

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 503 558**

51 Int. Cl.:

**A61N 1/378** (2006.01)

**A61N 1/08** (2006.01)

**H02J 7/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.05.2010 E 10720088 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.09.2014 EP 2435136**

54 Título: **Técnicas para controlar la carga de baterías en un cargador externo y un dispositivo médico implantable**

30 Prioridad:

**26.05.2009 US 471626**

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

**07.10.2014**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**OZAWA, ROBERT DAI y  
CARBUNARU, RAFAEL**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 503 558 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**

Técnicas para controlar la carga de baterías en un cargador externo y un dispositivo médico implantable

**Campo de la invención**

**Referencia cruzada con solicitudes relacionadas**

- 5 Esta es una solicitud internacional basada en la solicitud de patente norteamericana número de serie 12/471.626, presentada el 26 de mayo de 2009, de la cual se reivindica su prioridad.

La presente invención se refiere en general a sistemas de dispositivos médicos implantables y, en particular, a sistemas que emplean un aparato cargador externo.

**Antecedentes**

- 10 Los dispositivos de estimulación implantables generan y entregan estímulos eléctricos a nervios y tejidos para la terapia de diversos desórdenes biológicos, tales como marcapasos para tratar la arritmia cardiaca, desfibriladores para tratar la fibrilación cardiaca, estimuladores cocleares para tratar la sordera, estimuladores retinales para tratar la ceguera, estimuladores musculares para producir un movimiento coordinado de los miembros, estimuladores del cordón espinal para tratar dolor crónico, estimadores del cerebro cortical profundo para tratar desórdenes motores y psicológicos, estimuladores del nervio occipital para tratar dolores de cabeza de tipo migraña y otros estimuladores neurales para tratar la incontinencia urinaria, la apnea del sueño, la subluxación del hombro, etc. Los dispositivos de estimulación implantables pueden comprender un dispositivo microestimulador del tipo descrito en la publicación de la solicitud de patente norteamericana 2008/0097529, o de tipos más grandes de estimuladores tales como estimuladores del cordón espinal o marcapasos, por ejemplo.

- 20 Los dispositivos microestimuladores comprenden típicamente un alojamiento pequeño, generalmente cilíndrico, que contiene unos electrodos para producir una corriente de estimulación eléctrica deseada. Los dispositivos de este tipo se implantan cerca del tejido objetivo para permitir que la corriente de estimulación estimule el tejido objetivo para proporcionar terapia. Una caja de estimulador tiene usualmente un diámetro de unos pocos milímetros y una longitud de varios milímetros a unos pocos milímetros, y usualmente incluye o contiene electrodos de estimulación destinados a hacer contacto con el tejido del paciente. Sin embargo, un microestimulador puede tener también, o en su lugar, unos electrodos acoplados con el cuerpo del dispositivo mediante un cable o cables conductores. En la figura 1 se muestra un microestimulador 10 de electrodos múltiples que tiene un solo ánodo (Ea) y varios cátodos seleccionables (Ec1 y siguientes). Detalles adicionales relativos a tal microestimulador 10 se pueden encontrar en la solicitud '529 antes referenciada.

- 30 Los microestimuladores implantables 10 están alimentados típicamente por una batería interna, la cual periódicamente necesita ser recargada. Tal recarga se logra usualmente por un cargador externo, el cual produce un campo magnético para inducir finalmente una corriente en una bobina del implante. Esta corriente inducida es rectificadora y se usa para cargar la batería del implante.

- 35 La recarga de la batería del implante por inducción magnética funciona bien y permite que la batería del implante se cargada de manera inalámbrica y transcutáneamente (es decir, a través del tejido del paciente). Sin embargo, tales técnicas adolecen de generación de calor. En particular, el cargador externo puede calentarse y si se calienta demasiado puede quemar al paciente.

- 40 Los inventores han observado que este problema del sobrecalentamiento del cargador externo puede exacerbarse si el cargador externo mismo necesita recarga. A este respecto, obsérvese que el cargador externo también puede contener una batería recargable, cuya potencia se usa para producir el campo magnético con el fin de cargar la batería del implante, según se conoce, por ejemplo, por el documento US2005/0075696. Si la batería del cargador externo necesita recarga, ésta proporciona una carga de calor adicional al cargador externo, particularmente si la batería del cargador externo y la batería del implante necesitan recarga al mismo tiempo. Por tanto, los inventores creen que está indicada una solución a este problema de calentamiento excesivo en un cargador externo y que esta descripción proporciona soluciones.

**Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 ilustra un dispositivo microestimulador de la técnica anterior.

La figura 2 ilustra el microestimulador de la figura 1 ya implantado y muestra los componentes de carga externos usados para cargar una batería del microestimulador.

- 50 Las figuras 3A y 3B ilustran una circuitería utilizable en componentes de carga externos para implementar los algoritmos de carga descritos que regulan la carga tanto de una batería externa de los componentes de carga externos como una batería del implante en el microestimulador.

Las figuras 4 y 5 ilustran algoritmos de carga que cargan en primer lugar una de las baterías externas o de implante,

y a continuación la otra.

Las figuras 6A y 6B ilustran un algoritmo de carga que alterna entre la carga de la batería externa y la batería del implante.

5 Las figuras 7A-8B ilustran algoritmos de carga que permiten una carga simultánea de las baterías externa y de implante, pero que sólo permiten que una de estas baterías se cargue débilmente a baja potencia.

La figura 9 ilustra un algoritmo de carga que permite la carga simultánea de las baterías externa y de implante, pero sólo cargando ambas débilmente a baja potencia.

Las figuras 10 y 11 ilustran algoritmos de carga que cambian para reducir la generación de calor dependiendo de la temperatura percibida en los componentes de carga externos.

## 10 Descripción detallada

Se describen algoritmos de carga implementables en un cargador externo para controlar la carga tanto de una batería externa en el cargador externo como de una batería de implante en un dispositivo médico implantable. Debido a que la carga simultánea a toda potencia de ambas baterías puede generar un calor excesivo en el cargador externo, los diversos algoritmos de carga están diseñados para garantizar que ambas baterías son cargadas finalmente, pero de una manera atenta a la generación de calor. En algunas realizaciones, los algoritmos de carga impiden la carga simultánea de ambas baterías arbitrando a qué batería se le da precedencia de carga en un momento dado. En otras realizaciones, los algoritmos de carga permiten la carga simultánea de ambas baterías, pero sólo cargando débilmente al menos una de las baterías a bajos niveles de potencia. En otras realizaciones, la temperatura generada en el cargador externo es vigilada y usada para controlar el algoritmo de carga. En estas realizaciones, si se supera una temperatura segura, entonces los algoritmos de carga cambian a unos nuevos esquemas de reducción de temperatura que aún permiten que ambas baterías sean finalmente cargadas.

La figura 2 muestra un microestimulador 10 ya implantado en un paciente. En la aplicación ilustrada, el microestimulador 10 se implanta dentro de la cabeza de un paciente, aunque esto es meramente a modo de ejemplo y podría implantarse en cualquier otro lugar. Cuando está implantado en la cabeza, el microestimulador 10 puede usarse para estimular nervios occipitales, lo cual puede ser beneficioso en el tratamiento de dolores de cabeza de tipo migraña, por ejemplo. Puede implantarse más de un microestimulador 10, pero por conveniencia sólo se muestra uno.

Asimismo, se muestra en la figura 2 diversos componentes 20 de carga externos, cuyos detalles de circuitería se muestran en las figuras 3A y 3B. La función básica de los componentes 20 de carga externos es la de recargar inalámbricamente una batería 86 de implante en el microestimulador 10. La batería 86 de implante proporciona la potencia al microestimulador 10, incluyendo los circuitos que finalmente proporcionan impulsos terapéuticos a los electrodos del microestimulador. Los componentes 20 de carga externos pueden usarse para recargar la batería 86 de implante según sea necesario, quizás diariamente. Conjuntamente, los componentes 20 de carga externos pueden denominarse como cargador externo.

Los componentes 20 de carga externos comprenden un pieza 22 de cabeza y un controlador 24 de bobina. Según se muestra en la figura 3A, la pieza 22 de cabeza comprende una bobina 70 tapada o encapsulada en una cubierta 71. La cubierta 71 está configurada para mantenerse cómodamente en su sitio en la parte posterior de la cabeza cerca del lugar en el que el(los) microestimulador(es) 10 se implanta(n), y puede incluir un banda de cabeza, por ejemplo. Cuando se excita, la bobina 70 produce un campo de carga magnético, el cual se recibe transcutáneamente (es decir, a través de los tejidos del paciente) en una bobina 80 de carga dentro del microestimulador 10. La corriente inducida en la bobina 80 de carga es rectificadora (82) hasta un nivel de corriente continua ( $V_{dc2}$ ) adecuado y carga la batería 86 de implante, quizás usando un circuito 84 de carga de baterías como intermediario. La batería de implante se considerará suficientemente cargada cuando su tensión supere algún nivel predeterminado, por ejemplo un umbral de tensión  $V_{t2}$ , según se discutirá con mayor detalle a continuación.

Como implica su nombre, el controlador 24 de bobina controla la bobina 70 de carga de la pieza 22 de cabeza y contiene un transmisor inalámbrico 68, que se usa para excitar la bobina 70 a fin de producir el campo de carga magnético necesario. El transmisor 68 crea una corriente alterna a través de de la bobina 70 y puede comprender un circuito resonante, tal como un circuito tanque inductor-condensador (L-C), según se muestra en la figura 3B. La señal de excitación dirigida al circuito tanque establece la frecuencia del campo de carga magnético inalámbrico producido, el cual podría estar próximo a 80 kHz, por ejemplo. Unos conmutadores de transistor permiten que el suministro de potencia del circuito tanque,  $V_+$ , sea colocado a través del circuito en serie L-C con polaridades alternadas. Pueden encontrarse detalles adicionales relativos a este tipo de circuito tanque en la solicitud de patente norteamericana número de serie 12/368.385, presentada el 10 de febrero de 2009. El transmisor 68 es controlado por un microcontrolador 60 dentro del controlador 24 de bobina. El controlador 24 de bobina contiene otra electrónica que se discutirá con mayor detalle más adelante. Tal electrónica del controlador 24 de bobina puede colocarse dentro de un alojamiento de plástico 27, por ejemplo, cuyo alojamiento puede contener, si se desea, un interfaz de usuario (por ejemplo, un botón encendido/apagado, botones de entrada, LEDs, un monitor, altavoces, etc.).

Los componentes 20 de carga externos también incluyen un enchufe 26 para conectarse a una toma de una fuente de potencia de corriente alterna, tal como una toma de pared u otra fuente. El enchufe 26 incluye una circuitería de transformador y rectificador, no mostrada, y así proporciona potencia al controlador 24 de bobina en forma de tensión de corriente continua, Vdc1. Sin embargo, tal circuitería de transformador y rectificador también puede existir en el alojamiento 27 del controlador de bobina mismo, aunque esto no se muestra por conveniencia. El enchufe 26 puede acoplarse al controlador de bobina en el conector 25.

El controlador 24 de bobina incluye una batería externa recargable 64 que puede recargarse usando la tensión de corriente continua, Vdc1, proporcionada por el enchufe 26. Para regular la corriente de carga (Ibat1) y proteger así la batería externa 64, se usa la circuitería 62 de carga de batería. Tal circuitería 62 de batería está disponible comercialmente en la técnica y puede comprender el producto LT4002 de Linear Technology, por ejemplo. La circuitería 62 de batería es controlada por el microcontrolador 60. Al igual que la batería 86 de implante, la batería externa 64 del controlador 26 de bobina se considerará suficientemente cargada cuando su tensión supere cierto umbral, por ejemplo Vt1, según se explicará a continuación.

Después de que se recarga la batería externa 64, el enchufe 26 puede desconectarse del conector 25 del controlador 24 de bobina. Esto permite que el controlador 24 de bobina sea usado sin ser amarrado a una toma de corriente mural, por ejemplo, lo cual permite que un paciente que desee recargar la batería interna 86 de su microestimulador 10 lo haga "sobre la marcha". Cuando se desconecta del enchufe 26, el controlador 24 de bobina recibe su potencia de funcionamiento exclusivamente de la batería externa 64, Vbat1, la cual se usaría para alimentar la electrónica del controlador y (más significativamente desde el punto de vista del consumo de potencia) el transmisor 68 usado para excitar la bobina 70. La alimentación del transmisor 68, es decir, la provisión de la tensión de suministro de potencia V+ que se ha de aplicar al circuito tanque del transmisor, tiene lugar mediante un conmutador 66 que funciona bajo el control del microcontrolador 60.

Aunque el controlador 24 de bobina puede desacoplarse del enchufe 26, ambos estarían conectados cuando se cargue la batería externa 64, o cuando se carguen la batería externa 64 y la batería 86 de implante al mismo tiempo. Cuando el enchufe 26 está acoplado con el controlador 24 de bobina, la tensión del enchufe (Vdc1) o la tensión de la batería externa (Vbat1), dependiendo de su nivel de agotamiento, pueden usarse para proporcionar potencia al transmisor 68. El conmutador 66 controla si Vdc1 o Vbat1 se selecciona como la fuente de potencia V+ para el transmisor 68. (Por el momento se ignora un regulador opcional 68, pero éste se discutirá más adelante).

Antes de discutir las diversas maneras bajo las cuales pueden usarse los componentes 20 de carga externos según realizaciones de la invención, podrían integrarse diversas porciones de los componentes 20 de carga externos. Por ejemplo, aunque es conveniente separar la bobina 70 de la pieza 22 de cabeza respecto del controlador 24 de bobina para la aplicación de estimulación del nervio occipital ilustrada en la figura 2, tal separación no es necesaria. En una aplicación de estimulador del cordón espinal, por ejemplo, la bobina 70 podría integrarse dentro del alojamiento 27 del controlador 24 de bobina, tal como se muestra en la publicación de patente norteamericana 2008/0027500, por ejemplo.

Según se señaló en los Antecedentes, el funcionamiento de los componentes 20 de carga externos para recargar la batería 86 de implante puede provocar calentamiento. En particular, los inventores han advertido que el circuito transmisor 68 del controlador 24 de bobina está sujeto a calentamiento durante la creación del campo de carga magnético. Los inventores también han advertido que puede generarse calor adicional en el controlador 24 de bobina si la batería externa 64 también requiere carga, es decir, si el controlador de bobina está acoplado con el enchufe 26 y la circuitería 62 de carga es activada para cargar la batería externa 64. La circuitería 62 de carga de batería proporciona una fuente significativa de calentamiento adicional. Cuando el calor procedente de la circuitería 62 de carga de batería se combina con calor procedente de la circuitería transmisora 68, el controlador 24 de bobina puede calentarse excesivamente. Debido a que el controlador 24 de bobina puede mantenerse contra la piel de un paciente usando un cinturón de sujeción, por ejemplo, es problemático el riesgo de heridas durante la carga simultánea de la batería externa 64 y la batería 86 de implante.

Las figuras 4-11 describen diversos algoritmos de carga en los que la carga de la batería de implante y la carga de la batería externa son controladas para impedir el sobrecalentamiento del controlador 24 de bobina. Cada algoritmo descrito puede diseñarse para funcionar automáticamente, por ejemplo: cuando el paciente selecciona cargar la batería 86 de implante mediante una selección realizada en el interfaz de usuario (no mostrado) del controlador 24 de bobina; cuando se enciende el controlador 24 de bobina; cuando el controlador 24 de bobina se enchufa en una fuente de potencia de corriente alterna usando el enchufe 26; o tras la aparición de cualquier otro estado en el que sea lógico o necesario cargar una de las dos, o ambas, de la batería 86 de implante o la batería externa 64 del controlador 24 de bobina. Los versados en la técnica comprenderán que los algoritmos descritos pueden implementarse por el microcontrolador 60 del controlador 24 de bobina.

Un grupo de pasos 100 define las condiciones iniciales a modo de ejemplo que establecen el contexto para la implementación de la invención, cuyos pasos 100 están preparados esencialmente para determinar si la carga tanto de la batería 86 de implante del microestimulador 10 como la batería externa 64 del controlador 24 de bobina está garantizada y es posible. Debido a que estos pasos iniciales pueden ser los mismos para cada una de las realizaciones descritas de las figuras 4-11, éstos se repiten al comienzo de estas figuras. Sin embargo, estos pasos

iniciales 100 son meramente ilustrativos y podrían suprimirse, alterarse o añadirse a implementaciones útiles.

Como un primer paso inicial, el microcontrolador 60 del controlador 24 de bobina determina si éste está acoplado mediante el enchufe 26 a una fuente de potencia externa, tal como una toma de corriente mural, cuya determinación puede realizarse valorando si la  $V_{dc1}$  está presente. Si no lo está, la batería externa 64 no puede cargarse y, si es necesario, la batería 86 de implante puede cargarse. Debido a que  $V_{dc1}$  no está presente, el conmutador 66 encaminaría la tensión de batería externa,  $V_{bat1}$ , hacia el suministro de potencia  $V+$  del transmisor 68. Si la batería externa 64 es suficiente para producir un campo de carga magnético, entonces la carga de la batería 86 de implante puede comenzar como normal; si no es suficiente, entonces la carga terminaría de un modo típico.

Si el controlador 24 de bobina está enchufado y  $V_{dc1}$  está presente, los siguientes pasos iniciales 100 preguntan si una de las dos, o ambas, de la batería externa 64 o la batería implante 86 requieren carga. Esto puede comprender valorar si la tensión de estas baterías 64 y 68, es decir,  $V_{bat1}$  y  $V_{t2}$ , respectivamente, está por debajo de cierta tensión de umbral de capacidad, es decir,  $V_{t1}$  y  $V_{t2}$ , respectivamente. Por supuesto, existen otros métodos para determinar la capacidad de la batería, y la comparación con una tensión de umbral deberá entenderse como meramente a modo de ejemplo.

La determinación de la tensión de la batería externa 64,  $V_{bat1}$ , es directa para el microcontrolador 60 del controlador 24 de bobina y, debido a que la batería externa está dentro del controlador, puede usarse cualquier circuitería analógica a digital o comparadora bien conocida para determinar  $V_{bat1}$  y/o su relación con  $V_{t1}$  umbral. La determinación de la tensión de la batería de implante 86,  $V_{bat2}$ , requiere una circuitería de medición similar en el microestimulador 10 y telemetría del valor  $V_{bat2}$  determinado para el controlador 24 de bobina. Tal telemetría puede tener lugar usando manipulación por traslación de carga, en la que la impedancia de la bobina 80 de carga del microestimulador 10 es modulada con los datos de tensión de batería, provocando reflexiones detectables en la bobina 70 de transmisor activa. Son bien conocidos tales medios de retrotelemetría desde el microestimulador 10 hacia la bobina 70 de carga externa y éstos se discuten adicionalmente en la solicitud de patente norteamericana 12/354.406, presentada el 15 de enero de 2009.

Si la batería 86 de implante no requiere carga (es decir,  $V_{bat2} > V_{t2}$ ), pero la batería externa 64 requiere carga ( $V_{bat1} < V_{t1}$ ), entonces la batería externa se carga usando  $V_{dc1}$ . Específicamente, se habilita la circuitería 62 de carga de batería y se deshabilita el transmisor 68 por el microcontrolador 60. Debido a que el transmisor 68 está deshabilitado, no importa la posición del conmutador 66.

Por el contrario, si la batería 86 de implante requiere carga (es decir,  $V_{bat2} < V_{t2}$ ), pero la batería externa 64 no requiere carga ( $V_{bat1} > V_{t1}$ ), entonces se carga la batería de implante usando  $V_{bat1}$ . Específicamente, se deshabilita la circuitería 62 de carga de batería y se habilita el transmisor 68. En esta condición, tanto  $V_{bat1}$  como  $V_{dc1}$  están presentes y cualquiera de las dos podría hacerse pasar por el conmutador 66 para alimentar el transmisor 68 ( $V+$ ). Sin embargo, puede ser preferible que el conmutador 66 aplique la tensión de batería externa,  $V_{bat1}$ , al transmisor. Esto es debido que el transmisor 68 y la bobina 70 están optimizados normalmente para funcionar en un entorno no amarrado en el que el controlador 24 de bobina es portátil y no está enchufado a una toma de corriente, de tal manera que la potencia para excitar la bobina 70 sólo pueda venir de la batería externa 64. Sin embargo, esto no es estrictamente necesario, y puede usarse cualquier fuente de potencia (incluyendo  $V_{dc1}$ ) para alimentar el transmisor 68 a fin de producir el campo de carga magnético para la batería 86 de implante.

Si se determina que tanto la batería 86 de implante como la batería externa 64 requieren carga (es decir,  $V_{bat2} < V_{t2}$  y  $V_{bat1} < V_{t1}$ ), entonces el algoritmo abandona los pasos iniciales 100 y comienza los pasos diseñados para cargar finalmente ambas baterías de una manera atenta a la generación de calor en el controlador 24 de bobina.

En los pasos 110 de la figura 4, aunque tanto la batería externa 64 como la batería 86 de implante requieren carga, se da preferencia a la carga de la batería 62 de implante, y la carga de la batería externa 64 no comienza hasta que la batería 62 de implante está totalmente carga. Por tanto, se habilita al transmisor 68 por el microcontrolador 60 del controlador 24 de bobina para producir un campo de carga magnético a fin de cargar la batería 86 de implante. Debido a que la tensión de batería externa  $V_{bat1}$  es insuficiente ( $< V_{t1}$ ), la potencia proporcionada al transmisor 68 desde el conmutador 66 comprende la tensión rectificadora,  $V_{dc1}$ , procedente del enchufe 26. Como se mencionó anteriormente, esto puede no ser óptimamente eficiente para el transmisor 68 y la bobina 70, que generalmente se sintonizan para que funcionen a una tensión de batería externa totalmente cargada (es decir,  $V_{bat1} = V_{t1}$ ). No obstante, la carga con  $V_{dc1}$  (o alguna versión regulada de la misma; no mostrada) será suficiente bajo esta circunstancia, incluso si no es óptima. Debido a que inicialmente se da preferencia a la carga de la batería 86 de implante, el circuito 62 de carga de batería para la batería externa 64 se deshabilita automáticamente por el microcontrolador 60.

Después de cierto tiempo, y preferiblemente de manera periódica, la tensión de batería de implante,  $V_{bat2}$ , es teledada y enviada al controlador 24 de bobina de la manera previamente discutida, y se la valora con relación a su umbral,  $V_{t2}$ . Si  $V_{bat2}$  es aún menor que su umbral  $V_{t2}$ , entonces continúa la carga de la batería 86 de implante de la manera que se acaba de discutir. Sin embargo, cuando la batería 86 de implante se carga suficientemente ( $V_{bat2} > V_{t2}$ ), entonces puede cesar la carga de la batería 86 de implante y puede comenzar la carga de la batería externa 64. El microcontrolador 60 efectúa esto habilitando automáticamente el circuito 62 de carga de batería del

controlador de bobina y deshabilitando el transmisor 68. Esto permite que se use Vdc1 para cargar la batería externa 64.

5 Obsérvese que con la práctica de los pasos 110 la circuitería 62 de carga de batería y el transmisor 68 no son habilitados simultáneamente, aun cuando las condiciones de sus baterías respectivas 64 y 86 pudieran de otra manera sugerir que tal simultaneidad está garantizada. El control de dos de las fuentes de calor principales del controlador 24 de bobina de este modo reduce la probabilidad de que el controlador 24 de bobina se sobrecaliente. Como se observó anteriormente, esto aumenta la seguridad del paciente.

10 Los pasos 120 de la figura 5 son similares a los pasos 110 de la figura 4, excepto en que se da preferencia a la carga de la batería externa 64. De este modo, incluso aunque ambas baterías 64 y 86 requieran carga, los pasos 120 arrancan habilitando la circuitería 62 de carga de batería para cargar la batería externa 64 usando Vdc1. El transmisor 68 se deshabilita para impedir la generación de un campo de carga magnético y la carga de la batería 86 de implante. La tensión de la batería externa, Vbat1, se comprueba de manera periódica. Si esa tensión es menor que su umbral (es decir,  $V_{bat1} < V_{t1}$ ), entonces continúa la carga de la batería externa 64. Finalmente, cuando la tensión de la batería externa supera su umbral (es decir,  $V_{bat1} > V_{t1}$ ), entonces se carga la batería 86 de implante, y se impide que la batería externa 64 se cargue aún más; específicamente, se habilita el transmisor 68 y se deshabilita la circuitería 62 de carga de batería. Debido a que la batería externa 64 está suficientemente cargada antes de la carga de la batería 86 de implante, el conmutador 66 pasa preferiblemente la tensión de batería externa, VBat1, al transmisor habilitado 68. De nuevo, esto se prefiere como un emparejamiento óptimo con el transmisor 68 y la bobina 70, pero no es estrictamente necesario, dado que el transmisor habilitado 68 también puede alimentarse por Vdc1, una versión regulada de la misma, o por cualquier otra fuente de potencia. No obstante, los pasos 120 impiden de nuevo la habilitación simultánea de dos fuentes de calor primarias en el controlador 24 de bobina – circuitería 62 de carga de batería y transmisor 68 – reduciendo así el calor y mejorando la seguridad del paciente.

25 Los pasos 130 de la figura 6A impiden similarmente la activación simultánea de esas dos fuentes de calor, pero lo hacen habilitándolas de un modo alternado, de tal manera que una de las baterías 64 y 86 se cargue durante un periodo de tiempo, luego la otra durante un periodo de tiempo, luego de nuevo la primera, luego la otra de nuevo, etc.

30 Según se ilustra, después de abandonar los pasos iniciales 100, la batería 86 de implante se carga en primer lugar deshabilitando la circuitería 62 de carga de batería y habilitando el transmisor 68. De nuevo, debido a que la batería externa 64 esta insuficientemente cargada en este punto, el conmutador 66 proporciona Vdc1 en vez de alimentar al transmisor 68. Tal carga de la batería 86 de implante tiene lugar durante un periodo de tiempo  $t_2$  que puede establecerse por los diseñadores de los componentes 20 de carga externos y que puede comprender 60 segundos, por ejemplo. Una vez que se supera el tiempo  $t_2$ , y suponiendo que la batería 86 de implante esté aún infracargada ( $V_{bat2} < V_{t2}$ ), entonces se carga la batería externa 64. Esto tiene lugar habilitando la circuitería 62 de carga de batería y deshabilitando el transmisor 68, lo cual permite que Vdc1 cargue la batería externa 64. La carga de la batería externa 64 continúa de este modo hasta la expiración de otro periodo de tiempo  $t_1$ . ( $t_1$  puede ser igual a  $t_2$ ). Si después de  $t_1$  la batería externa 64 permanece insuficientemente cargada ( $V_{bat1} < V_{t1}$ ), entonces la batería 86 de implante se carga de nuevo una vez más durante su tiempo  $t_2$ , etc. En la figura 6B se muestra tal intercalación de la carga de las dos baterías 64 y 68.

40 Este proceso hacia delante y hacia atrás continúa hasta que una u otra de la batería externa 64 o la batería 86 de implante alcanza una carga adecuada, es decir, hasta que  $V_{bat1} > V_{t1}$  o  $V_{bat2} > V_{t2}$ . Cuando tiene lugar una cualquiera de estas condiciones, se desconecta la batería adecuadamente cargada y se da preferencia a la batería aún no cargada totalmente por el controlador 24 de bobina, según se muestra por los pasos en la parte inferior de la figura 6A. Por ejemplo, si se determina que la batería 86 de implante está totalmente carga ( $V_{bat2} > V_{t2}$ ), entonces se habilita el circuito 62 de carga de batería y se deshabilita el transmisor 68, según se muestra en la parte inferior izquierda de la figura 6A. Esto restringe la carga de la batería 86 de implante y permite que la batería externa 64 sea cargada sin interrupción en su totalidad (es decir, hasta  $V_{bat1} > V_{t1}$ ).

45 Por el contrario, si se determina que la batería externa 64 está totalmente cargada ( $V_{bat1} > V_{t1}$ ), entonces se deshabilita el circuito 62 de carga de batería y se habilita el transmisor 68, según se muestra en la parte inferior derecha de la figura 6A. Esto restringe la carga de la batería externa 64 y permite que la batería 86 de implante sea cargada sin interrupción en su totalidad (es decir, hasta  $V_{bat2} > V_{t2}$ ).

55 Las realizaciones descritas en los pasos 140 de la figura 7A y los pasos 150 de la figura 8A también reducen la generación de calor en el controlador 24 de bobina en el caso de que tanto la batería externa 64 como la batería 86 de implante requieran recarga. Sin embargo, a diferencia de las realizaciones anteriores, los pasos 140 y 150 permiten una carga simultánea de ambas baterías 64 y 86. Sin embargo, una de las baterías en los pasos 140 y 150 no se carga en su totalidad. En vez de ello, tal batería se cargará sólo “débilmente”, es decir, se carga con una potencia menor que la indicada si esa batería se fuera cargar por sí sola. Como resultado, se reduce el nivel de potencia medio extraído por la combinación del circuito 62 del cargador de batería y el transmisor 68 cuando se le compara con el nivel de potencia medio usado cuando ambas baterías se cargan totalmente de manera conjunta.

En la realización ilustrada en la figura 7A, después del desempeño de los pasos iniciales 100 que determinan que

ambas baterías 64 y 68 requieren carga, un primer pasos 145 proporciona una potencia de carga completa a la batería 86 de implante, pero al mismo tiempo también permite una carga débil de la batería externa 64. La carga completa de la batería 86 de implante, como en realizaciones anteriores, entraña habilitar el transmisor 68 y ajustar el conmutador 66 a Vdc1.

5 La carga débil simultánea de la batería externa 64 en el paso 145 puede lograrse de maneras diferentes, una par de las cuales se ilustran en la figura 7B. Cada de una de las maneras ilustradas implica controlar la corriente de carga de la batería externa,  $I_{bat}$ , para mantenerla en un promedio que sea menor que su máximo,  $I_{bat(max)}$ , en donde  $I_{bat(max)}$  denota la corriente que se usa normalmente para cargar totalmente la batería externa 64. En la primera manera ilustrada en la parte superior de la figura 7B, la carga débil implica meramente rebajar la corriente de carga de la batería externa desde su valor máximo, por ejemplo hasta quizá la mitad de  $I_{bat(max)}$ . En la segunda manera ilustrada en la parte inferior, la corriente de carga de la batería externa se hace pasar por un ciclo de trabajo entre  $I_{bat(max)}$  y 0; en este ejemplo sencillo, la corriente  $I_{bat}$  media sería aproximadamente de nuevo la mitad de  $I_{bat(max)}$ . En cualquier caso, se reduce el nivel de potencia medio usado para cargar la batería externa en comparación con los niveles de potencia usados cuando la batería se carga por sí misma. El control de la corriente de carga de la batería externa  $I_{bat}$  se realiza por el circuito 62 de carga de batería bajo control del microcontrolador 60. Tal control puede adoptar la forma de un(as) señal(es) de control óptima(s) 95 (figura 3) entre el microcontrolador 60 y el circuito 62 de carga de batería, cuya(s) señal(es) 95 puede(n) especificar una carga completa o alguna cantidad relativa de carga débil, etc.

20 Durante la carga simultánea de la batería externa 64 y la batería 86 de implante, las capacidades de estas baterías se comprueban periódicamente. Si ninguna de ellas está totalmente cargada, continúa la carga simultánea recién descrita del paso 145. Si la batería de implante se carga totalmente en primer lugar, es decir, si  $V_{bat2} > V_{t2}$ , como podría esperarse debido a que se da preferencia a la carga completa por el paso 145, entonces cesa la carga de la batería 86 de implante: se deshabilita el transmisor 68. En este punto, la carga de la batería externa 64 puede tener lugar como normal, es decir, con una corriente de carga completa  $I_{bat(max)}$  según se indica por la señal 195 (figura 3). Si la batería externa 64 se carga totalmente en primer lugar, es decir, si  $V_{bat1} > V_{t1}$ , entonces cesa la carga de la batería externa 64 y continúa la carga de la batería interna 86; se deshabilita el circuito 62 de carga de batería, y el transmisor 68 continúa habilitado. Debido a que la batería 64 está ahora cargada, el conmutador 66 puede pasar esa tensión de la batería,  $V_{bat1}$ , al transmisor 68, lo cual como se indicó anteriormente, es preferible desde el punto de vista de la sintonización.

30 Los pasos 150 de la figura 8A son similares a los pasos 140 de la figura 7A, excepto en que en el paso 155 de esta realización se proporciona potencia de carga completa a la batería externa 64, al tiempo que se carga débilmente la batería 86 de implante. La carga completa de la batería externa 64 tiene lugar como antes, habilitando el circuito 62 de carga de batería para proporcionar potencia de carga completa  $I_{bat(max)}$  a la batería externa 64.

35 Por el contrario, se proporcionan niveles de potencia menores que la plena potencia, al menos de media, al transmisor 68 para proporcionar una carga magnético menor que la plena potencia, el cual, a su vez, carga la batería 86 de implante en menor medida. Se muestran en la figura 8B un par de maneras para lograr una absorción de potencia inferior en el transmisor 68. En la primera manera ilustrada, en la parte superior de la figura 8B, se habilita y deshabilita selectivamente el transmisor (es decir, se le hace pasar un ciclo de trabajo), de tal manera que produzca un campo de carga magnético de fuerza plena en ciertas ocasiones, pero que esté desconectado en otras ocasiones. En la segunda manera ilustrada en la figura 8B, el suministro de potencia para el circuito tanque del transmisor 68,  $V+$  (véase la figura 3B), se rebaja de  $V_{dc1}$  (la tensión usada normalmente por el transmisor si la batería externa 64 no está suficientemente cargada) a  $V_{dc1(ref)}$ , la cual comprende una tensión rebajada producida por un regulador opcional 98, según se muestra en la figura 3A. En cualquier caso, de media, el nivel de potencia medio del transmisor 68 se aminora en comparación con cuando la batería de implante se carga por sí misma, y lo mismo ocurre con la magnitud del campo de carga magnético resultante.

45 Durante la carga simultánea de la batería externa 64 y de la batería 86 de implante en el paso 155, las capacidades de estas baterías se comprueban periódicamente. Si ninguna de ellas está totalmente carga, entonces continúa la carga simultánea. Si carga primero una de las baterías, entonces cesa la carga adicional de esas baterías y la carga de la otra batería tiene lugar del modo normal. Dado que estos pasos últimos, en 150, son los mismos que los descritos con respecto a los pasos 140 de la figura 7A, éstos no se repiten de nuevo.

50 Con independencia de si se considera la realización de la figura 7A u 8A, tiene lugar una carga simultánea, pero con una absorción de potencia reducida por el circuito 62 de carga de batería o el transmisor 68. Como estos dos componentes se han señalado como significativos en la generación de calor en el controlador 24 de bobina, la mitigación de la absorción de potencia en al menos uno de estos componentes ayuda a abordar el problema de calor creado por la necesidad de cargar tanto la batería externa 64 como la batería 86 de implante, proporcionando así una solución más segura.

60 La figura 9 comprende un enfoque similar a los de las figuras 7A y 8A por que permite la carga simultánea tanto de la batería externa 64 como de la batería 86 de implante, pero tal carga tiene lugar cargando débilmente y de manera simultánea estas dos baterías. Por tanto, según se muestra en el paso 165, si ambas baterías necesitan ser cargadas, se carga la batería externa 64 con una absorción de potencia reducida en el circuito 62 de carga de

batería (por ejemplo, con una Ibat media inferior según se muestra en la figura 7B) y se carga la batería interna 86 usando una absorción de potencia inferior en el transmisor 68 (por ejemplo, se muestra en la figura 8B). Una vez que la batería 64 o la 86 están totalmente cargados, entonces puede cargarse la otra con niveles de potencia completa, como se discutió anteriormente. De este modo, la realización de la figura 9 cortaría simultáneamente la absorción de potencia tanto en la circuitería 62 de carga de batería como en el transmisor 68, incluso rebajando adicionalmente el riesgo (cuando se compara con las figuras 7A y 8A) de que la activación simultánea de estos circuitos provocara un sobrecalentamiento del controlador 24 de bobina.

La figura 10 proporciona aún otras realizaciones para un algoritmo de carga a fin de cargar tanto la batería externa 64 del controlador 24 de bobina como la batería 86 de implante del microestimulador 10. Como ya se mencionó, los inventores han señalado que la activación simultánea del circuito 62 de carga de batería y del transmisor 68 suscita preocupaciones acerca de la generación de calor en el controlador 24 de bobina. En consecuencia, la realización de la figura 10 toma en consideración la temperatura real del controlador 24 de bobina cuando se controla la carga de ambas baterías. De este modo, y haciendo referencia a la figura 3A, se proporciona(n) uno (s) sensor(es) de temperatura opcional(es) 69 en el controlador 24 de bobina, los cuales proporcionan información sobre la temperatura, T, al microcontrolador 60. Si se usan una pluralidad de sensores de temperatura 69, la temperatura indicada T puede comprender una media de temperatura percibida por cada sensor 69, por ejemplo. El(los) sensor(es) de temperatura 69 puede(n) comprender termopares, termistores, o similares, y pueden fijarse en cualquier localización dentro o sobre el alojamiento 27 del controlador 24 de bobina.

Después de los pasos iniciales 100, durante los cuales se concluye que tanto la batería externa 64 como la batería 86 de implante requieren carga, el paso 175 permite que estas dos baterías sean totalmente cargadas a niveles de potencia máximos. Esto entraña la habilitación del circuito 62 de carga de batería, la habilitación del transmisor 68 y el ajuste del conmutador 66 a Vdc1. Mediante esta configuración, Vdc1, la potencia proporcionada por el enchufe 26, carga totalmente de manera simultánea la batería externa 64 y alimenta el transmisor 68 para alimentar totalmente la batería 86 de implante.

A medida que avanza la carga a nivel de potencia completa de ambas baterías 64 y 86, según lo previsto en el paso 175, se vigilan continuamente tres estados, lógicamente sobre un base periódica: la capacidad de las baterías 64 y 86 en los pasos 176 y la temperatura del controlador 24 de bobina en el paso 177. La vigilancia de las capacidades de las baterías en el paso 176 es similar a la de los pasos 147 y 157 de las figuras 7A y 8A, respectivamente, y, por tanto, no se discute adicionalmente. Sin embargo, el paso 177 proporciona una diferencia significativa respecto de realizaciones anteriores, dado que determina si la temperatura del controlador 24 de bobina es más alta que una temperatura predeterminada, Tmax. Tmax puede representar una temperatura segura máxima determinada por el diseñador de los componentes 20 de carga externos. Por ejemplo, Tmax puede comprender 41°C, dado que temperaturas por encima de este límite pueden tener la capacidad de herir a un paciente después de un contacto prolongado.

Si la temperatura supera este valor seguro Tmax en el paso 177, entonces, y según se muestra en el paso 179, la carga de las baterías 64 y 86 puede modificarse de modo que ambas baterías 64 y 86 no se carguen simultáneamente, o no se carguen totalmente de manera simultánea. Esto puede comprender emplear cualquier tipo de técnicas de carga reductora de calor reveladas previamente en las figuras 4-9, por ejemplo. De este modo, en el paso 179: puede cargarse la batería de implante, seguido de la carga de la batería externa (Pasos 110; figura 4), y/o: puede cargarse la batería externa, seguido de la carga de la batería de implante (Pasos 120; figura 5), y/o: la batería externa y la batería de implante pueden cargarse de modo alternativo (Pasos 130; figura 6A), y/o: puede reducirse la potencia usada para cargar la batería externa (Pasos 140; figura 7A), y/o: puede reducirse la potencia usada para cargar la batería de implante (Pasos 150, figura 8), y/o: puede reducirse la potencia usada para cargar la batería de implante y la batería externa (Pasos 160, figura 9), etc.

Se espera que la implementación de las técnicas de carga reductoras de calor en el paso 179 rebajen la temperatura del controlador 24 de bobina en comparación con la carga simultánea a toda potencia de las baterías externa 64 y de implante 86 (paso 175). En consecuencia, como un paso opcional en el proceso representado en la figura 10, si la temperatura del controlador 24 de bobina cae de nuevo por debajo de Tmax (Temp<Tmax; véase el paso 177), entonces puede comenzar de nuevo la carga completa simultánea de ambas baterías 64 y 68. Si no es así, entonces continúa funcionando al menos una técnica de mitigación de temperatura del paso 179. Sin embargo, esto es opcional y, en vez de ello, una vez que se supera Tmax, el sistema de carga puede constreñirse por las técnicas de mitigación de temperatura del paso 179, sin retornar a la carga a potencia completa de ambas baterías como en el paso 175.

Para resumir, el algoritmo de carga de la figura 10 permite que ambas baterías 64 y 86 sean cargadas a potencia completa (paso 175), hasta que la temperatura del controlador 24 de bobina supere una temperatura segura máxima, Tmax (paso 177). Una vez que se supera esta temperatura, el microcontrolador 60 emplea un esquema reductor de temperatura (paso 179) diseñado para no cargar simultáneamente ambas baterías 64 y 86, al menos totalmente. Una vez que baja la temperatura del controlador 24 de bobina (Temp<Tmax) (paso 177), entonces puede continuar de nuevo, si se desea, la carga completa de ambas baterías 64 y 86.

La figura 11, como la figura 10, también controla el algoritmo de carga según la temperatura del controlador 24 de

5 bobina. Sin embargo, al contrario que en el paso 157 de la figura 10, que permite la carga completa simultánea tanto de la batería externa 64 como de la batería 86 de implante, el paso 185 de la figura 11 sólo permite que se use un esquema reductor de temperatura. Este paso 185 puede comprender el uso de cualquiera de las técnicas antes discutidas en las figuras 4-9 o de combinaciones de las mismas. Después de la implementación de un esquema reductor de temperatura particular en el paso 185, se vigila (paso 187) la temperatura del controlador 24 de bobina. Si la temperatura se eleva por encima de una temperatura segura ( $T_{max}$ ), cual podría indicar que el esquema reductor de temperatura seleccionado en el paso 185 es insuficiente, puede intentarse de nuevo en el paso 189 un esquema reductor de temperatura diferente (por ejemplo, otra de las técnicas de las figuras 4-9). En otras palabras, se usa en primer lugar (185) un primer algoritmo para cargar ambas baterías, seguido de un segundo algoritmo para cargar ambas baterías (187) si la temperatura llega a ser demasiado elevada.

10 Aunque descritas en el contexto de un microestimulador de electrodos múltiples, deberá comprenderse que las técnicas de carga de batería descritas pueden tener aplicabilidad en muchas otras clases de aplicaciones de sistemas de dispositivos médicos implantables, incluyendo bombas de medicamentos, implantes cocleares, marcapasos, etc.

15 Debe señalarse que la circuitería de control, por ejemplo el microcontrolador 60 (por ejemplo, figura 3A), puede comprender cualquier número de circuitos lógicos, cuyos circuitos puede ser discretos y acoplarse conjuntamente, o pueden integrarse en un circuito de microcontrolador discreto tradicional. De cualquier manera, la "circuitería en el cargador externo", según se usa en las reivindicaciones, deberá interpretarse como cubriendo una circuitería materializada en un microcontrolador o un microprocesador, o cualquier otra disposición de circuito(s) lógico(s), integrados o no, para ejecutar las funciones de control necesarias requeridas por las reivindicaciones. Además, la "circuitería en el cargador externo", como se usa en las reivindicaciones, puede ser la misma o diferente respecto de otros circuitos citados como "circuitería en el cargador externo", dependiendo del contexto y de las funciones de control enumeradas por las reivindicaciones.

20 Aunque la invención revelada en el presente documento se ha descrito por medio de realizaciones y aplicaciones específicas de la misma, podrían realizarse numerosas modificaciones y variaciones a la misma por los versados en la técnica sin apartarse del alcance literal y equivalente de la invención expuesta en las reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un cargador externo para interconectarse con un dispositivo médico implantable, que comprende:  
un circuito de carga de batería para controlar la carga de una batería externa en el cargador externo;  
5 un transmisor para controlar una transmisión inalámbrica al dispositivo médico implantable, en donde la transmisión inalámbrica proporciona potencia para cargar una batería de implante en el dispositivo médico implantable;  
**caracterizado** por que el cargador externo comprende  
una circuitería de control configurada para implementar un primer algoritmo a fin de habilitar selectivamente el  
circuito cargador de batería y el transmisor en el caso de que la circuitería de control determina que tanto la batería  
externa como la batería de implante requieren carga.
- 10 2. El cargador externo según la reivindicación 1, en el que el primer algoritmo habilita primero uno de de la circuitería de carga de batería o el transistor para cargar, respectivamente, de manera completa la batería externa o la batería de implante, y luego carga completamente la otra de la batería externa de la batería de implante.
3. El cargador externo según la reivindicación 1, en el que el primer algoritmo alterna entre habilitar la circuitería de  
15 carga de batería y el transmisor para alternar respectivamente entre la carga de la batería externa y la batería de implante.
4. El cargador externo según la reivindicación 1, en el que el primer algoritmo habilita simultáneamente tanto el  
circuito de carga de batería como el transmisor, pero reduce una cantidad de potencia en uno, o en ambos, de la  
circuitería de cargador de batería y el transmisor.
- 20 5. El cargador externo según la reivindicación 1, que además comprende un sensor de temperatura para indicar una temperatura a la circuitería de control.
6. El cargador externo según la reivindicación 5, en el que la circuitería de control implementa un segundo algoritmo  
para habilitar selectivamente el circuito de carga de batería y el transmisor en el caso de que la circuitería de control  
determine que se ha superado una temperatura predeterminada.
- 25 7. El cargador externo según la reivindicación 6, en el que el primer algoritmo comprende cargar simultáneamente la batería externa y la batería de implante, pero en el que el segundo algoritmo no carga simultáneamente la batería externa y la batería de implante.
8. El cargador externo según la reivindicación 6, en el que el primer algoritmo carga la batería externa y la batería de  
implante a un primer nivel de potencia combinado, pero en el que el segundo algoritmo carga la batería externa y la  
batería de implante a un segundo nivel de potencia combinado menor que el primer nivel de potencia.
- 30 9. El cargador externo según la reivindicación 6, en el que la circuitería de control implementa posteriormente el primer algoritmo en el caso de que la circuitería de control determine que ya no se supera la temperatura predeterminada.
10. El cargador externo según la reivindicación 1, que además comprende un conmutador para hacer pasar una  
35 tensión de la batería externa o una tensión de corriente continua generada desde una fuente de alimentación de corriente alterna al transmisor.
11. El cargador externo según la reivindicación 1, que además comprende:  
una fuente de potencia de corriente alterna para producir una tensión de corriente continua, en donde la tensión de  
corriente continua se puede usar para cargar la batería externa; y  
40 en el que el transmisor comprende un circuito resonante alimentado por una tensión de suministro de potencia, en donde la tensión de suministro de potencia es seleccionable entre la tensión de batería y la tensión de corriente continua.
12. El cargador externo según la reivindicación 11, en el que la tensión de suministro de potencia se selecciona  
45 como la tensión de corriente continua si la tensión de la batería externa está por debajo de un nivel predeterminado, pero se selecciona como la tensión de batería si la tensión de la batería externa está por encima de un nivel predeterminado.

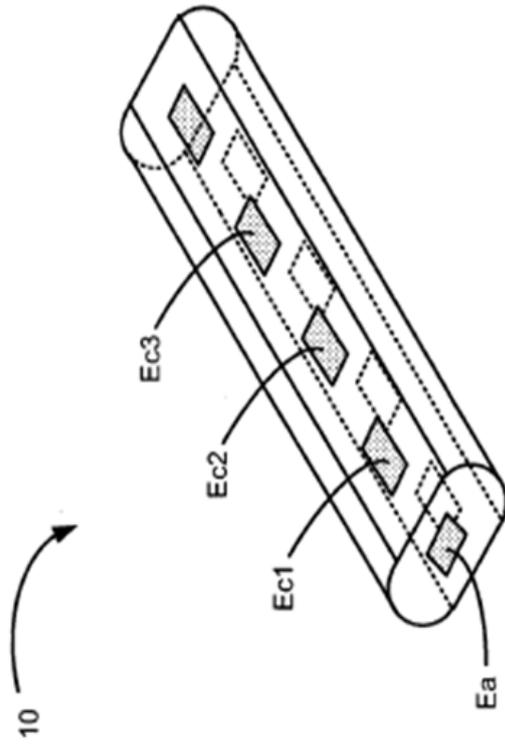


Figura 1  
(técnica anterior)

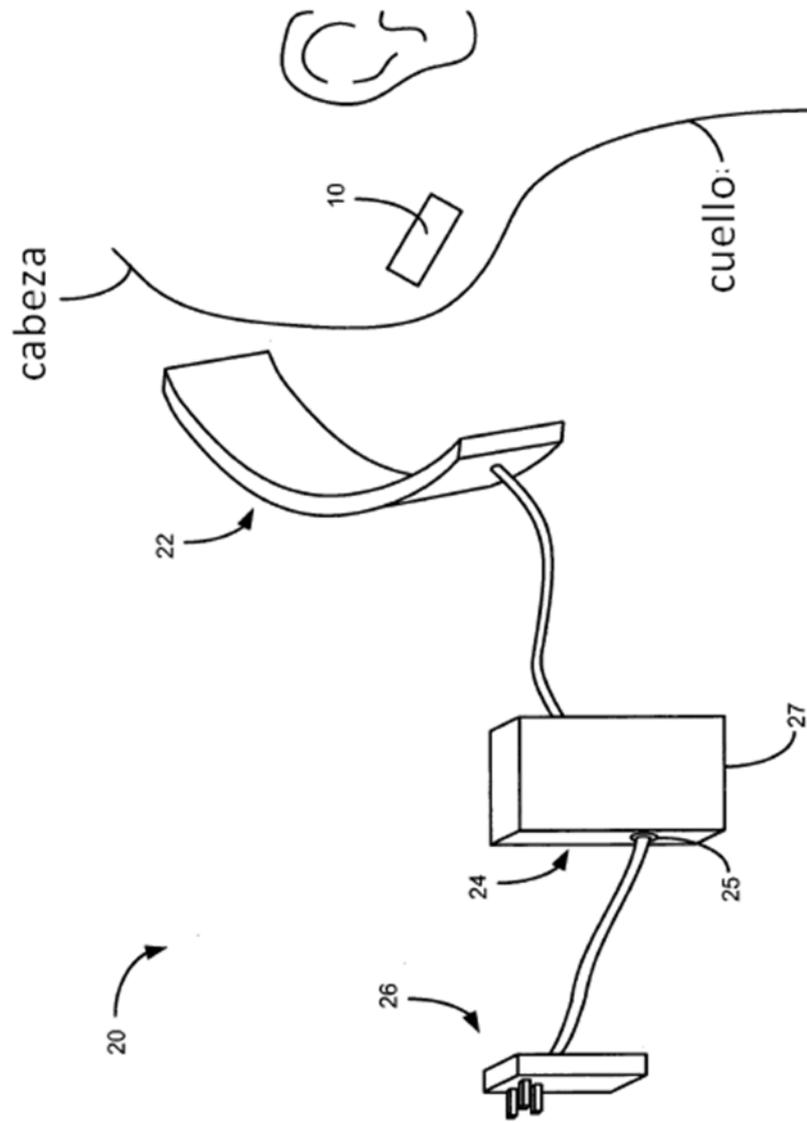


Figura 2

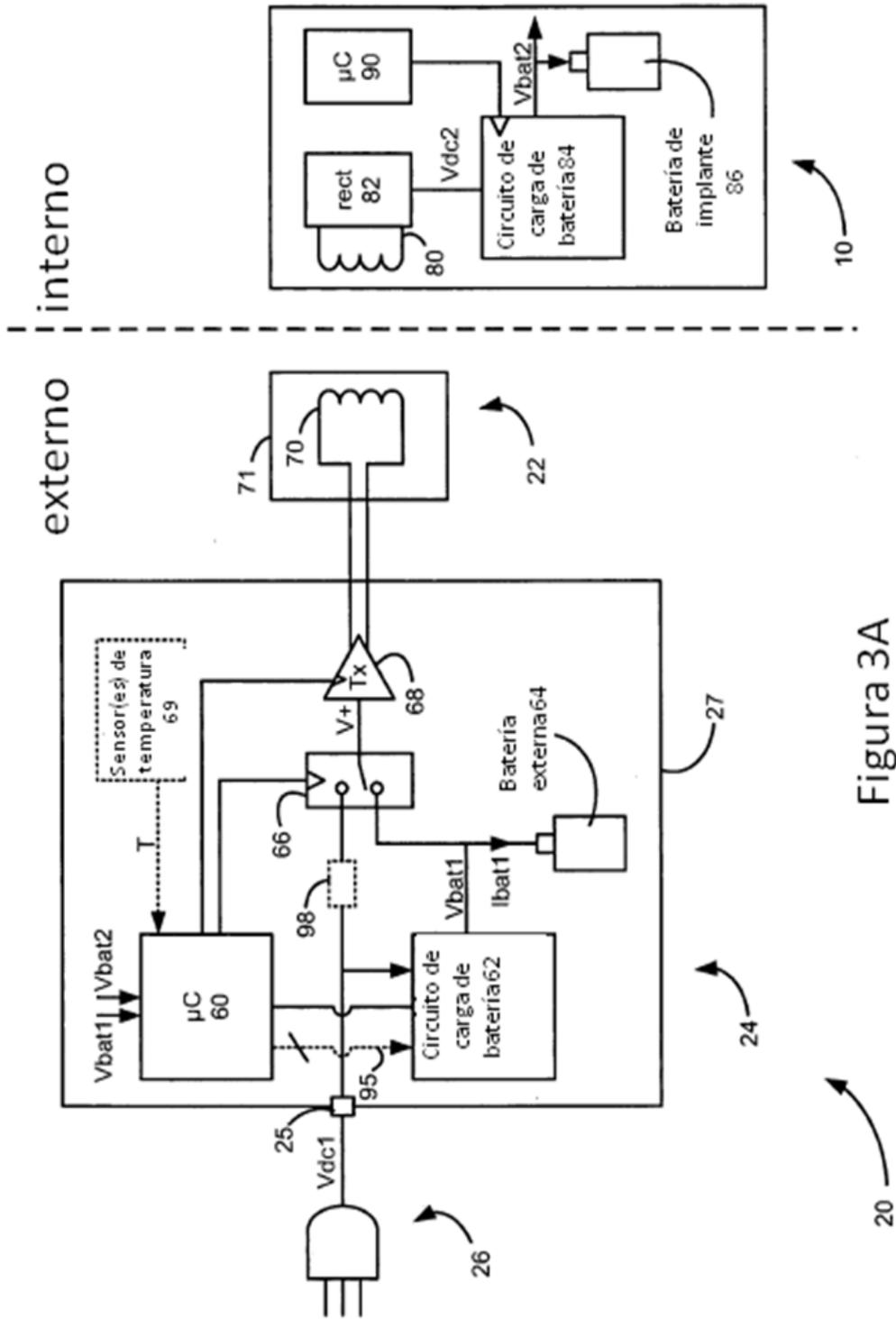


Figura 3A

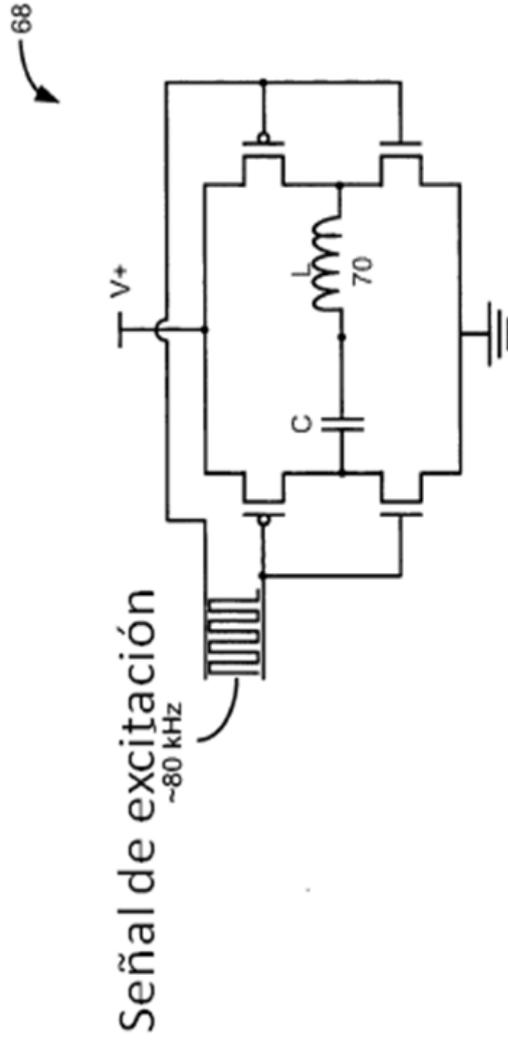


Figura 3B

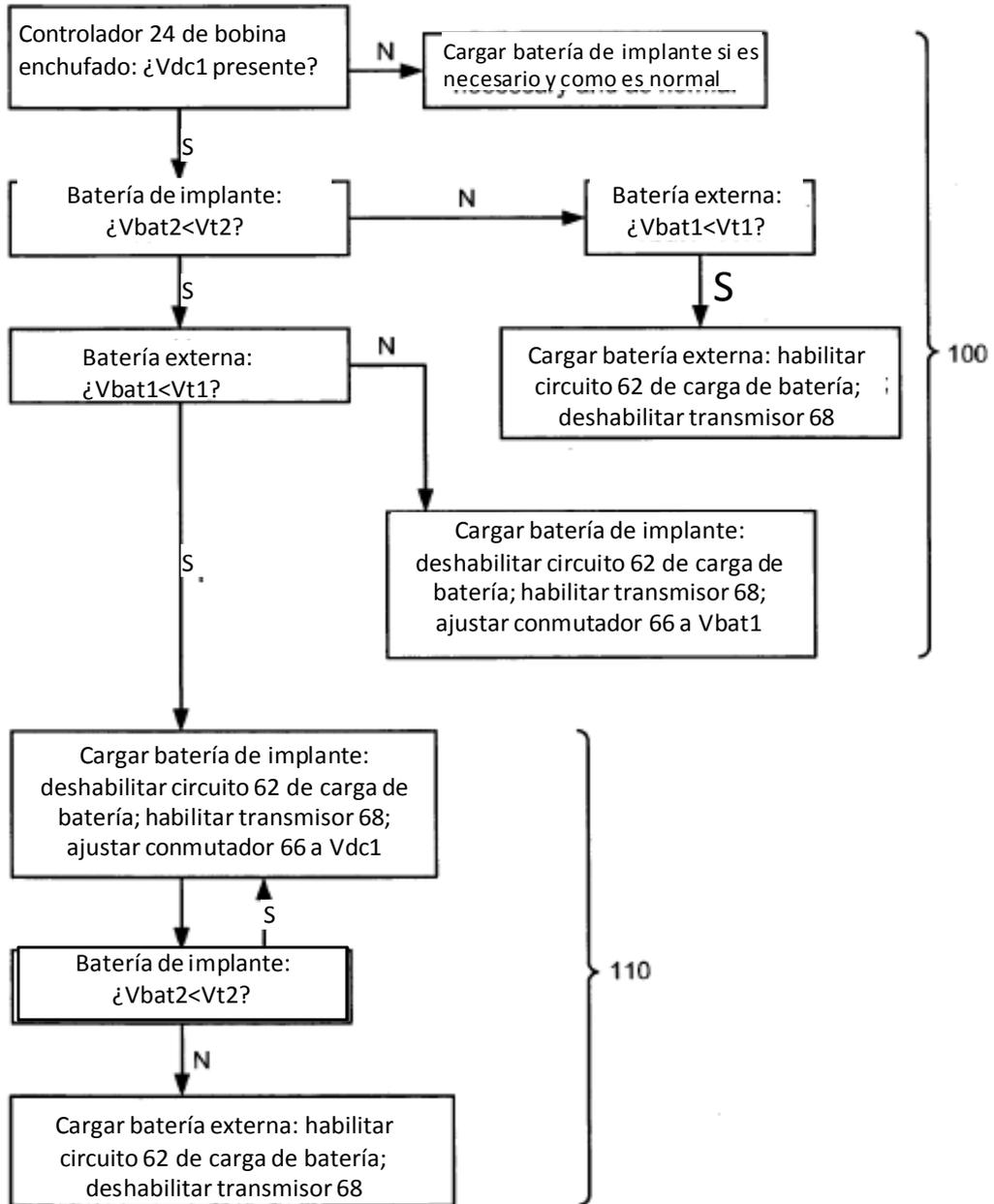


Figura 4

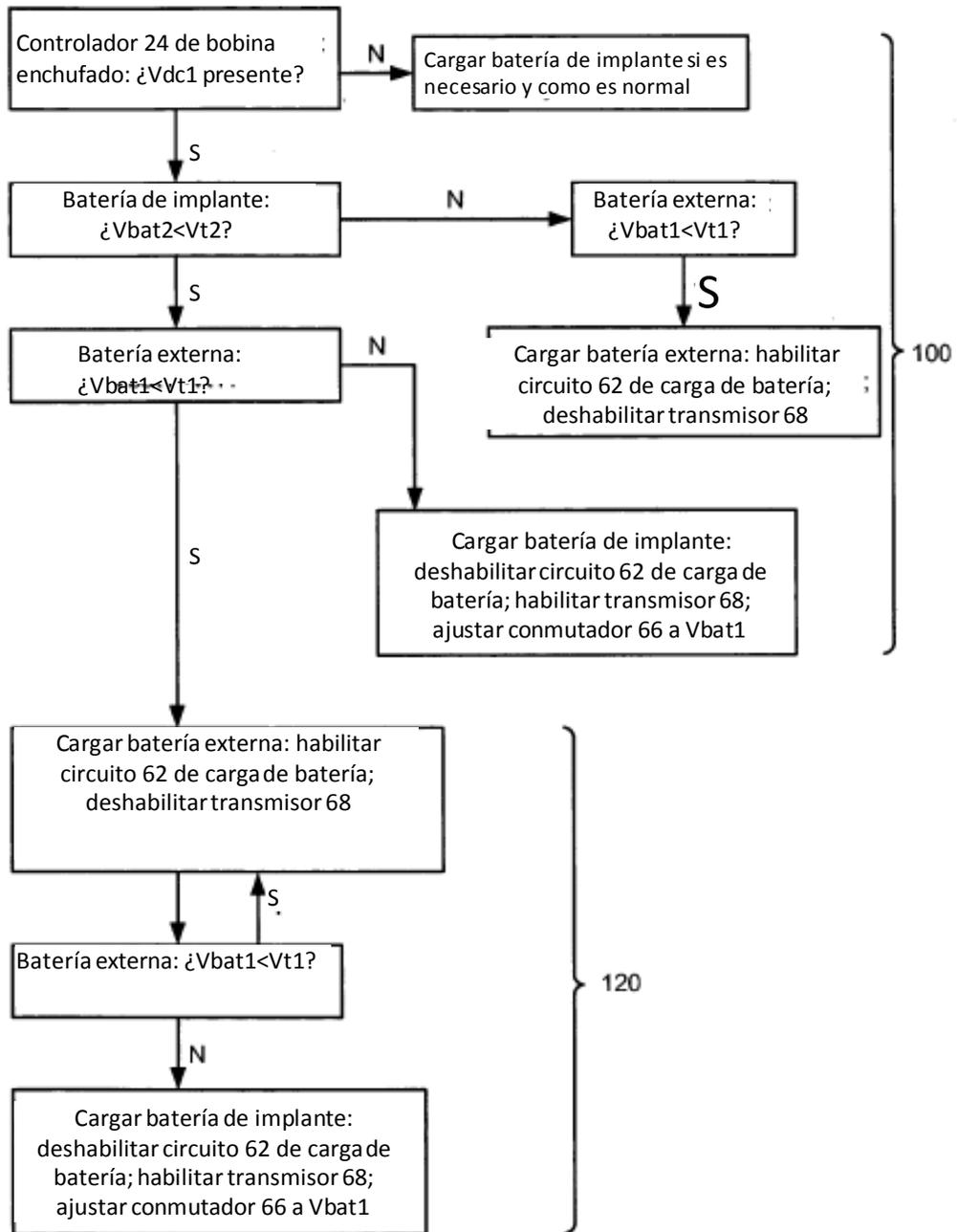


Figura 5

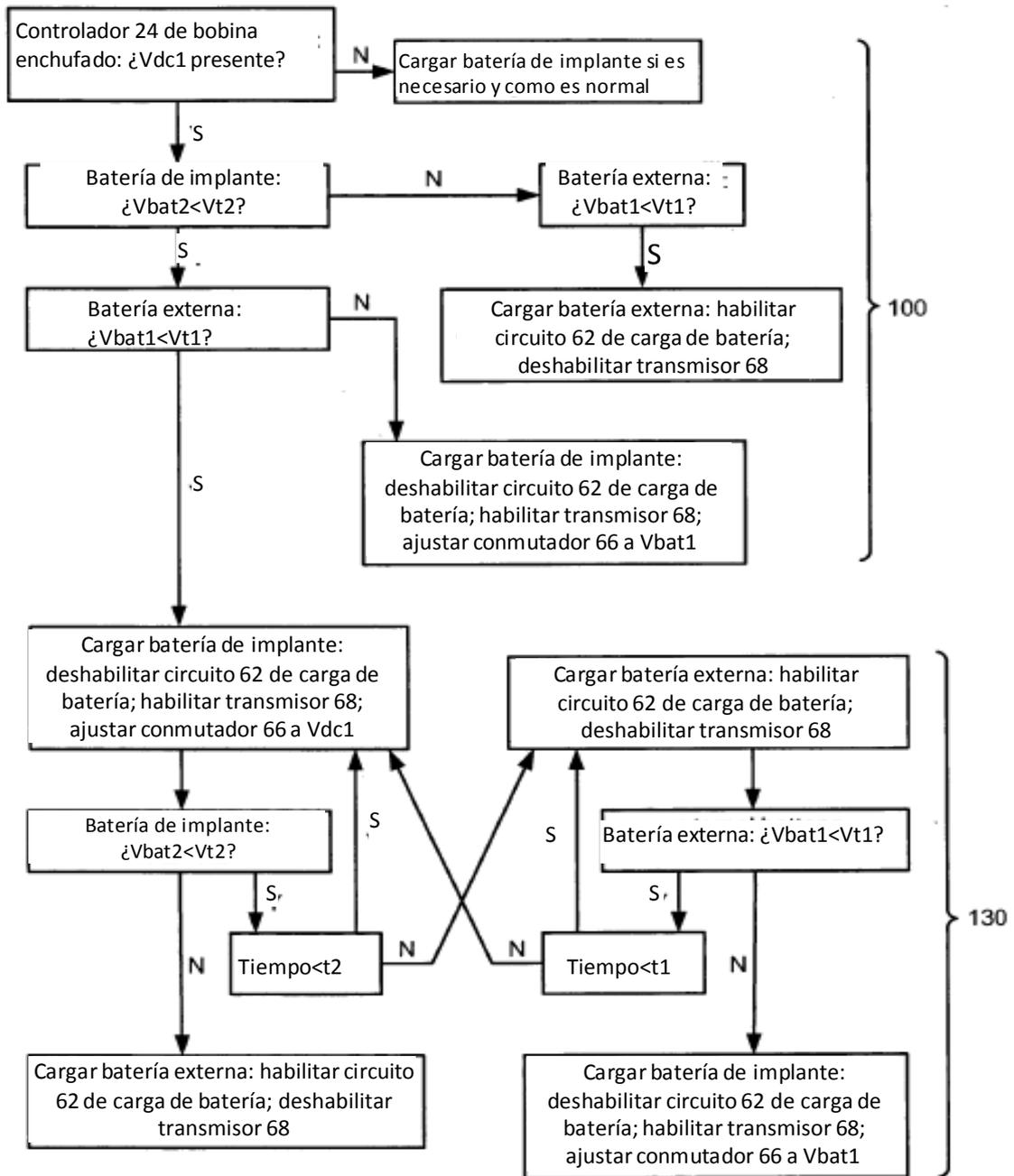


Figura 6A

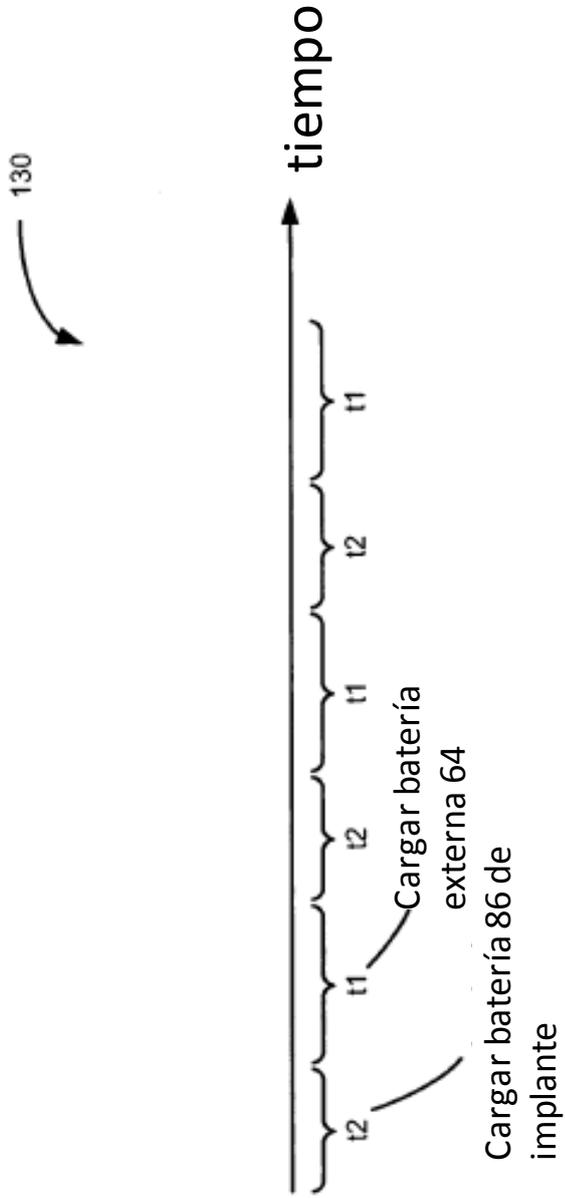


Figura 6B

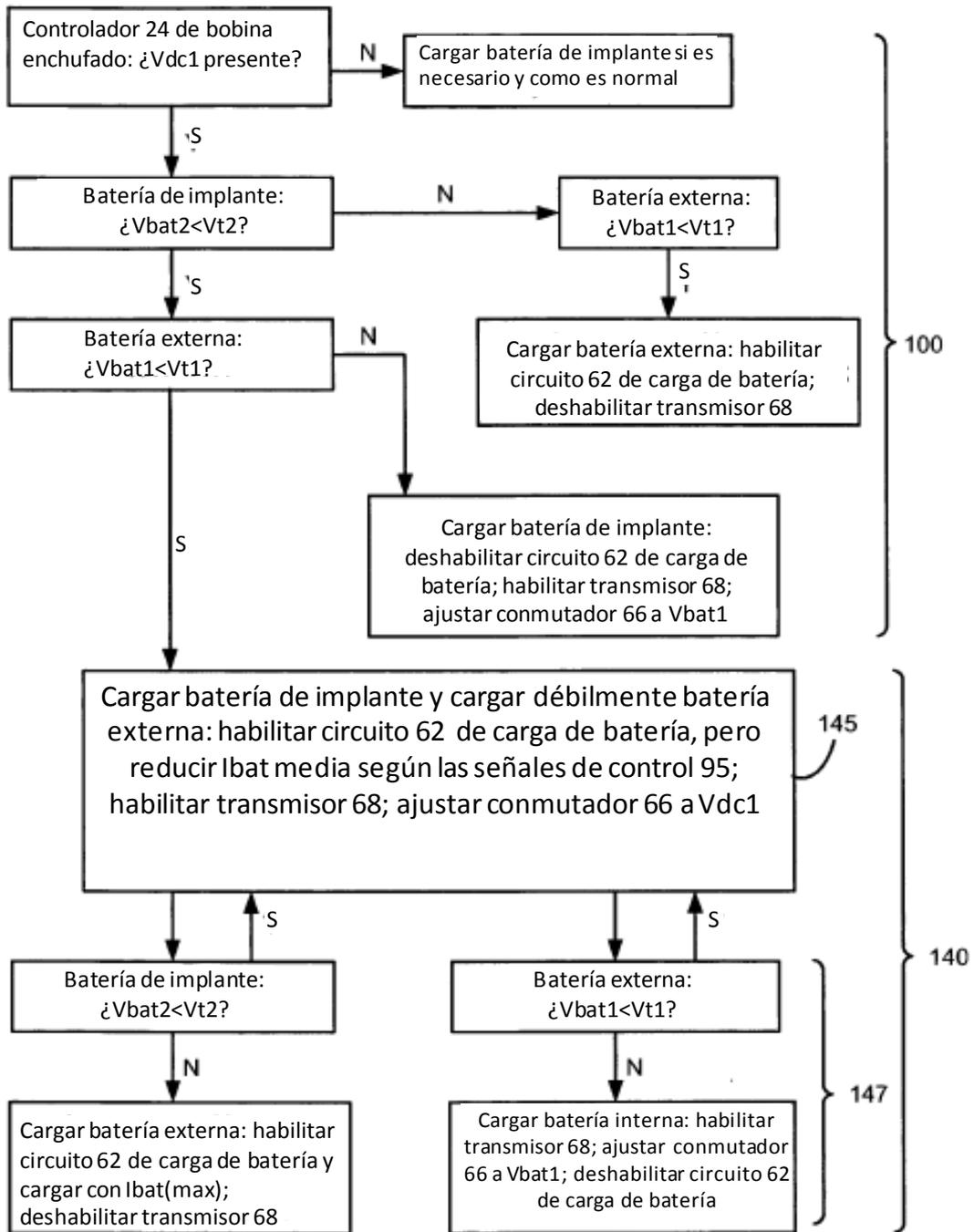


Figura 7A

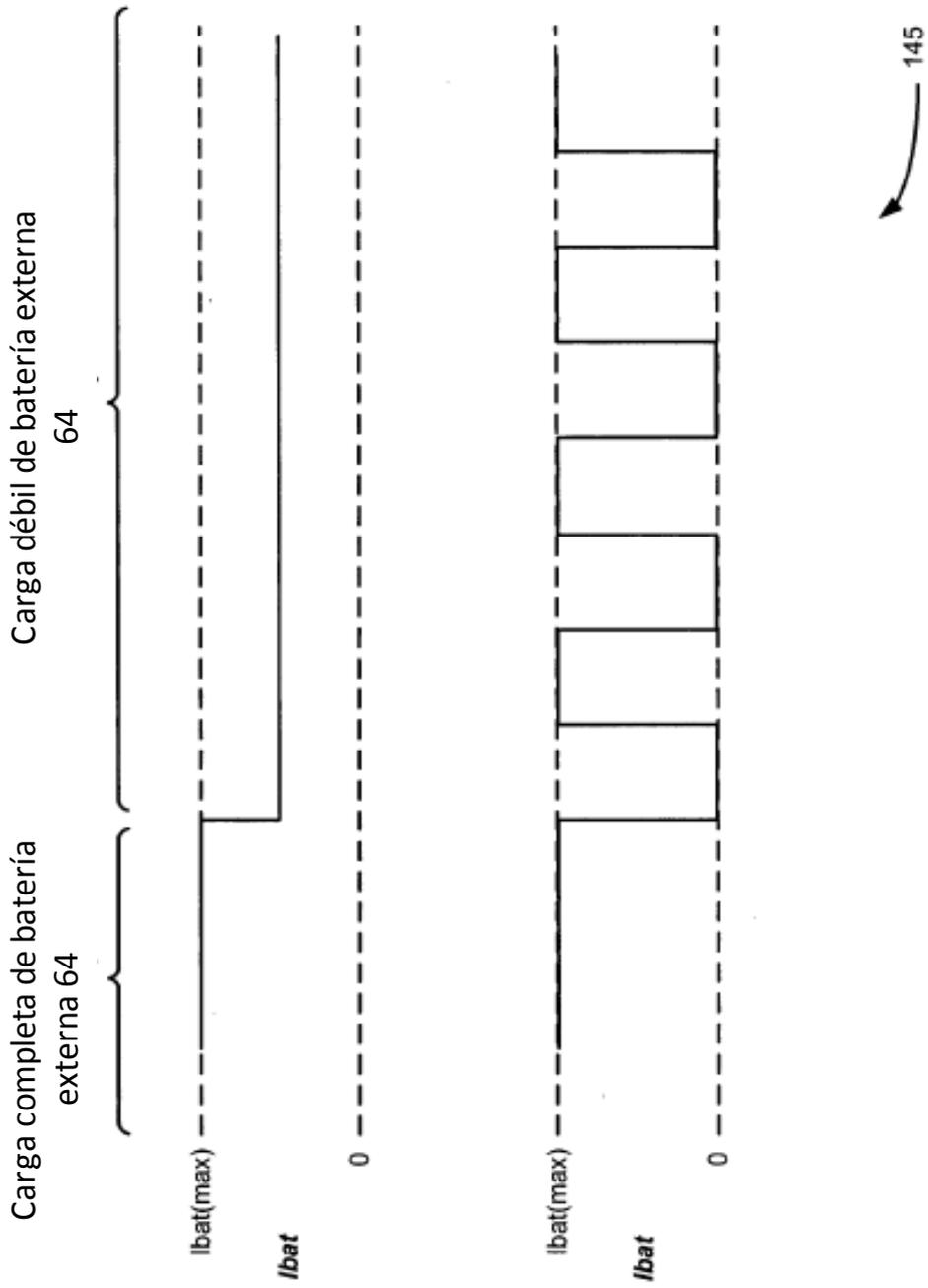


Figura 7B

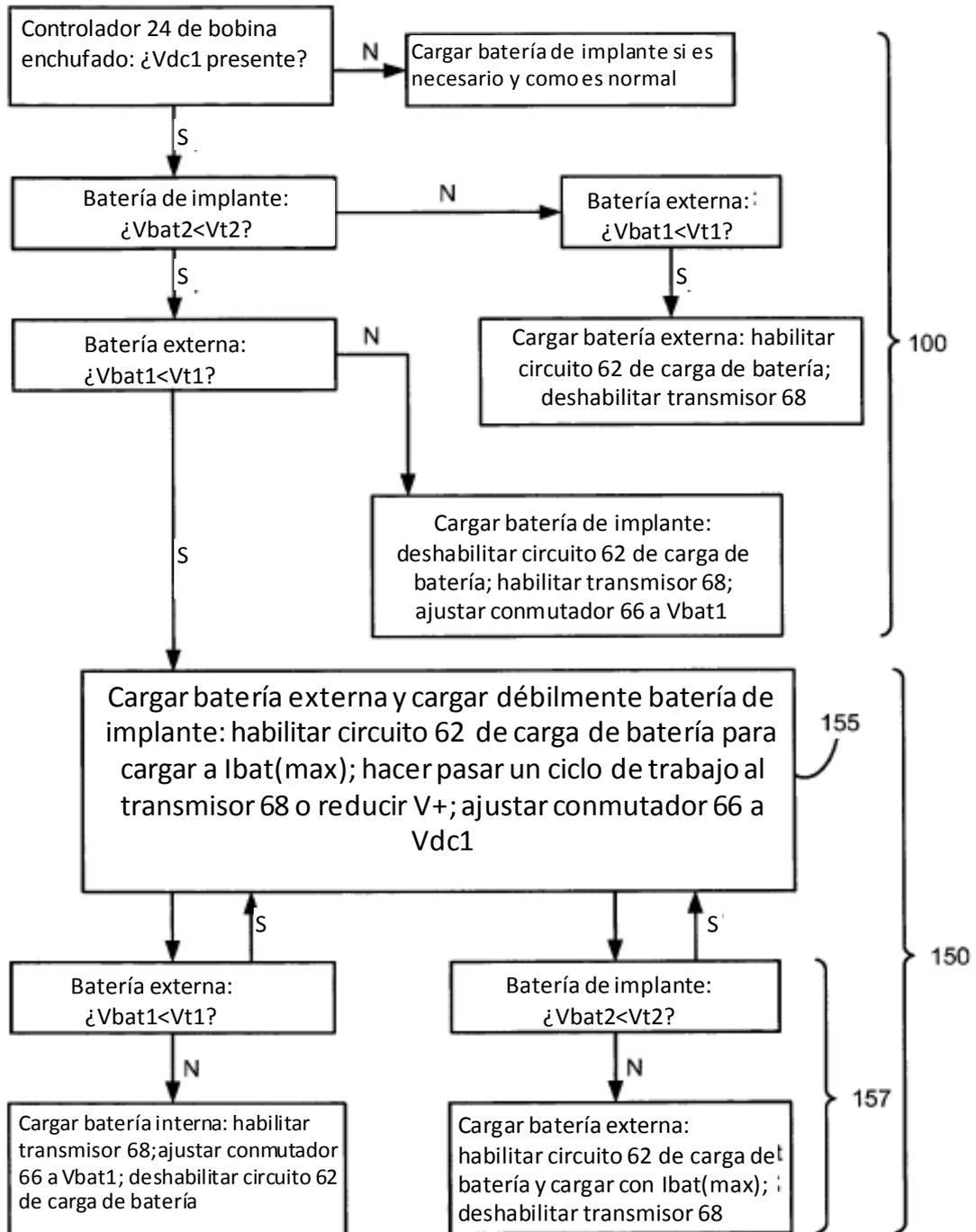


Figura 8A

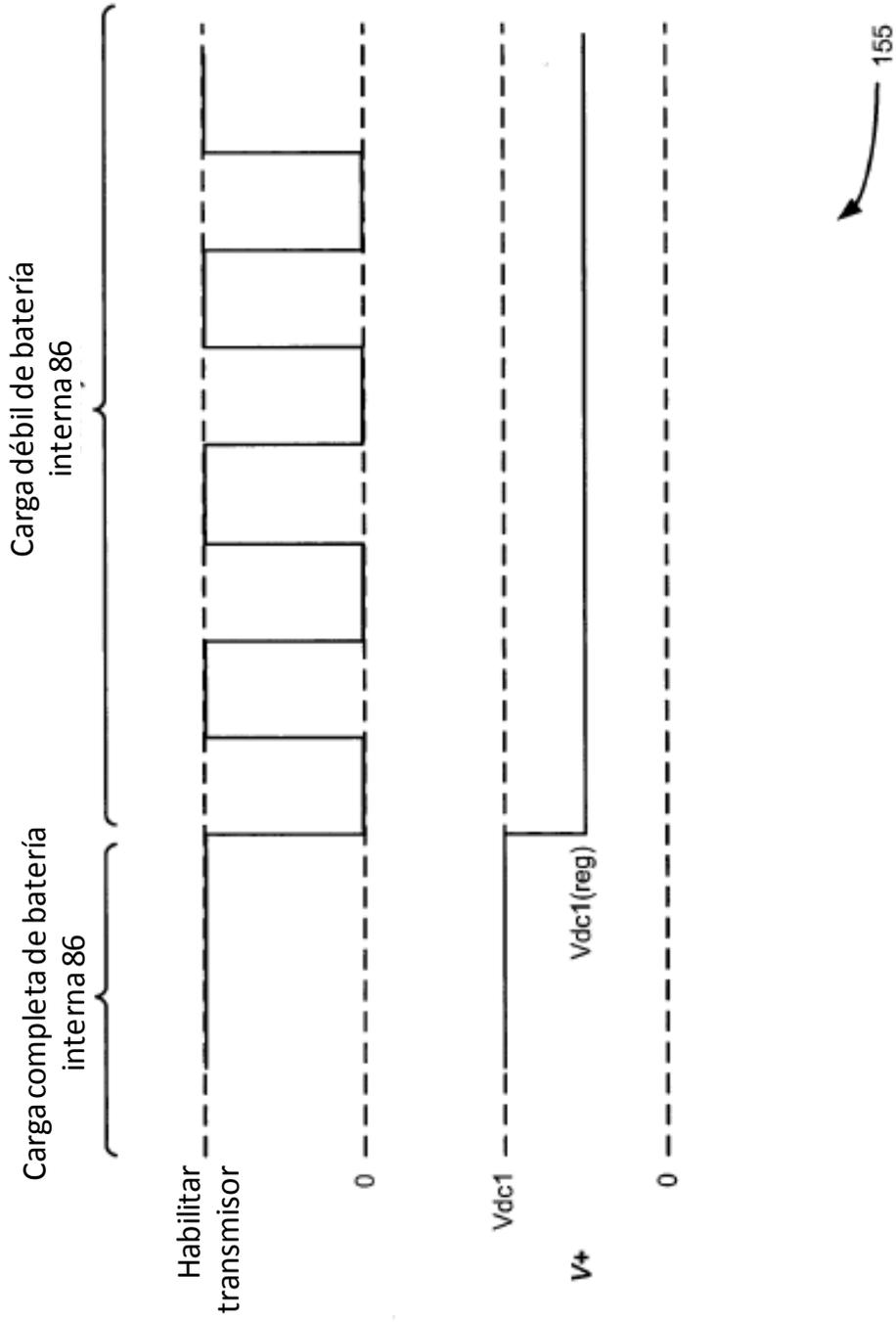


Figura 8B

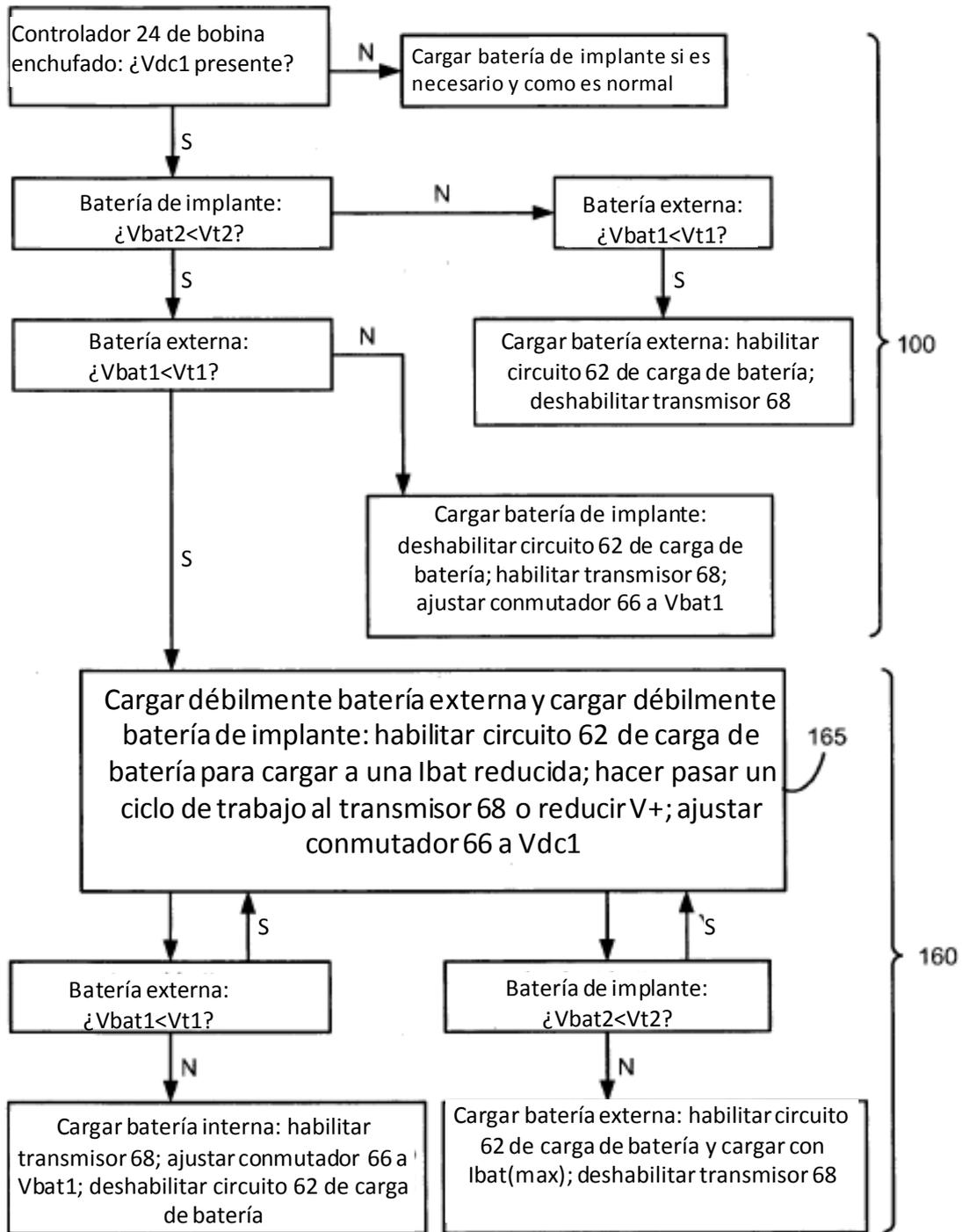


Figura 9

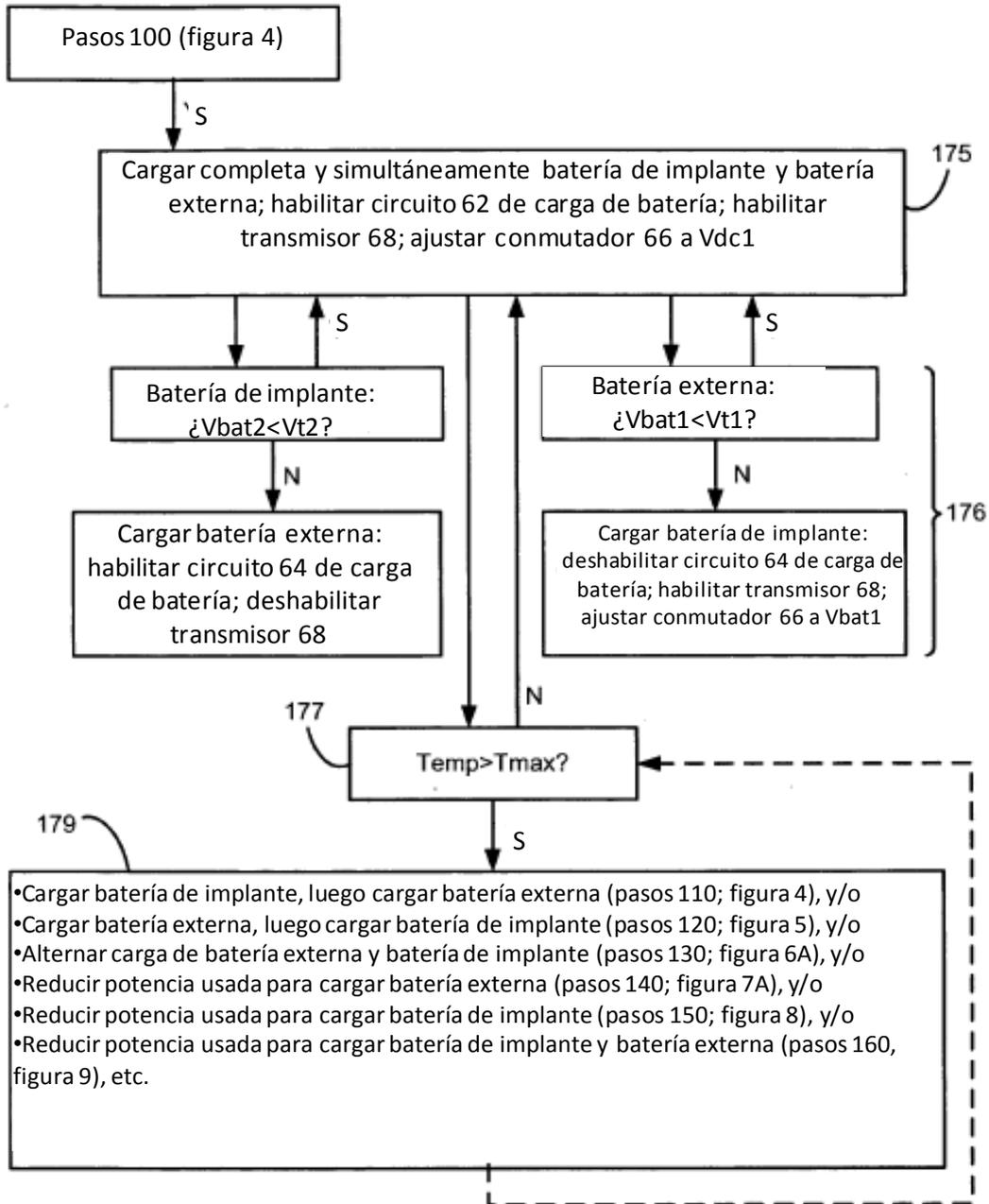


Figura 10

