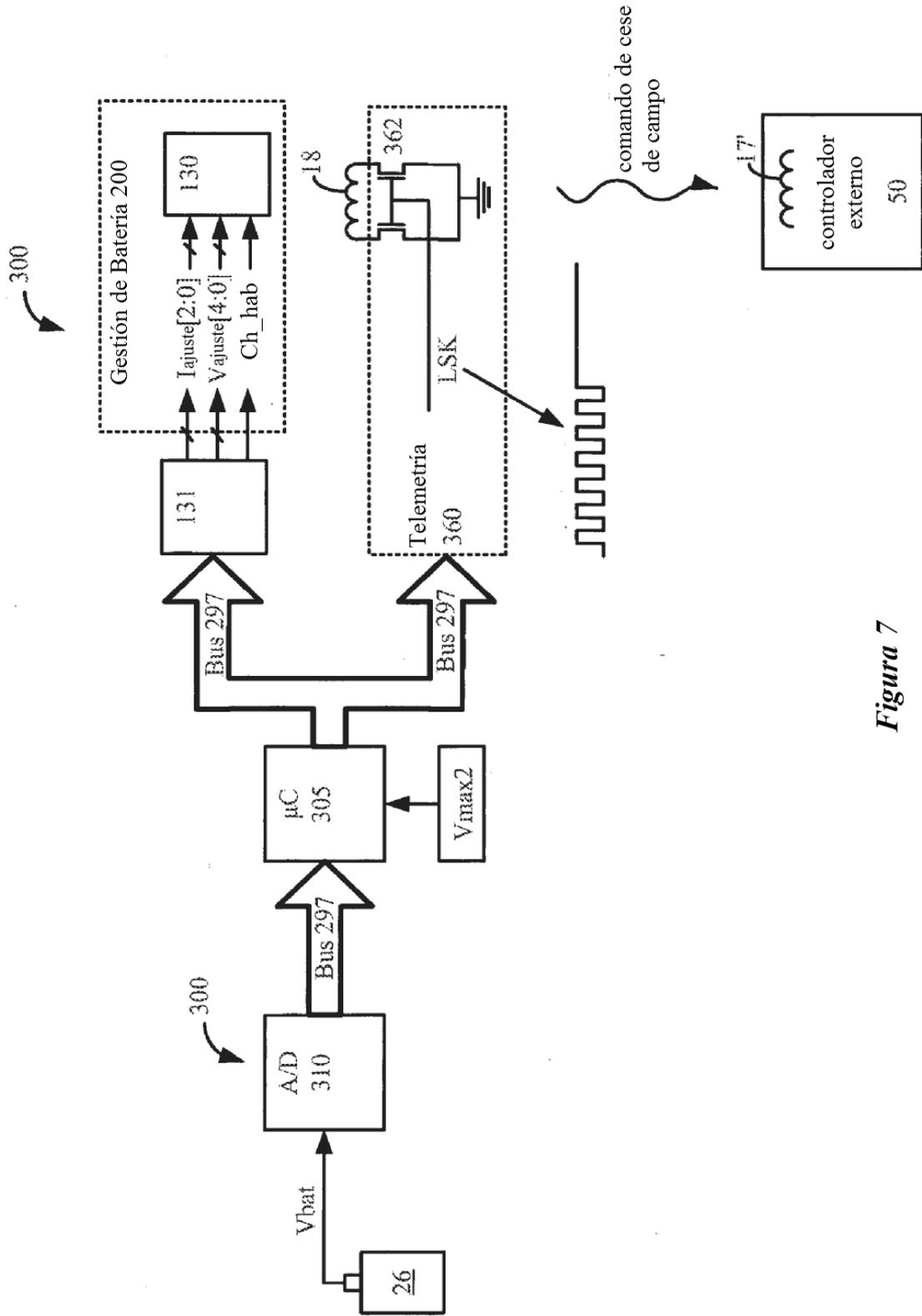


Figura 7

Figura 8

