

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 812 075**

51 Int. Cl.:

A61N 1/372 (2006.01)

H04L 25/49 (2006.01)

H04B 13/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.07.2015 PCT/US2015/042936**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.02.2016 WO16022394**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.07.2015 E 15749920 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.06.2020 EP 3194020**

54 Título: **Comunicaciones en un sistema de dispositivos médicos**

30 Prioridad:

06.08.2014 US 201462033978 P

06.08.2014 US 201462033932 P

06.08.2014 US 201462033998 P

06.08.2014 US 201462034017 P

29.07.2015 US 201514812687

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.03.2021

73 Titular/es:

CARDIAC PACEMAKERS, INC. (100.0%)
4100 Hamline Avenue North
St. Paul, Minnesota 55112, US

72 Inventor/es:

MAILE, KEITH R.;
KANE, MICHAEL J.;
HUELSKAMP, PAUL;
JUFFER, LANCE E. y
STAHMANN, JEFFREY E.

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 812 075 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

Comunicaciones en un sistema de dispositivos médicos

5 Campo técnico

La presente divulgación se refiere, en general, a dispositivos médicos y, más en particular, a comunicaciones entre dispositivos médicos en un sistema de múltiples dispositivos.

10 Antecedentes

Los instrumentos de estimulación cardíaca con marcapasos pueden ser utilizados para tratar pacientes que padecen diversas afecciones cardíacas que pueden tener como resultado una capacidad reducida del corazón para suministrar cantidades suficiente de sangre al cuerpo de un paciente. Estas afecciones cardíacas pueden dar lugar a contracciones cardíacas rápidas, irregulares y/o ineficaces. Para ayudar a paliar algunas de estas afecciones, se pueden implantar diversos dispositivos (por ejemplo, marcapasos, desfibriladores, etc.) en el cuerpo de un paciente. Tales dispositivos pueden monitorizar y proporcionar una estimulación eléctrica al corazón para ayudar al corazón a operar de una forma más normal, eficaz y/o segura. En algunos casos, un paciente puede tener múltiples dispositivos implantados, incluyendo dispositivos que se prevé que traten otras partes del cuerpo.

El documento EP 0 362 611 A1 expone un sistema concebido para ser implantado, al menos parcialmente, en un cuerpo vivo, que comprende al menos dos dispositivos que están interconectados por medio de un canal de comunicaciones. En la región intracorporal, dicho canal de comunicaciones es inalámbrico e incluye un medio para un acoplamiento electrolítico-galvánico entre dos módulos implantables o entre un módulo implantable y electrodos cutáneos externos. El intercambio de información es efectuado por medio de señales moduladas de frecuencia media en el intervalo de frecuencia desde 10 hasta 100 kHz.

La patente US 5.241.961 expone un receptor síncrono de telemetría y un método de recepción para la recepción procedente de un dispositivo médico implantable de una señal PPM que incluye una pluralidad de bits, teniendo cada uno un impulso de sincronización y al menos un impulso de datos de idéntica amplitud, proporcionándose un reloj y un contador para contar los impulsos de reloj entre cada impulso de datos y su impulso de sincronización respectivo para obtener una medicación del intervalo de tiempo. Los documentos US2012/0109236 A1 y US 2012/0197332 A1 dan a conocer técnica anterior relevante adicional.

35 Sumario

La presente invención está definida por la reivindicación 1. Las realizaciones preferidas se definen mediante las reivindicaciones dependientes. Se proporcionan realizaciones, aspectos y ejemplos adicionales dados a conocer en la presente memoria, relacionados, en particular, con métodos para un tratamiento, únicamente con un fin ilustrativo y no forman parte de la presente invención según es reivindicada.

La presente divulgación se refiere, en general, a sistemas y de métodos para coordinar el tratamiento de una actividad cardíaca anormal utilizando múltiples dispositivos implantados en un paciente. Se contempla que los múltiples dispositivos implantados puedan incluir, por ejemplo, marcapasos, desfibriladores, dispositivos de diagnóstico y/o cualquier otro dispositivo implantable adecuado, según se desee. Los múltiples dispositivos implantados pueden comunicarse entre sí, por ejemplo, enviando impulsos de comunicaciones entre los dispositivos. En algunos ejemplos, un primer dispositivo puede utilizar impulsos de comunicaciones para formar mensajes para provocar que un segundo dispositivo, como en algunos ejemplos no limitantes, escriba datos en uno o más módulos de almacenamiento de datos del segundo dispositivo, lea datos de uno o más módulos de almacenamiento de datos del segundo dispositivo, envíe un mensaje de respuesta de vuelta al primer dispositivo, establezca una dirección para el segundo dispositivo o reinicialice el segundo dispositivo. La presente divulgación contempla otros mensajes y funciones de mensajería.

En un primer ejemplo, un dispositivo médico implantable puede comprender uno o más electrodos, un controlador acoplado al uno o más electrodos, configurado el controlador para recibir un primer impulso de comunicaciones en un instante de primer impulso de comunicaciones y un segundo impulso de comunicaciones en un instante de segundo impulso de comunicaciones mediante los uno o más electrodos, y estando configurado el controlador, además, para identificar uno de tres o más símbolos en función de al menos, en parte, la diferencia de tiempo entre el instante del primer impulso de comunicaciones y el instante del segundo impulso de comunicaciones.

Adicional o alternativamente, en cualquiera de los ejemplos anteriores, el controlador puede identificar un símbolo "0" si la diferencia entre el instante del primer impulso de comunicaciones y el instante del segundo impulso de comunicaciones se corresponde con una primera diferencia de tiempo y un símbolo "1", si la diferencia entre el instante del primer impulso de comunicaciones y el instante del segundo impulso de comunicaciones se corresponde con una segunda diferencia de tiempo.

Adicional o alternativamente, en cualquiera de los ejemplos anteriores, la primera diferencia de tiempo puede

corresponderse con un primer intervalo de tiempo y la segunda diferencia de tiempo puede corresponderse con un segundo intervalo de tiempo, en donde el primer intervalo de tiempo no se solapa con el segundo intervalo de tiempo.

5 Adicional o alternativamente, en cualquiera de los ejemplos anteriores, el primer intervalo de tiempo puede encontrarse entre 200-450 microsegundos, y el segundo intervalo de tiempo puede encontrarse entre 500-800 microsegundos.

10 Adicional o alternativamente, en cualquiera de los ejemplos anteriores, el controlador puede estar configurado para identificar un símbolo de fin de trama si, después de recibir un impulso de comunicaciones, expira una cantidad umbral de tiempo sin recibir otro impulso de comunicaciones.

Adicional o alternativamente, en cualquiera de los ejemplos anteriores, los tres o más símbolos pueden comprender: un símbolo "0"; un símbolo "1"; y un símbolo de sincronización.

15 Adicional o alternativamente, en cualquiera de los ejemplos anteriores, el primer impulso de comunicaciones y el segundo impulso de comunicaciones pueden ser impulsos de comunicaciones conducidos por debajo de un umbral que no capten el corazón de un paciente, y en donde el controlador puede recibir el primer impulso de comunicaciones y el segundo impulso de comunicaciones del tejido del paciente.

20 Adicional o alternativamente, en cualquiera de los ejemplos anteriores, cada uno del primer impulso de comunicaciones y del segundo impulso de comunicaciones puede tener una combinación de una amplitud y una anchura del impulso que no capten el corazón del paciente.

25 Adicional o alternativamente, en cualquiera de los ejemplos anteriores, el primer impulso de comunicaciones y el segundo impulso de comunicaciones pueden ser impulsos de comunicaciones conducidos galvánicamente.

30 Adicional o alternativamente, en cualquiera de los ejemplos anteriores, el primer impulso de comunicaciones y el segundo impulso de comunicaciones pueden comprender: impulsos de tensión conducidos por debajo de un umbral; impulsos de corriente conducidos por debajo de un umbral; o una combinación de impulsos de tensión conducidos por debajo de un umbral y de impulsos de corriente conducidos por debajo de un umbral.

Adicional o alternativamente, en cualquiera de los ejemplos anteriores, el primer impulso conducido de comunicaciones y el segundo impulso conducido de comunicaciones comprenden: impulsos monofásicos; impulsos bifásicos; o una combinación de impulsos monofásicos y de impulsos bifásicos.

35 Adicional o alternativamente, en cualquiera de los ejemplos anteriores, el primer impulso conducido de comunicaciones y el segundo impulso conducido de comunicaciones comprenden: impulsos rectangulares; impulsos sinusoidales; impulsos sincronizados; impulsos gaussianos; impulsos trapezoidales; impulsos triangulares; impulsos en coseno elevado; o una combinación de cualquiera de los impulsos anteriores.

40 Adicional o alternativamente, en cualquiera de los ejemplos anteriores, la diferencia entre el instante del primer impulso de comunicaciones y el instante del segundo impulso de comunicaciones puede ser medida en función de una misma característica correspondiente en cada uno del primer impulso de comunicaciones y del segundo impulso de comunicaciones.

45 Adicional o alternativamente, en cualquiera de los ejemplos anteriores, la misma característica correspondiente en cada uno del primer impulso de comunicaciones y del segundo impulso de comunicaciones puede ser un frente anterior de un primer impulso de un impulso bifásico.

50 Adicional o alternativamente, en cualquiera de los ejemplos anteriores, el primer impulso de comunicaciones y el segundo impulso de comunicaciones pueden ser: señales de radiofrecuencia; señales ópticas; señales acústicas; señales magnéticas; o señales conducidas.

55 Adicional o alternativamente, en cualquiera de los ejemplos anteriores, el dispositivo médico implantable puede ser un marcapasos cardíaco sin cables (LCP).

60 En otro ejemplo, un método para una comunicación entre una pluralidad de dispositivos médicos puede comprender generar, con un primer dispositivo médico, un primer impulso de comunicaciones en un primer instante y un segundo impulso de comunicaciones en un segundo instante, recibiendo, con un segundo dispositivo médico, el primer impulso de comunicaciones en un tercer instante y el segundo impulso de comunicaciones en un cuarto instante, y determinar, por medio del segundo dispositivo médico, uno de tres o más símbolos en función, al menos en parte, de la diferencia de tiempo entre el tercer instante y el cuarto instante.

65 Adicional o alternativamente, en cualquiera de los ejemplos anteriores, el segundo dispositivo médico puede determinar un símbolo "0" si la diferencia entre el tercer instante y el cuarto instante se corresponde a una primera diferencia de tiempo y un símbolo "1" si la diferencia entre el tercer instante y el cuarto instante se corresponde a una segunda diferencia de tiempo.

- Adicional o alternativamente, en cualquiera de los ejemplos anteriores, la primera diferencia de tiempo puede corresponderse con un primer intervalo de tiempo y la segunda diferencia de tiempo puede corresponderse con un segundo intervalo de tiempo, en donde el primer intervalo de tiempo no se solapa con el segundo intervalo de tiempo.
- 5 Adicional o alternativamente, en cualquiera de los ejemplos anteriores, el primer intervalo de tiempo puede encontrarse entre 200-450 microsegundos y el segundo intervalo de tiempo puede encontrarse entre 500-800 microsegundos.
- 10 Adicional o alternativamente, cualquiera de los ejemplos anteriores puede comprender, además, determinar, por medio del segundo dispositivo, un símbolo de fin de trama si: después de recibir un impulso de comunicaciones, expira una cantidad umbral de tiempo sin recibir otro impulso de comunicaciones.
- 15 Adicional o alternativamente, en cualquiera de los ejemplos anteriores, los tres o más símbolos pueden comprender: un símbolo "0"; un símbolo "1"; y un símbolo de sincronización.
- 20 Adicional o alternativamente, en cualquiera de los ejemplos anteriores, el primer impulso de comunicaciones y el segundo impulso de comunicaciones pueden ser impulsos de comunicaciones conducidos por debajo de un umbral que no capten el corazón de un paciente, y en donde: el primer dispositivo médico suministra el primer impulso de comunicaciones y el segundo impulso de comunicaciones al tejido del paciente; y el segundo dispositivo médico recibe el primer impulso de comunicaciones y el segundo impulso de comunicaciones del tejido del paciente, en donde el segundo dispositivo médico está separado físicamente del primer dispositivo médico.
- 25 Adicional o alternativamente, en cualquiera de los ejemplos anteriores, cada uno del primer impulso de comunicaciones y del segundo impulso de comunicaciones puede tener una combinación de una amplitud y de una anchura de impulso que no capten el corazón del paciente.
- 30 Adicional o alternativamente, en cualquiera de los ejemplos anteriores, en cualquiera de los ejemplos anteriores, el primer impulso de comunicaciones y el segundo impulso de comunicaciones pueden ser impulsos de comunicaciones conducidos galvánicamente.
- 35 Adicional o alternativamente, en cualquiera de los ejemplos anteriores, el primer impulso de comunicaciones y el segundo impulso de comunicaciones pueden comprender: impulsos de tensión conducidos por debajo de un umbral; impulsos de corriente conducidos por debajo de un umbral; o una combinación de impulsos de tensión conducidos por debajo de un umbral y de impulsos de corriente conducidos por debajo de un umbral.
- 40 Adicional o alternativamente, en cualquiera de los ejemplos anteriores, el primer impulso conducido de comunicaciones y el segundo impulso conducido de comunicaciones pueden comprender: impulsos monofásicos; impulsos bifásicos; o una combinación de impulsos monofásicos y de impulsos bifásicos.
- 45 Adicional o alternativamente, en cualquiera de los ejemplos anteriores, la diferencia entre el tercer instante y el cuarto instante puede ser medida en función de una misma característica correspondiente en cada uno del primer impulso de comunicaciones y del segundo impulso de comunicaciones.
- 50 Adicional o alternativamente, en cualquiera de los ejemplos anteriores, la misma característica correspondiente en cada uno del primer impulso de comunicaciones y del segundo impulso de comunicaciones pueden ser un frente anterior de un primer impulso de un impulso bifásico.
- 55 Adicional o alternativamente, en cualquiera de los ejemplos anteriores, el primer impulso de comunicaciones y el segundo impulso de comunicaciones pueden ser: señales de radiofrecuencia; señales ópticas; señales acústicas; señales magnéticas; o señales conducidas.
- 60 En otro ejemplo más, un método para comunicar datos desde un primer dispositivo médico hasta un segundo dispositivo médico puede comprender: comunicar impulsos conducidos consecutivos de comunicaciones desde el primer dispositivo médico hasta el segundo dispositivo médico; y recibir los impulsos conducidos consecutivos de comunicaciones en el segundo dispositivo médico, determinando una cantidad de tiempo entre al menos impulsos conducidos consecutivos seleccionados de comunicaciones, determinando uno de tres o más símbolos para cada cantidad determinada de tiempo en función, al menos en parte, de la cantidad de determinada de tiempo; y almacenar el símbolo determinado en una memoria.
- 65 Adicional o alternativamente, en cualquiera de los ejemplos anteriores, el primer dispositivo médico puede comunicar los impulsos conducidos de comunicaciones en momentos que no sean durante la administración de un impulso de estimulación cardíaca y/o durante una porción de recarga de un impulso de estimulación cardíaca.
- Adicional o alternativamente, en cualquiera de los ejemplos anteriores, los impulsos conducidos de comunicaciones pueden comprender: impulsos monofásicos; impulsos bifásicos; o una combinación de impulsos monofásicos y de impulsos bifásicos.

Adicional o alternativamente, en cualquiera de los ejemplos anteriores, el primer dispositivo médico puede comprender un marcapasos cardíaco sin cables (LCP), y el segundo dispositivo médico comprende un cardioversor subcutáneo.

5 En otro ejemplo más, un dispositivo médico implantable puede comprender: uno o más electrodos; un controlador acoplado al uno o más electrodos, estando configurado el controlador para recibir un primer impulso de comunicaciones en un instante del primer impulso de comunicaciones y un segundo impulso de comunicaciones en un instante del segundo impulso de comunicaciones por medio de los uno o más electrodos; y el controlador está configurado adicionalmente para identificar uno de tres o más símbolos en función, al menos en parte, de la diferencia
10 de tiempo entre el instante del primer impulso de comunicaciones y el instante del segundo impulso de comunicaciones.

Adicional o alternativamente, en cualquiera de los ejemplos anteriores, el controlador puede identificar un símbolo "0" si la diferencia entre el instante del primer impulso de comunicaciones y el instante del segundo impulso de comunicaciones se corresponde a una primera diferencia de tiempo, y un símbolo "1" si la diferencia entre el instante del primer impulso de comunicaciones y el instante del segundo impulso de comunicaciones se corresponde a una segunda diferencia de tiempo.
15

Adicional o alternativamente, en cualquiera de los ejemplos anteriores, la primera diferencia de tiempo puede corresponderse con un primer intervalo de tiempo y la segunda diferencia de tiempo se corresponde a un segundo intervalo de tiempo, en donde el primer intervalo de tiempo no se solapa con el segundo intervalo de tiempo.
20

Adicionalmente, se debería comprender que cualquiera de los métodos descritos anteriormente puede llevarse a cabo mediante cualquiera de los dispositivos y/o de los sistemas descritos anteriormente. Por supuesto, los métodos también pueden llevarse a cabo mediante dispositivos y/o sistemas no descritos explícitamente anteriormente, pero que tienen la capacidad de llevar a cabo los métodos según se ha descrito.
25

No se prevé que el anterior sumario describa cada realización o toda implementación de la presente divulgación. Las ventajas y los logros, junto con una comprensión más completa de la divulgación, serán evidentes y apreciados al hacer referencia a la descripción y las reivindicaciones siguientes tomadas junto con los dibujos adjuntos.
30

Breve descripción de los dibujos

Se puede comprender la divulgación más completamente en consideración de la siguiente descripción de diversas realizaciones ilustrativas en conexión con los dibujos adjuntos, en los que:
35

- la Figura 1 ilustra un diagrama de bloques de un marcapasos cardíaco sin cables (LCP) a modo de ejemplo que tiene electrodos, según un ejemplo de la presente divulgación;
- la Figura 2 ilustra un diagrama de bloques de un dispositivo médico a modo de ejemplo de detección, según un ejemplo de la presente divulgación;
- la Figura 3 ilustra un diagrama de bloques de un dispositivo médico a modo de ejemplo basado en cables, según un ejemplo de la presente divulgación;
- la Figura 4 ilustra un diagrama de bloques de un dispositivo médico externo a modo de ejemplo, según un ejemplo de la presente divulgación;
- 45 la Figura 5 es un diagrama esquemático de un sistema que incluye múltiples dispositivos médicos, según ejemplos de la presente divulgación;
- las Figuras 6A-D son diagramas esquemáticos de un sistema que incluye múltiples dispositivos médicos, según ejemplos de la presente divulgación;
- la Figura 7 muestra un gráfico ilustrativo de amplitud de impulso en función de la anchura de impulso, según aspectos de la presente divulgación;
- 50 la Figura 8 es un diagrama esquemático de un circuito a modo de ejemplo para generar impulsos de comunicaciones, según un ejemplo de la presente divulgación;
- la Figura 9 es un diagrama esquemático de un circuito a modo de ejemplo para recibir impulsos de comunicaciones, según un ejemplo de la presente divulgación;
- 55 la Figura 10 muestra un diagrama ilustrativo de sincronización que muestra impulsos a modo de ejemplo de comunicaciones suministrados por un dispositivo médico mutuamente relacionados, según un ejemplo de la presente divulgación;
- la Figura 11 muestra una estructura ilustrativa de mensaje de instrucción, según un ejemplo de la presente divulgación;
- 60 la Figura 12 muestra una estructura ilustrativa de mensaje de respuesta, según un ejemplo de la presente divulgación;
- la Figura 13 es un diagrama de flujo de un método ilustrativo que puede ser implementado por un dispositivo médico o un sistema de dispositivos médicos, tales como los dispositivos médicos y los sistemas de dispositivos médicos ilustrativos descritos con respecto a las Figuras 1-4;
- 65 la Figura 14 muestra un diagrama ilustrativo de sincronización que muestra la comunicación de un mensaje a modo de ejemplo de instrucción con respecto a la comunicación de un mensaje a modo de ejemplo de respuesta, según

un ejemplo de la presente divulgación;

la Figura 15 muestra un diagrama ilustrativo de sincronización que muestra la comunicación de pares de mensaje de instrucción y de mensaje de respuesta a modo de ejemplo con respecto a un ciclo cardíaco, según un ejemplo de la presente divulgación;

5 la Figura 16 es un diagrama de flujo de un método ilustrativo que puede ser implementado por un dispositivo médico o un sistema de dispositivos médicos, tales como los dispositivos médicos y los sistemas de dispositivos médicos ilustrativos descritos con respecto a las Figuras 1-5; y

10 la Figura 17 es un diagrama de flujo de un método ilustrativo que puede ser implementado por un dispositivo médico o un sistema de dispositivos médicos, tales como los dispositivos médicos y los sistemas de dispositivos médicos ilustrativos descritos con respecto a las Figuras 1-5.

Aunque la divulgación está sujeta a diversas modificaciones y a formas alternativas, se han mostrado, a modo de ejemplo, los pormenores de la misma en los dibujos y serán descritos en detalle. Sin embargo, se debería comprender que la intención no es de limitar los aspectos de la divulgación a las realizaciones ilustrativas particulares descritas. Al contrario, la intención es abarcar todas las modificaciones, los equivalentes y las alternativas que se encuentren dentro del espíritu y del alcance de la divulgación.

Descripción

20 La siguiente descripción debería ser leída con referencia a los dibujos, en los que se enumeran elementos similares en distintos dibujos de la misma forma. La descripción y los dibujos, que no se encuentran necesariamente a escala, muestran realizaciones ilustrativas y no se prevé que limiten el alcance de la divulgación.

25 Un corazón sano normal induce una contracción conduciendo señales eléctricas generadas intrínsecamente por todo el corazón. Estas señales intrínsecas provocan que se contraigan las células musculares o el tejido del corazón. Esta contracción obliga a la sangre salir del corazón y a entrar en el mismo, proporcionando una circulación de la sangre por el resto del cuerpo. Sin embargo, muchos pacientes padecen afecciones cardíacas que afectan a esta contractilidad de sus corazones. Por ejemplo, algunos corazones pueden desarrollar tejidos enfermos que ya no generan ni conducen señales eléctricas intrínsecas. Tales pacientes pueden necesitar un dispositivo médico para proporcionar una terapia de estimulación cardíaca a su corazón para provocar que su corazón se contraiga y bombee sangre.

30 Las Figuras 1-4 muestran, en general, dispositivos médicos implantables que pueden ser utilizados en sistemas para administrar una terapia de estimulación cardíaca, incluyendo, por ejemplo, impulsos de estimulación cardíaca, al corazón de un paciente. Algunos sistemas pueden incluir una pluralidad de dispositivos médicos, tales como los descritos con respecto a las Figuras 1-4, que pueden coordinarse para administrar una terapia de estimulación cardíaca a un corazón. Aunque se utilizan dispositivos médicos configurados para administrar una terapia al corazón de un paciente como un sistema a modo de ejemplo de múltiples dispositivos, la presente divulgación no debería estar así limitada. Se contemplan otros sistemas de múltiples dispositivos incluyendo sistemas que tienen un neuroestimulador implantable, un dispositivo implantable solo de detección y/o cualquier otro dispositivo médico adecuado, según se desee. La presente divulgación describe técnicas para comunicarse entre dispositivos de tales sistemas de múltiples dispositivos.

35 La Figura 1 muestra un marcapasos cardíaco sin cables (LCP) a modo de ejemplo que puede implantarse en un paciente y puede operar para administrar uno o más tipos de terapias de estimulación cardíaca al corazón del paciente, por ejemplo, al administrar de forma apropiada impulsos de estimulación cardíaca. En algunos ejemplos, el LCP puede administrar impulsos de estimulación cardíaca según una o más técnicas de terapia, tales como una terapia de bradicardia, una terapia de estimulación cardíaca sensible a la frecuencia, una terapia de estimulación cardíaca antitaquicardia (ATP), una terapia de resincronización cardíaca (TRC), una terapia de desfibrilación y/o similares. Como puede verse en la Figura 1, el LCP 100 puede ser un dispositivo compacto con todos los componentes alojados en el interior del LCP 100 o directamente en el alojamiento 120. Según se muestra en el ejemplo de la Figura 1, el LCP 100 puede incluir un módulo 102 de comunicaciones, un módulo generador 104 de impulsos, un módulo 106 de detección eléctrica, un módulo 108 de detección mecánica, un módulo 110 de procesamiento, una batería 112 y electrodos 114.

40 El módulo 102 de comunicaciones puede estar configurado para comunicarse con dispositivos tales como sensores, otros dispositivos médicos o similares, que están ubicados en el exterior del LCP 100. Tales dispositivos pueden estar ubicados bien en el exterior o bien en el interior del cuerpo del paciente. Con independencia de la ubicación, los dispositivos externos (es decir, externos al LCP 100 pero no necesariamente externos al cuerpo del paciente) pueden comunicarse con el LCP 100 por medio del módulo 102 de comunicaciones para lograr una o más funciones deseadas. Por ejemplo, el LCP 100 puede comunicar información, tal como señales eléctricas detectadas, instrucciones, otros mensajes y/o datos a un dispositivo médico externo a través del módulo 102 de comunicaciones. El dispositivo médico externo puede utilizar los datos y/o los mensajes comunicados para llevar a cabo diversas funciones, tales como determinar incidencias de arritmias, administrar una terapia de estimulación eléctrica, almacenar datos recibidos y/u otras funciones. El LCP 100 puede recibir, adicionalmente, instrucciones, datos y/u otros mensajes procedentes del dispositivo médico externo a través del módulo 102 de comunicaciones, y el LCP 100 puede utilizar las instrucciones,

los datos y/u otros mensajes recibidos para llevar a cabo diversas funciones, tales como determinar incidencias de arritmias, administrar una terapia de estimulación eléctrica, almacenar datos recibidos y/u otras funciones. El módulo 102 de comunicaciones puede estar configurado para utilizar uno o más métodos para comunicarse con dispositivos externos. Por ejemplo, el módulo 102 de comunicaciones puede comunicarse mediante señales conducidas de comunicaciones, señales de radiofrecuencia (RF), acoplamiento inductivo, señales ópticas, señales acústicas y/o cualquier otra señal adecuada para una comunicación. Se expondrán con mayor detalle las técnicas ilustrativas de comunicaciones entre el LCP 100 y otros dispositivos con referencia a otras Figuras.

En el ejemplo mostrado, el módulo generador 104 de impulsos puede estar conectado eléctricamente con uno o más electrodos 114. En algunos ejemplos, el LCP 100 puede incluir, adicionalmente, electrodos 114'. En tales ejemplos, el módulo generador 104 de impulsos puede estar conectado eléctricamente, adicionalmente, con uno o más electrodos 114'. El módulo generador 104 de impulsos puede estar configurado para generar señales de estimulación eléctrica, tales como impulsos de estimulación cardíaca. Por ejemplo, el módulo generador 104 de impulsos puede generar señales de estimulación eléctrica utilizando energía almacenada en la batería 112 en el interior del LCP 100 y administrar las señales generadas de estimulación eléctrica para proporcionar una terapia de estimulación eléctrica para combatir arritmias de bradicardia, arritmias de taquiarritmia, arritmias de fibrilación y/ arritmias de sincronización cardíaca. En otros ejemplos, el módulo generador 104 de impulsos puede estar configurado para generar señales de estimulación eléctrica para proporcionar terapias de estimulación eléctrica distintas de las descritas en la presente memoria para tratar una o más arritmias cardíacas detectadas.

En algunos ejemplos, el LCP 100 puede incluir un módulo 106 de detección eléctrica y un módulo 108 de detección mecánica. El módulo 106 de detección eléctrica puede estar configurado para detectar la actividad cardíaca eléctrica del corazón. Por ejemplo, el módulo 106 de detección eléctrica puede estar conectado con uno o más electrodos 114/114' y el módulo 106 de detección eléctrica puede estar configurado para recibir señales cardíacas eléctricas conducidas a través de los electrodos 114/114'. En algunos ejemplos, las señales cardíacas eléctricas pueden representar información local de la cámara en la que está implantado el LCP 100. Por ejemplo, si el LCP 100 está implantado en un ventrículo del corazón, las señales cardíacas eléctricas detectadas por el LCP 100 a través de los electrodos 114/114' pueden representar señales cardíacas eléctricas ventriculares. El módulo 108 de detección mecánica puede incluir diversos sensores, o estar conectado eléctricamente con los mismos, tales como acelerómetros, sensores de la presión sanguínea, sensores de sonido cardíaco, sensores de oxígeno en sangre y/u otros sensores que miden uno o más parámetros fisiológicos del corazón y/o del paciente. Tanto el módulo 106 de detección eléctrica como el módulo 108 de detección mecánica pueden estar conectados adicionalmente con el módulo 110 de procesamiento, y pueden proporcionar señales representativas de la actividad cardíaca eléctrica detectada y/o parámetros fisiológicos al módulo 110 de procesamiento. Aunque se describen con respecto a la Figura 1 como módulos separados de detección, en algunos ejemplos, el módulo 106 de detección eléctrica y el módulo 108 de detección mecánica pueden combinarse en un único módulo.

En algunos casos, el módulo 110 de procesamiento puede estar configurado para controlar la operación del LCP 100. Por ejemplo, el módulo 110 de procesamiento puede estar configurado para recibir señales cardíacas eléctricas procedentes del módulo 106 de detección eléctrica y/o parámetros fisiológicos procedentes del módulo 108 de detección mecánica. En función de las señales recibidas, el módulo 110 de procesamiento puede determinar incidencias y tipos de arritmias. En función de cualquier arritmia determinada, el módulo 110 de procesamiento puede controlar el módulo generador 104 de impulsos para que genere una estimulación eléctrica según una o más terapias de estimulación eléctrica para tratar las arritmias determinadas. El módulo 110 de procesamiento puede recibir, además, información procedente del módulo 102 de comunicaciones. En algunos ejemplos, el módulo 110 de procesamiento puede utilizar tal información recibida, bien en vez de o bien además de la información recibida procedente del módulo 106 de detección eléctrica y/o del módulo 108 de detección mecánica, para determinar si se está produciendo una arritmia, para determinar un tipo de arritmia y/o para decidir adoptar una acción particular en respuesta a la información. El módulo 110 de procesamiento puede controlar, adicionalmente, el módulo 102 de comunicaciones para que envíe información a otros dispositivos.

En algunos ejemplos, el módulo 110 de procesamiento puede incluir un *chip* preprogramado, tal como un *chip* de integración a escala muy grande (VLSI) o un circuito integrado para aplicaciones específicas (ASIC). En tales realizaciones, el *chip* puede estar preprogramado con lógica de control para controlar la operación del LCP 100. Al utilizar un *chip* preprogramado, el módulo 110 de procesamiento puede utilizar menos energía que otros circuitos programables a la vez que puede mantener una funcionalidad básica, aumentando, de ese modo, la vida de la batería del LCP 100. En otros ejemplos, el módulo 110 de procesamiento puede incluir un microprocesador programable o similar. Tal microprocesador programable puede permitir a un usuario regular la lógica de control del LCP 100 después de su fabricación, permitiendo, de ese modo, una mayor flexibilidad del LCP 100 que cuando se utiliza un *chip*

preprogramado. En algunos ejemplos, el módulo 110 de procesamiento puede incluir, además, un circuito de memoria y el módulo 110 de procesamiento puede almacenar información en el circuito de memoria, o leer información del mismo. En otros ejemplos, el LCP 100 puede incluir un circuito separado (no mostrado) de memoria que se encuentra en comunicación con el módulo 110 de procesamiento, de forma que el módulo 110 de procesamiento pueda leer información del circuito separado de memoria, y escribirla en el mismo. El circuito de memoria ya sea parte del módulo 5 110 de procesamiento o esté separado del módulo 110 de procesamiento, puede tener longitudes de direcciones, por ejemplo, de ocho bits. Sin embargo, en otros ejemplos, el circuito de memoria puede tener longitudes de direcciones de dieciséis, de treinta y dos o de sesenta y cuatro bits, o cualquier otra longitud de bits que sea adecuada. Adicionalmente, el circuito de memoria puede ser memoria volátil, memoria no volátil o una combinación tanto de memoria volátil como de memoria no volátil.

La batería 112 puede proporcionar una fuente de alimentación para el LCP 100 para sus operaciones. En algunos ejemplos, la batería 112 puede ser una batería no recargable a base de litio. En otros ejemplos, la batería no recargable puede estar fabricada de otros materiales adecuados conocidos en la técnica. Debido a que el LCP 100 es un dispositivo implantable, el acceso al LCP 100 puede estar limitado. En tales circunstancias, es necesario que haya suficiente capacidad de batería para administrar una terapia durante un periodo prolongado de tratamiento, tales como días, semanas, meses o años. En algunos ejemplos, la batería 110 puede ser una batería recargable para facilitar el aumento de la vida utilizable del LCP 100.

Según se muestra en la Figura 1, el LCP 100 puede incluir electrodos 114, que pueden fijarse con respecto al alojamiento 120 pero estar expuestos al tejido y/o a la sangre que rodean el LCP 100. En algunos casos, los electrodos 114 pueden estar dispuestos, en general, en ambos extremos del LCP 100 y pueden encontrarse en comunicación eléctrica con uno o más de los módulos 102, 104, 106, 108 y 110. En algunos ejemplos, el LCP 100 puede incluir, adicionalmente, uno o más electrodos 114'. Los electrodos 114' pueden estar colocados en los lados del LCP 100 y aumentar el número de electrodos mediante los cuales el LCP 100 puede detectar una actividad cardíaca eléctrica y/o administrar una estimulación eléctrica. Los electrodos 114 y/o 114' pueden estar fabricados de uno o más materiales conductores biocompatibles, tales como diversos metales o aleaciones que se conoce que son seguros para su implantación en un cuerpo humano. En algunos casos, los electrodos 114 y/o 114' conectados con el LCP 100 pueden tener una porción aislante que aísla eléctricamente los electrodos 114 de los electrodos adyacentes, del alojamiento 120 y/o de otros materiales. En algunos casos, los electrodos 114 y/o 114' pueden estar separados del alojamiento y conectados mediante hilos de conexión. En tales realizaciones, los electrodos 114 y/o 114' pueden estar colocados en un extremo que se extiende desde el alojamiento 120.

Se contempla que los electrodos 114 y/o 114' puedan tener cualquiera de varios tamaños y/o de formas, y pueden estar separados a cualquiera de varias distancias. Por ejemplo, los electrodos 114 pueden tener un diámetro de dos a veinte milímetros (mm). Sin embargo, en otros ejemplos, los electrodos 114 y/o 114' pueden tener un diámetro de dos, tres, cinco, siete milímetros (mm), o cualquier otro diámetro, dimensión y forma adecuados. En algunos casos, los electrodos 114 y/o 114' pueden tener una longitud de cero, uno, tres, cinco, diez milímetros (mm), o cualquier otra longitud adecuada, en donde la longitud es una dimensión de los electrodos 114 y/o 114' que se extiende alejándose del alojamiento 120. Adicionalmente, al menos algunos de los electrodos 114 y/o 114' pueden estar separados entre sí una distancia de veinte, treinta, cuarenta, cincuenta milímetros (mm), o cualquier otra distancia adecuada. Los electrodos 114 y/o 114' de un único dispositivo pueden tener distintos tamaños mutuamente relacionados, y la separación de los electrodos en el dispositivo puede no ser uniforme.

Para implantar el LCP 100 en el cuerpo del paciente, un operario (por ejemplo, un médico, clínico, etc.), puede fijar el LCP 100 al tejido cardíaco del corazón del paciente. Para facilitar la fijación, el LCP 100 puede incluir uno o más anclajes 116. El anclaje 116 puede incluir cualquier número de mecanismos de fijación o de anclaje. Por ejemplo, el anclaje 116 puede incluir uno o más pasadores, grapas, roscas, tornillos, espirales, dientes y/o similares. En algunos ejemplos, aunque no se muestra, el anclaje 116 puede incluir roscas en su superficie externa que pueden discurrir a lo largo de al menos una longitud parcial del anclaje 116. Las roscas pueden proporcionar rozamiento entre el tejido cardíaco y el anclaje para ayudar a fijar el anclaje 116 en el tejido cardíaco. En otros ejemplos, el anclaje 116 puede incluir otras estructuras tales como púas, puntas o similares para facilitar el acoplamiento con el tejido cardíaco circundante.

La Figura 2 muestra un dispositivo médico a modo de ejemplo, MD 200, que puede implantarse en un paciente y puede operar para detectar una o más señales representativas de una afección fisiológica del paciente. Como puede verse en la Figura 2, el MD 200 puede ser un dispositivo compacto con todos los componentes alojados en el interior del MD 200 o directamente en el alojamiento 220. Según se ilustra en la Figura 2, el MD 200 puede incluir un módulo 202 de comunicaciones, un módulo 206 de detección eléctrica, un módulo 208 de detección mecánica, un módulo 210 de procesamiento, una batería 212 y electrodos 214/214'.

En algunos ejemplos, el MD 200 puede ser similar al LCP 100, según se ha descrito con respecto a la Figura 1. Por ejemplo, el módulo 202 de comunicaciones, el módulo 206 de detección eléctrica, el módulo 208 de detección mecánica, el módulo 210 de procesamiento, la batería 212 y los electrodos 214/214' pueden ser similares al módulo 102 de comunicaciones, al módulo 106 de detección eléctrica, al módulo 108 de detección mecánica, al módulo 110 de procesamiento, a la batería 112 y a los electrodos 114/114', según se han descrito con respecto a la Figura 1. Sin

embargo, el MD 200 puede no incluir un módulo generador de impulsos. Por ejemplo, el MD 200 puede ser un dispositivo sensor dedicado. En consecuencia, en algunos ejemplos, el MD 200 puede ser el mismo que el LCP 100 con algunas diferencias secundarias de soporte físico. De forma alternativa, el MD 200 puede incluir todos los componentes del LCP 100, excepto que uno o más de los componentes pueden estar deshabilitados o no son utilizados, tales como el módulo generador de impulsos.

En otros ejemplos, el MD 200 puede incluir soporte físico sustancialmente distinto del LCP 100. Por ejemplo, el MD 200 puede tener un tamaño sustancialmente distinto del LCP 100, dado que el MD 200 puede no requerir unas limitaciones de tamaño tan estrictas como el LCP 100 debido a las ubicaciones típicas de implantación para el MD 200. En tales ejemplos, el MD 200 puede incluir una batería más grande y/o una unidad más potente de procesamiento que el LCP 100.

La Figura 3 muestra un ejemplo de otro dispositivo, el dispositivo médico (MD) 300, que puede ser utilizado junto con el LCP 100 de la Figura 1 para detectar y tratar arritmias cardíacas y otras afecciones del corazón. En el ejemplo mostrado, el MD 300 puede incluir un módulo 302 de comunicaciones, un módulo generador 304 de impulsos, un módulo 306 de detección eléctrica, un módulo 308 de detección mecánica, un módulo 310 de procesamiento y una batería 318. Cada uno de estos módulos puede ser similar a los módulos 102, 104, 106, 108 y 110 del LCP 100. Adicionalmente, la batería 318 puede ser similar a la batería 112 del LCP 100. Sin embargo, en algunos ejemplos, el MD 300 puede tener un mayor volumen en el alojamiento 320. En tales ejemplos, el MD 300 puede incluir una batería más grande y/o un módulo más grande 310 de procesamiento con capacidad para gestionar operaciones más complejas que el módulo 110 de procesamiento del LCP 100.

Aunque el MD 300 puede ser otro dispositivo sin cables, tal como se muestra en la Figura 1, en algunos casos el MD 300 puede incluir cables, tales como cables 312. Los cables 312 pueden incluir hilos eléctricos que conducen señales eléctricas entre electrodos 314 y uno o más módulos ubicados en el interior del alojamiento 320. En algunos casos, los cables 312 pueden estar conectados con el alojamiento 320 del MD 300, y extenderse alejándose del mismo. En algunos ejemplos, los cables 312 se implantan sobre, en o adyacentes al corazón de un paciente. Los cables 312 pueden contener uno o más electrodos 314 colocados en diversas ubicaciones en los cables 312 y a diversas distancias del alojamiento 320. Algunos cables 312 pueden incluir únicamente un único electrodo 314, mientras que otros cables 312 pueden incluir múltiples electrodos 314. En general, los electrodos 314 están colocados para llevar a cabo una función deseada. En algunos casos, los uno o más de los electrodos 314 pueden encontrarse en contacto con el tejido cardíaco del paciente. En otros casos, uno o más de los electrodos 314 pueden estar implantados subcutáneamente, pero adyacentes al corazón del paciente. Los electrodos 314 pueden conducir a los cables 312 señales cardíacas eléctricas generadas intrínsecamente. Los cables 312 pueden conducir, a su vez, las señales cardíacas eléctricas recibidas hasta uno o más de los módulos 302, 304, 306 y 308 del MD 300. En algunos casos, el MD 300 puede generar señales de estimulación eléctrica, y los cables 312 pueden conducir las señales generadas de estimulación eléctrica hasta los electrodos 314. Los electrodos 314 pueden conducir, entonces, las señales de estimulación eléctrica al tejido cardíaco del paciente (bien directa o bien indirectamente).

Los cables 312 pueden contener, adicionalmente, uno o más sensores, tales como acelerómetros, sensores de la presión sanguínea, sensores de sonido cardíaco, sensores de oxígeno en sangre y/u otros sensores que están configurados para medir uno o más parámetros fisiológicos del corazón y/o del paciente. En tales ejemplos, el módulo 308 de detección mecánica puede encontrarse en comunicación eléctrica con los cables 312 y puede recibir señales generadas desde tales sensores.

Aunque no se requiere, en algunos ejemplos, el MD 300 puede ser un dispositivo médico implantable. En tales ejemplos, el alojamiento 320 del MD 300 puede implantarse, por ejemplo, en una región transtorácica del paciente. El alojamiento 320 puede incluir, en general, cualquiera de varios materiales conocidos que son seguros para su implantación en un cuerpo humano y, cuando está implantado, puede sellar herméticamente los diversos componentes del MD 300 contra fluidos y tejidos del cuerpo del paciente.

En algunos casos, el MD 300 puede ser un marcapasos cardíaco implantable (ICP). En estos ejemplos, el MD 300 puede tener uno o más cables, por ejemplo, los cables 312, que son implantados sobre o en el corazón del paciente. Los uno o más cables 312 pueden incluir uno o más electrodos 314 que se encuentran en contacto con tejido cardíaco y/o sangre del corazón del paciente. El MD 300 puede estar configurado para detectar señales eléctricas cardíacas generadas intrínsecamente y determinar, por ejemplo, una o más arritmias cardíacas en función del análisis de las señales detectadas. El MD 300 puede estar configurado para administrar una TRC, una terapia de ATP, una terapia de bradicardia y/u otras terapias mediante los cables 312 implantados en el corazón. En algunos ejemplos, el MD 300 puede estar configurado, adicionalmente, para proporcionar una terapia de desfibrilación.

En algunos casos, el MD 300 puede ser un cardioversor-desfibrilador implantable (CDI). En tales ejemplos, el MD 300 puede incluir uno o más cables implantados en el corazón de un paciente. El MD 300 también puede estar configurado para detectar señales cardíacas eléctricas, determinar incidencias de taquiarritmias en función de las señales cardíacas eléctricas detectadas y administrar una terapia de desfibrilación en respuesta a la determinación de una incidencia de una taquiarritmia. En otros ejemplos, el MD 300 puede ser un cardioversor-desfibrilador implantable subcutáneo (S-CDI). En ejemplos en los que el MD 300 es un S-CDI, uno de los cables 312 puede ser un cable

implantado subcutáneamente. En al menos algunos ejemplos en los que el MD 300 es un S-CDI, el MD 300 puede incluir únicamente un solo cable que está implantado subcutáneamente pero fuera de la cavidad torácica, sin embargo, esto no es requerido.

- 5 En algunos ejemplos, el MD 300 puede no ser un dispositivo médico implantable. Más bien, el MD 300 puede ser un dispositivo externo al cuerpo del paciente, los electrodos 314 pueden ser electrodos cutáneos que se colocan sobre el cuerpo de un paciente. En tales ejemplos, el MD 300 puede ser capaz de detectar señales eléctricas superficiales (por ejemplo, señales eléctricas cardíacas que son generadas por el corazón o señales eléctricas generadas por un dispositivo implantado en el cuerpo de un paciente y conducidas a través del cuerpo hasta la piel). En tales ejemplos,
10 el MD 300 puede estar configurado para administrar diversos tipos de terapia de estimulación eléctrica, incluyendo, por ejemplo, una terapia de desfibrilación.

La Figura 4 muestra un ejemplo de otro dispositivo, el dispositivo médico (MD) 400, que puede ser utilizado junto con el LCP 100 de la Figura 1 y/u otros dispositivos médicos para detectar y tratar arritmias cardíacas y/u otras afecciones del corazón. En el ejemplo mostrado, el MD 400 puede incluir un módulo 402 de comunicaciones, un módulo generador 404 de impulsos, un módulo 406 de detección eléctrica, un módulo 408 de detección mecánica, un módulo 410 de procesamiento y una fuente 418 de alimentación. Cada uno de estos módulos puede ser similar a los módulos 102, 104, 106, 108 y 110 del LCP 100. Sin embargo, el MD 400 puede ser un dispositivo médico externo. En consecuencia,
15 en algunos ejemplos, la fuente 418 de alimentación puede ser un convertidor de alimentación que convierte la energía suministrada externamente, por ejemplo, desde un enchufe de pared, en una forma adecuada para el MD 400.

El MD 400 puede incluir, adicionalmente, un medio 416 de visualización conectado con el módulo 410 de procesamiento. El medio 416 de visualización puede ser un monitor u otra pantalla que sea capaz de representar visualmente letras, números, gráficos y otras formas de información. En al menos algunos ejemplos, el medio 416 de visualización puede ser capaz de recibir una entrada por parte del usuario. Por ejemplo, el medio 416 de visualización puede ser un medio de visualización sensible al tacto. En otros ejemplos, el MD 400 puede incluir uno o más dispositivos periféricos de entrada, tales como un ratón y/o un teclado. Se contempla que el medio 416 de visualización pueda incorporarse en un alojamiento común con el MD 400, o que pueda encontrarse en un alojamiento separado.
25

El MD 400 puede incluir electrodos 414. En ejemplos en los que el MD 400 es un dispositivo médico externo, los electrodos 414 incluyen electrodos de parche cutáneo. Cuando los electrodos están conectados con la piel de un paciente, el MD 400 puede detectar señales eléctricas generadas en el paciente. En un ejemplo en el que el MD 400 incluye un módulo generador 404 de impulsos, el MD 400 puede ser capaz de administrar, adicionalmente, impulsos eléctricos al paciente a través de los electrodos 414. Por ejemplo, el módulo generador 404 de impulsos del MD 400 puede estar configurado para generar impulsos de estimulación eléctrica según una o más terapias de estimulación eléctrica, que son conducidos a través de los electrodos 414. Adicionalmente, el módulo 402 de comunicaciones puede estar configurado para generar señales conducidas de comunicaciones, que son conducidas a través de los electrodos 414 y al cuerpo. El módulo 408 de detección mecánica puede incluir uno o más dispositivos de detección, o estar conectado bien directamente o bien de forma comunicativa con los mismos, tales como acelerómetros, sensores de la presión sanguínea, sensores de sonido cardíaco, sensores de oxígeno en sangre y otros sensores que miden parámetros fisiológicos del corazón y/o del paciente.
30
35
40

En algunos ejemplos, el MD 400 puede ser un dispositivo de programación para programar uno o más dispositivos médicos distintos, tales como los mostrados en las Figuras 1-3. En algunos de estos ejemplos, el MD 400 puede no estar configurado para administrar terapias de estimulación eléctrica. Un usuario puede introducir uno o más parámetros en el medio externo 416 de visualización y/u otro dispositivo periférico, que envía los parámetros introducidos al módulo 410 de procesamiento. En al menos algunos ejemplos, el MD 400 puede ser utilizado para emitir una instrucción de ID (emparejamiento) a un dispositivo médico implantable, según se describe subsiguientemente con respecto a la Tabla 1. El módulo 410 de procesamiento puede dar instrucciones al módulo 402 de comunicaciones de que comunique los parámetros recibidos, u otros parámetros, a otros dispositivos médicos utilizando una o más formas de comunicaciones, tales como señales conducidas de comunicaciones, señales de radiofrecuencia (RF), un acoplamiento inductivo, señales ópticas, señales acústicas y/o cualquier otra señal adecuada. En la presente memoria se describen diversas técnicas de comunicaciones conducidas que pueden ser empleadas por los módulos 402 de comunicaciones para comunicar tales parámetros y/u otra información.
45
50
55

La Figura 5 ilustra un paciente 540 conectado con el sistema 500 de dispositivos médicos que incluye dispositivos tales como los descritos con respecto a las Figuras 1-4. La Figura 5 ilustra los dispositivos del sistema 500 implantados o colocados en diversas ubicaciones a modo de ejemplo. Por ejemplo, se muestran todos los LCP 502, 504, 506 implantados en una cámara distinta del corazón 550. Sin embargo, en algunos ejemplos, el corazón puede incluir múltiples LCP implantados en una única cámara, u otros LCP implantados en una parte externa del corazón 550. En otros ejemplos más, los LCP pueden implantarse en otras cámaras del corazón 550 o en distintas combinaciones de cámaras del corazón 550. La Figura 5 también muestra el LCP 518 implantado en una ubicación remota con respecto al corazón 550. Un IMD 508 puede ser un dispositivo similar a los descritos con respecto a la Figura 3, tales como un CDI, o un S-CDI, con el cable 509 conectado con electrodos 510 e implantado subcutáneamente. Se muestra un sensor 516 implantado cerca del pecho del paciente 540 y, en algunos casos, puede ser similar al MD 200, según se ha descrito con respecto a la Figura 2. El sensor 516 también puede estar implantado en una ubicación remota del
60
65

corazón. El dispositivo médico externo 512 puede no ser un dispositivo médico implantado. Más bien, el dispositivo médico externo 512 puede estar conectado con el paciente 540 a través de electrodos 514 de parche cutáneo o similares, y puede ser similar al MD 400, según se ha descrito con respecto a la Figura 4.

5 Ejemplos de ubicaciones remotas para el LCP 518 y el sensor 516 incluyen dispositivos implantados en las regiones cefálica, cervical, pectoral, torácica, abdominal, de extremidad superior y de extremidad inferior del paciente 500. Adicionalmente, las ubicaciones remotas incluyen sitios de implantación en o sobre un órgano o estructura corporal como tales ubicaciones en o sobre órganos tales como el cerebro, el pulmón, la boca, el esófago, el estómago, el hígado, la vesícula biliar, el riñón, el páncreas, el bazo, el intestino, el colon, la glándula suprarrenal, la vejiga, el útero,
10 el diafragma, hueso. Las ubicaciones remotas también incluyen sitios de implantación en vasos tales como vasos sanguíneos (por ejemplo, venas, arterias), vasos linfáticos (por ejemplo, tronco yugular, tronco intestinal) y vasos de vía aérea (por ejemplo, tráquea, bronquios).

Los dispositivos del sistema 500 pueden comunicarse mediante una vía de comunicaciones, por ejemplo, enviando y recibiendo datos, instrucciones, mensajes y/u otra información. Aunque se contempla que los dispositivos puedan comunicarse utilizando varias modalidades, tales como con señales de RF, un acoplamiento inductivo, señales ópticas o señales acústicas, en al menos algunos ejemplos, los dispositivos del sistema 500 pueden comunicarse utilizando una comunicación conducida. En consecuencia, los dispositivos 500 pueden tener componentes que permitan tal comunicación conducida. Según se ha expuesto anteriormente con respecto a las Figuras 1-4, cada uno de los
15 dispositivos del sistema 500 puede tener un módulo de comunicaciones. Cada módulo de comunicaciones puede estar configurado para generar señales conducidas de comunicaciones y transmitir las señales al cuerpo del paciente mediante uno o más electrodos acoplados, tales como los electrodos 502a, 502b, 504a, 504b, 506a, 506b, 510, 514, 518a y 518b. Aunque no se muestra específicamente en la Figura 5, el sensor 516 también puede incluir uno o más electrodos. Los módulos de comunicaciones pueden estar configurados, adicionalmente, para recibir señales conducidas de comunicaciones mediante los uno o más electrodos. En algunos ejemplos, los dispositivos pueden utilizar un módulo generador de impulsos para generar señales conducidas de comunicaciones en vez de un módulo de comunicaciones.

El tejido corporal del paciente puede conducir las señales conducidas de comunicaciones desde el dispositivo de transmisión hasta un dispositivo de recepción. En algunos casos, las señales conducidas de comunicaciones pueden ser señales de comunicaciones conducidas galvánicamente. Por ejemplo, un dispositivo de transmisión puede acoplar diferencialmente señales conducidas de comunicaciones en el tejido corporal del paciente 540, y el tejido corporal actúa como una línea de transmisión. El o los dispositivos de recepción pueden captar estas señales diferenciales. Esta técnica contrasta con las técnicas capacitivas, en las que las señales transmitidas y recibidas están referidas a
30 una fuente común de puesta a tierra.

Las señales conducidas de comunicaciones, descritas con más detalle con respecto a la Figura 6, pueden diferir de impulsos de estimulación cardíaca o de otras señales de terapia de estimulación eléctrica. Por ejemplo, los dispositivos del sistema 500 pueden suministrar al corazón señales conducidas de comunicaciones a una combinación de amplitud/anchura de impulso que está por debajo de un umbral, de manera que no capten el corazón. En algunos casos, la combinación de amplitud/anchura de impulso de las señales conducidas suministradas de comunicaciones puede encontrarse por encima del umbral de captura del corazón, pero pueden ser suministradas durante un periodo refractario del corazón y/o pueden incorporarse en un impulso de estimulación cardíaca, o modularse sobre el mismo,
45 si se desea.

Las señales conducidas de comunicaciones pueden ser impulsos de tensión, impulsos de corriente, impulsos bifásicos de tensión, impulsos bifásicos de corriente o cualquier otro impulso eléctrico adecuado, según se desee. En algunos ejemplos, las señales conducidas de comunicaciones pueden ser combinaciones de impulsos de tensión y de impulsos de corriente. En consecuencia, en ejemplos en los que las señales conducidas de comunicaciones incluyen impulsos de tensión, los dispositivos del sistema 500 pueden incluir circuitería apropiada, tal como un módulo de comunicaciones o un módulo generador de impulsos, para generar impulsos de tensión. Cuando se genere un impulso de tensión, se controla la amplitud de la tensión, y la amplitud de la corriente depende de la amplitud de la tensión y de la resistencia del medio de transmisión. En ejemplos en los que las señales conducidas de comunicaciones incluyen impulsos de corriente, los dispositivos del sistema 500 pueden incluir circuitería apropiada para generar impulsos de corriente. Cuando se genera un impulso de corriente, se controla la amplitud de la corriente, y la amplitud de la tensión depende de la amplitud de la corriente y de la resistencia del medio de transmisión. En ejemplos en los que las señales conducidas de comunicaciones comprenden impulsos tanto de tensión como de corriente, los dispositivos del sistema 500 pueden incluir circuitería apropiada para generar tanto, impulsos de tensión, como impulsos de corriente. Se describen con respecto a la Figura 6 algunas características a modo de ejemplo de las señales conducidas de comunicaciones que pueden ser utilizadas por los dispositivos del sistema 500.
50
55
60

Las señales conducidas de comunicaciones pueden ser moduladas de cualquier forma adecuada para codificar la información comunicada. Por ejemplo, y en algunos casos, las señales conducidas de comunicaciones pueden ser moduladas por anchura de impulsos. Alternativa, o adicionalmente, el tiempo entre señales conducidas sucesivas de comunicaciones puede ser modulado para codificar información deseada. Se describen con respecto a las Figuras 10-15 técnicas ilustrativas para codificar información con señales conducidas de comunicaciones y enviar mensajes entre
65

dispositivos.

Las Figuras 6A-6D ilustran algunas características a modo de ejemplo de señales conducidas de comunicaciones que pueden ser utilizadas por los dispositivos del sistema 500 cuando se comunican. Aunque se describen los ejemplos con respecto a señales conducidas de tensión, se contempla que los dispositivos del sistema 500 puedan utilizar señales conducidas de corriente.

La Figura 6A muestra un impulso a modo de ejemplo de tensión de comunicaciones que puede ser utilizado por dispositivos del sistema 500 en un esquema de comunicaciones conducidas. Específicamente, la Figura 6A muestra un impulso 602 de tensión de comunicaciones, que tiene una amplitud 604 de tensión y una anchura 606 de impulso. El impulso 602 de tensión de comunicaciones es un impulso monofásico de tensión de comunicaciones de polaridad positiva. En tales ejemplos, la amplitud 604 puede ser de tres, cuatro o cinco voltios, o cualquier otra amplitud adecuada. En algunos casos, la amplitud 604 puede correlacionarse con la tensión de la batería del dispositivo que genera el impulso de tensión. Por ejemplo, la amplitud 604 puede ser entre una y dos veces la tensión de la batería del dispositivo de generación. Si la tensión de la batería del dispositivo de generación es de seis voltios, entonces la amplitud 604 puede ser entre seis y 12 voltios. Se puede utilizar un multiplicador (no mostrado) de tensión para multiplicar la tensión de la batería para su uso en la generación de los impulsos de comunicaciones. La anchura 606 del impulso puede ser de uno, cinco, diez, quince, veinte microsegundos, o cualquier otra duración adecuada de tiempo.

La Figura 6B muestra otro impulso a modo de ejemplo de tensión de comunicaciones que puede ser utilizado por dispositivos del sistema 500 en un esquema de comunicaciones conducidas. La Figura 6B muestra un impulso 610 de tensión de comunicaciones, que tiene una amplitud 612 de tensión y una anchura 614 de impulso. A diferencia del impulso 602 de tensión de comunicaciones, el impulso 610 de tensión de comunicaciones es un impulso monofásico de tensión de comunicaciones de polaridad negativa. Es decir, la amplitud 612 es negativa. Por ejemplo, la amplitud 612 puede ser de tres voltios negativos, cuatro voltios negativos o cinco voltios negativos, o cualquier otra amplitud adecuada. La anchura 614 de impulso puede ser de uno, cinco, diez, quince, veinte microsegundos, o cualquier otra duración adecuada de tiempo. Como la amplitud 604, en algunos ejemplos, la amplitud 612 puede correlacionarse con una tensión de la batería del dispositivo que genera el impulso de tensión.

Ambas Figuras 6C y 6D muestran otros ejemplos de impulsos de tensión de comunicaciones que pueden ser utilizados por dispositivos del sistema 500 en un esquema de comunicaciones conducidas. La Figura 6C muestra un impulso 620 de tensión de comunicaciones, que es un impulso bifásico de tensión de comunicaciones que comienza con una porción positiva 620a y termina con una porción negativa 620b. Cada una de la porción positiva 620a y de la porción negativa 620b tiene amplitudes y anchuras de impulso individuales. Las amplitudes 626 y 628 pueden tener una magnitud de tres, cuatro o cinco voltios, o cualquier otra amplitud adecuada, teniendo la amplitud 626 un valor positivo y teniendo la amplitud 628 un valor negativo. Adicionalmente, en algunos ejemplos, las amplitudes 626 y 628 pueden correlacionarse con una tensión de la batería del dispositivo que genera el impulso de tensión. Cada una de las anchuras 622 y 624 de impulso puede ser de uno, cinco, diez, quince, veinte microsegundos, o cualquier otra duración adecuada de tiempo. En consecuencia, algunas anchuras totales a modo de ejemplo de impulso del impulso 620 de tensión de comunicaciones pueden ser de dos, diez, veinte, treinta, cuarenta microsegundos, o cualquier otra duración adecuada de tiempo. La Figura 6D muestra un impulso 640 de comunicaciones, que incluye una porción negativa 640a, una porción positiva 640b, anchuras 642 y 644 de impulso y amplitudes 646 y 648. El impulso 640 de tensión de comunicaciones es un impulso bifásico de tensión de comunicaciones similar al impulso 620 de tensión de comunicaciones, excepto que el impulso 640 de tensión tiene una porción negativa 640a que precede a la porción positiva 640b. Las anchuras 642 y 644 de impulso y las amplitudes 646 y 648 pueden tener valores similares a los descritos para el impulso 620 de tensión de comunicaciones, o distintos valores.

En algunos ejemplos, los impulsos de tensión de comunicaciones mostrados en las Figuras 6A-6D pueden tener amplitudes y anchuras de impulso que varían, bien entre impulsos o bien entre una porción positiva y una negativa de un impulso. Por ejemplo, cuando un dispositivo genera múltiples impulsos monofásicos de tensión de comunicaciones, el primer impulso de tensión de comunicaciones puede tener un primer conjunto de características, en términos de amplitud y de anchura de impulso, y un segundo impulso de tensión de comunicaciones puede tener un segundo conjunto de características, en donde al menos parte del segundo conjunto de características difiere del primer conjunto de características. En algunos casos, la polaridad entre impulsos monofásicos sucesivos de tensión de comunicaciones también puede variar. Aunque no se muestra, en algunos casos puede haber un retraso entre impulsos bifásicos. Por ejemplo, en las Figuras 6C y 6D puede haber un retraso entre los impulsos 620a y 620b o 640a y 640b, respectivamente. El retraso puede ser de uno, dos, cinco, diez microsegundos, o cualquier otra duración adecuada de tiempo.

En ejemplos en los que un dispositivo médico genera impulsos bifásicos de tensión de comunicaciones, la amplitud de la primera porción del impulso de tensión de comunicaciones puede diferir de la segunda porción del impulso de tensión de comunicaciones. Adicionalmente, la anchura de impulso de la primera porción del impulso de tensión de comunicaciones puede ser distinta de la segunda porción del impulso de tensión de comunicaciones. Aunque las características, en términos de amplitud y de anchura de impulso, e incluso de polaridad, pueden diferir entre impulsos bifásicos sucesivos de tensión de comunicaciones en vez de diferir entre distintas porciones del mismo impulso bifásico

de tensión de comunicaciones, o además de ello.

Según se ha expuesto anteriormente, los dispositivos del sistema 500 pueden generar impulsos de tensión de comunicaciones que son impulsos de tensión por debajo de un umbral, impulsos de tensión que no captan el corazón. Esto puede permitir que los dispositivos del sistema 500 se comuniquen en un amplio intervalo del ciclo cardiaco sin interferir con cualquier administración de terapia de estimulación eléctrica, por ejemplo, provocando una captura no deseable del corazón. En consecuencia, los impulsos conducidos de tensión de comunicaciones utilizados por los dispositivos del sistema 500 pueden tener, en general, características que se encuentran en una región segura 710, según se muestra en la Figura 7.

La Figura 7 muestra un gráfico 700, que es un gráfico de la amplitud de impulso en función de la anchura de impulso, en milivoltios y en milisegundos. La curva 702 representa las combinaciones de amplitudes de impulso y de anchuras de impulso de un impulso de tensión que, cuando es suministrado a los tejidos de un paciente, tiene como resultado la captura del corazón del paciente. En esta Figura, se ha determinado que cualquier combinación de amplitud de impulso y de anchura de impulso que se encuentre en la curva 702, o por encima y hacia la derecha de la curva 702, capta un corazón en modelos de ensayo animal. Se determinó que cualquier combinación de amplitud de impulso y de anchura de impulso que se encuentre por debajo y hacia la izquierda de la curva 702 no tiene como resultado la captura del corazón. Esta región se define como la zona segura 710.

En pacientes humanos, la curva 702 puede variar por paciente, y es un tanto una función del tiempo y/o de otros factores. En consecuencia, las combinaciones exactas de amplitudes de impulso y anchuras de impulso que tienen como resultado una captura y que no tienen como resultado una captura pueden variar, lo que tiene como resultado cierta imprevisibilidad con respecto a si una combinación dada de amplitud de impulso y de anchura de impulso captará el corazón. En algunos ejemplos, entonces, la región segura 710 puede ser las combinaciones de amplitudes de impulso y de anchuras de impulso que se encuentran por debajo y hacia la izquierda de una segunda curva, la curva 708. La segunda curva 708 puede ser de forma similar a la curva 702, solo desplazada hacia abajo y hacia la izquierda por un margen 706 de seguridad. Se puede establecer el margen 706 de seguridad de forma que, si la curva 702 cambia como una función del tiempo o de otros factores, la curva 702 no se desplazará por debajo y hacia la izquierda de la curva 708, o es estadísticamente improbable que lo haga. En consecuencia, en algunos ejemplos, la región segura 710 puede abarcar las combinaciones de amplitudes de impulso y de anchuras de impulso por debajo y hacia la izquierda de la curva 708, en vez de la curva 702.

Por consiguiente, los dispositivos del sistema 500 pueden estar configurados para generar impulsos de tensión de comunicaciones con características dentro de la región segura 710. En algunos ejemplos, la región segura 710 puede determinarse para un paciente particular, y los dispositivos del sistema 500 pueden estar configurados para generar impulsos de tensión de comunicaciones con una combinación de amplitud de impulso y de anchura de impulso que se encuentra en una región segura predeterminada 710. En algunos casos, uno o más de los dispositivos del sistema 500 pueden estar configurados para determinar la región segura 710 generando una pluralidad de impulsos de tensión con distintas características de amplitud de impulso y de anchura de impulso y determinando si los impulsos generados de tensión captan el corazón. En estos ejemplos, los dispositivos del sistema 500 pueden estar configurados para determinar de forma periódica una o más combinaciones de amplitudes de impulso y de anchuras de impulso que tienen como resultado la captura del corazón. Después de determinar qué combinaciones de características de impulsos de tensión tienen como resultado la captura, los dispositivos del sistema 500 pueden estar configurados únicamente para generar impulsos de tensión de comunicaciones que tienen menores amplitudes de impulso y/o menores anchuras de impulso que los impulsos de tensión que tuvieron como resultado una captura. Los dispositivos del sistema 500 pueden estar configurados, de forma alternativamente, para generar impulsos de tensión de comunicaciones con características que son una cantidad predeterminada inferior y/o menor que las características de los impulsos de tensión que tuvieron como resultado una captura, como un margen de seguridad. En algunos casos, los dispositivos del sistema 500 pueden estar configurados para generar impulsos de tensión en una región segura compuesta 710 que se predetermina en función de regiones seguras determinadas para una población de personas.

La Figura 8 es un diagrama de un circuito a modo de ejemplo 800 que puede ser utilizado por un dispositivo del sistema 500 para generar impulsos de tensión de comunicaciones. En el ejemplo mostrado, el circuito 800 puede ser una parte de un módulo de comunicaciones. O, en ejemplos en los que un módulo generador de impulsos genera impulsos de tensión de comunicaciones, el circuito 800 puede ser una parte de un módulo generador de impulsos. El circuito 800 puede incluir dobles interruptores 802a y 802b conectados con un primer electrodo y dobles interruptores 804a y 804b conectados con un segundo electrodo. El circuito ilustrativo 800 incluye, adicionalmente, una fuente 806 de tensión. El dispositivo que utiliza el circuito 800 puede operar interruptores 802a, 802b y 804a, 804b de una forma que produzca uno o más de los impulsos de tensión de comunicaciones descritos en la presente memoria. Por ejemplo, el dispositivo puede cerrar los interruptores 802a y 804b, y abrir los interruptores 802b y 804a, para producir un impulso de comunicaciones de amplitud positiva entre el electrodo A y el electrodo B. En cambio, el dispositivo puede cerrar los interruptores 802b y 804a, y abrir los interruptores 802a y 804b, para producir un impulso de comunicaciones de amplitud negativa entre el electrodo A y el electrodo B. Para producir un impulso bifásico de comunicaciones, el dispositivo puede cerrar los interruptores 802a y 804b, y abrir los interruptores 802b y 804a, para producir un impulso de comunicaciones de amplitud positiva entre el electrodo A y el electrodo B, y luego inmediatamente, o después de

un retraso predeterminado, cerrar los interruptores 802b y 804a, y abrir los interruptores 802a y 804b, para producir un impulso de comunicaciones de amplitud negativa entre el electrodo A y el electrodo B. El tiempo que los interruptores permanecen en el estado cerrado determinará la anchura correspondiente de impulso. En general, el dispositivo puede operar los interruptores 802a, 802b, 804a y 804b de cualquier forma para producir varios distintos impulsos de tensión de comunicaciones, tales como los descritos con respecto a las Figuras 6A-6D.

La Figura 9 es un diagrama esquemático de un circuito ilustrativo 900 que un dispositivo del sistema 500 que puede ser utilizado para detectar impulsos de tensión de comunicaciones. Por ejemplo, el circuito 900 puede incluirse en un módulo de comunicaciones de un dispositivo. El circuito ilustrativo 900 muestra dos entradas conectadas con terminales positivo y negativo de amplificador operativo 908. Las entradas, por ejemplo, un primer electrodo y uno segundo, están conectadas con interruptores 902 y 904, respectivamente. Los interruptores 902 y 904 son conmutados conjuntamente, normalmente, y pueden ser utilizados para controlar cuándo el circuito 900 detecta impulsos de comunicaciones. Por ejemplo, los interruptores 902 y 904 pueden ser abiertos cuando se prevé que se suministre un impulso de estimulación cardíaca, cuando se prevé que se suministre una descarga eléctrica, cuando se prevé que se produzca un latido cardíaco intrínseco y/o en otros momentos.

La primera entrada del circuito 900 puede estar acoplada a una entrada positiva del amplificador operativo 908 a través de uno o más elementos de circuito. En al menos un ejemplo, los elementos de circuito pueden incluir un condensador 906a y una resistencia eléctrica 906c. En tales ejemplos, el condensador 906a y la resistencia eléctrica 906c pueden operar como un filtro de paso alto antes de que se introduzca la señal en el terminal positivo del amplificador 908, atenuando, de ese modo, las señales de baja frecuencia. De una forma similar, la segunda entrada puede estar acoplada a la entrada negativa del amplificador operativo 908 a través de uno o más elementos de circuito. En el ejemplo de la Figura 9, la segunda entrada está acoplada a la entrada negativa del amplificador operativo 908 por medio del condensador 906b y de la resistencia eléctrica 906d. El condensador 906b y la resistencia eléctrica 906d pueden funcionar para operar como un filtro de paso alto antes de que se introduzca la señal en el terminal negativo del amplificador operativo 908, atenuando, de ese modo, las señales de baja frecuencia.

El circuito 950 de recepción, que incluye el amplificador operativo 908, puede recibir las señales de dos electrodos según se ha descrito anteriormente. Según pasa la señal a través del circuito 950 de recepción, los diversos elementos pueden cooperar para amplificar y/o filtrar la señal diferencial para reducir el ruido y/o mejorar características de cualquier impulso de tensión de comunicaciones presente en la señal. Entonces, la señal puede salir del circuito 950 de recepción como una señal amplificada y/o filtrada en 940. La señal amplificada y/o filtrada puede ser introducida, entonces, en un procesador u otro circuito que puede detectar uno o más impulsos de tensión de comunicaciones.

El circuito 950 de recepción puede contener uno o más amplificadores y/o elementos de filtrado. Por ejemplo, el circuito 950 de recepción puede contener amplificadores 920 y 930. Más específicamente, la salida del amplificador 908 puede ser introducida en el terminal positivo del amplificador 920. La salida del amplificador 920 puede ser modificada por uno o más elementos 925 de circuito antes de ser introducida de nuevo al terminal negativo del amplificador 920. La salida del amplificador 920 también puede ser introducida en el terminal positivo del amplificador 930, y se puede introducir una señal del convertidor digital a analógico en el terminal negativo del amplificador 930. Entonces, la salida del amplificador 930 puede ser la señal amplificada y/o filtrada que sale del circuito 950 de recepción en 940.

En al menos algunos ejemplos, los dispositivos del sistema 500 pueden estar recibiendo y procesando señales constantemente. Por ejemplo, los interruptores 902 y 904 pueden ser cerrados constantemente, conduciendo las señales detectadas al circuito 900. En otros ejemplos, los dispositivos del sistema 500 pueden recibir y procesar las señales al menos una mayoría del tiempo (por ejemplo, para una mayoría de cada ciclo cardíaco). En consecuencia, el circuito 900 puede estar diseñado para ser de baja potencia para mejorar la vida de la batería. En algunos ejemplos, el circuito 900 puede estar diseñado para que tenga una sensibilidad de un milivoltio o menos, con un intervalo de entrada lineal de 1 a 100 milivoltios, pero este es solo un ejemplo. El circuito 900 puede estar configurado para una impedancia de la fuente de entre 300 y 1500 ohmios, pero, de nuevo, este es únicamente un ejemplo.

En algunos casos, los dispositivos del sistema 500 pueden utilizar el tiempo transcurrido entre los impulsos de tensión de comunicaciones para codificar la información. La Figura 10 proporciona algunas técnicas a modo de ejemplo para codificar información utilizando el tiempo transcurrido entre impulsos de tensión de comunicaciones. La Figura 10 muestra un gráfico de cuatro impulsos a modo de ejemplo 1010a-1010d de tensión de comunicaciones. Los impulsos 1010a-1010d de tensión de comunicaciones están separados por tres periodos diferenciados de tiempo, 1002, 1004 y 1006, respectivamente. En el ejemplo mostrado, el último periodo 1008 de tiempo no separa un impulso 1010d de tensión de comunicaciones de otro impulso de tensión de comunicaciones. Más bien, el periodo 1008 de tiempo es simplemente una duración umbral de tiempo que se extiende desde el impulso 1010d de tensión de comunicaciones, sin un impulso subsiguiente 1010 de tensión de comunicaciones que se produzca antes del final de la duración umbral de tiempo. En algunos casos, los dispositivos del sistema 500 pueden identificar símbolos de comunicaciones en función de la duración del tiempo entre los impulsos 1010a-1010d de tensión de comunicaciones. Por ejemplo, si el tiempo entre dos impulsos de tensión de comunicaciones se encuentra en un primer intervalo de tiempo, entonces se puede identificar un primer símbolo. Si el tiempo entre dos impulsos de tensión de comunicaciones se encuentra en un segundo intervalo de tiempo, entonces se puede identificar un segundo símbolo. Si el tiempo entre dos impulsos de tensión de comunicaciones se encuentra en un tercer intervalo de tiempo, entonces se puede identificar un tercer

símbolo, etcétera. En un ejemplo, se identifica un símbolo de sincronización cuando el tiempo entre dos impulsos de tensión de comunicaciones se encuentra en un intervalo de 800-1100 microsegundos, se identifica un símbolo "1" cuando el tiempo entre dos impulsos de tensión de comunicaciones se encuentra en un intervalo de 550-700 microsegundos y se identifica un símbolo "0" cuando el tiempo entre dos impulsos de tensión de comunicaciones se encuentra en un intervalo de 350-450 microsegundos. En algunos casos, los símbolos "0" y "1" se corresponden con bits "0" y "1", respectivamente, dado que los dispositivos del sistema 500 pueden operar en un sistema numérico de base dos. Estos son solo algunos ejemplos. Se contempla que se puede incluir cualquier número de distintos símbolos en el protocolo de comunicaciones, con distintos símbolos asignados a distintos momentos o intervalos de tiempo. En algún caso, si un impulso de tensión de comunicaciones no es seguido por otro impulso de tensión de comunicaciones en menos de una cantidad umbral de tiempo (por ejemplo, el periodo 1008 de tiempo), se puede identificar un símbolo de fin de trama (EOF). La cantidad umbral de tiempo (por ejemplo, el periodo 1008 de tiempo) puede ser, por ejemplo, de 1250 microsegundos o más.

En algunos casos, se puede hacer un seguimiento del tiempo entre los impulsos de tensión de comunicaciones utilizando un reloj interno. Se contempla que el dispositivo de transmisión puede incluir un reloj interno que oscila a una frecuencia de reloj. Asimismo, el dispositivo de recepción puede incluir un reloj interno que oscila a la misma frecuencia de reloj (o distinta). Cuando así se provea, se puede asignar a cada símbolo que ha de ser comunicado un número distinto de ciclos de reloj entre impulsos de tensión de comunicaciones. Por ejemplo, se puede asignar a un símbolo de sincronización 24 ciclos de reloj, que, para una frecuencia de reloj de 25,6 kHz, se correspondería con un retraso entre impulsos de tensión de comunicaciones de aproximadamente 938 microsegundos. Se puede proporcionar un intervalo para ayudar a compensar el ruido, cambios de temperatura, variaciones de tensión, la deriva del reloj, etc. El intervalo puede ser, por ejemplo, +/- 10 %, o en el ejemplo proporcionado anteriormente, puede ser desde aproximadamente 844 microsegundos hasta aproximadamente 1032 microsegundos. Se puede asignar un símbolo "1" a 16 ciclos de reloj, que, para una frecuencia de reloj de 25,6 kHz, se correspondería con un retraso entre impulsos de tensión de comunicaciones de aproximadamente 625 microsegundos. Se puede proporcionar un intervalo en torno a esta cifra para ayudar a compensar el ruido, cambios de temperatura, variaciones de tensión, la deriva del reloj, etc. El intervalo puede ser, por ejemplo, de +/- 10 %, o en el ejemplo proporcionado anteriormente, puede ser desde aproximadamente 563 microsegundos hasta aproximadamente 688 microsegundos. Asimismo, se puede asignar un símbolo "0" a 10 ciclos de reloj, que, para una frecuencia de reloj de 25,6 kHz, se correspondería con un retraso entre impulsos de tensión de comunicaciones de aproximadamente 391 microsegundos. Se puede proporcionar un intervalo en torno a esta cifra para ayudar a compensar el ruido, cambios de temperatura, variaciones de tensión, la deriva del reloj, etc.

Para transmitir un símbolo deseado, el dispositivo de transmisión puede proporcionar un primer impulso de tensión de comunicaciones, luego contar el número de ciclos de reloj que se corresponde con el símbolo deseado (por ejemplo, 16 ciclos de reloj para un símbolo "1"), y luego proporcionar un segundo impulso de comunicaciones. Cuando el dispositivo de recepción recibe el primer impulso de tensión de comunicaciones, el dispositivo de recepción puede comenzar a contar los ciclos del reloj interno. Cuando se recibe el segundo impulso de comunicaciones, el dispositivo de recepción puede dejar de contar los ciclos de reloj. Entonces, el dispositivo de recepción puede comparar el número de ciclos contados de reloj interno con el número de ciclos de reloj asignado a cada símbolo. Cuando se encuentra una coincidencia, el símbolo deseado es identificado por el dispositivo de recepción.

En algunos casos, la precisión de los relojes internos en el dispositivo de transmisión y/o en el dispositivo de recepción puede degradarse con el paso del tiempo. Debido a esta degradación, los dispositivos del sistema 500 pueden comenzar a determinar duraciones de tiempo de forma distinta con respecto a duraciones absolutas de tiempo, y posiblemente mutuamente relacionados si los relojes de los dispositivos se degradan entre sí de forma distinta. En consecuencia, en ejemplos en los que los periodos 1002, 1004, 1006 y 1008 de tiempo son intervalos de tiempo, los dispositivos del sistema 500 pueden seguir interpretando correctamente los símbolos incluso después de cierto nivel de degradación del reloj.

En algunos casos, los dispositivos del sistema 500 pueden estar configurados para reconfigurar sus relojes internos de forma periódica o de otra forma. Por ejemplo, un primer dispositivo puede emitir una señal de comienzo de calibración, una señal de fin de calibración y la duración de tiempo entre las dos señales según es determinada por el dispositivo emisor. Cada dispositivo distinto puede calibrar, entonces, su reloj interno de forma que el periodo de tiempo entre las dos señales de calibración sea idéntico a la duración de tiempo enviada por el dispositivo emisor. Tal reconfiguración puede ayudar a garantizar que un reloj de un dispositivo no se aleje demasiado con respecto al de otros dispositivos del sistema, de modo que el dispositivo se vuelva funcionalmente inoperativo.

Cualesquiera sean las duraciones exactas de los periodos 1002, 1004, 1006 y 1008 de tiempo, en algunos ejemplos, el periodo 1002 de tiempo puede ser mayor que cualquiera de los periodos 1004 y 1006 de tiempo. En tales ejemplos, esta disposición puede evitar una transmisión accidental de uno o más símbolos de un dispositivo a otro dispositivo, o que un dispositivo interprete ruido como la comunicación de uno o más símbolos. Por ejemplo, los dispositivos del sistema 500 pueden transmitir impulsos de tensión de comunicaciones para comunicar un símbolo de sincronización antes de transmitir uno o más símbolos distintos, y los dispositivos de recepción pueden ignorar cualquier otro símbolo recibido antes de recibir un símbolo de sincronización. En algunas situaciones, un dispositivo de recepción puede recibir un primer impulso verdadero de tensión de comunicaciones, pero luego recibir ruido después de una duración

de tiempo menor que el periodo 1002 de tiempo. Si el ruido tiene una morfología similar a un impulso de tensión de comunicaciones, el dispositivo de recepción puede interpretar el ruido como un impulso de tensión de comunicaciones. Sin embargo, dado que el ruido se produjo después de una duración de tiempo menor que el periodo 1002 de tiempo, incluso si el ruido se produjo a una duración de tiempo que indica un símbolo "0" o un símbolo "1", el dispositivo de recepción ignoraría esos símbolos dado que el dispositivo de recepción no había recibido aún un símbolo de sincronización. De esta forma, los dispositivos del sistema 500 pueden eliminar símbolos transmitidos de forma errónea o interpretados equivocadamente.

En algunos casos, el dispositivo de recepción puede aplicar un periodo de supresión inmediatamente después de recibir cada impulso de tensión de comunicaciones. Durante el periodo de supresión, el dispositivo de recepción puede ignorar cualquier señal recibida de comunicaciones. Esto puede ayudar adicionalmente a reducir el ruido que podría surgir inmediatamente después de que se interprete un impulso de tensión de comunicaciones como un impulso válido de tensión de comunicaciones. El periodo de supresión puede encontrarse en cualquier punto entre un cuarto y tres cuartos de la duración del periodo 1002 de tiempo, o cualquier otra duración adecuada de tiempo. En un ejemplo, el periodo de supresión puede ser, por ejemplo, de aproximadamente 250 microsegundos. En algunos casos, el dispositivo de transmisión puede aplicar un periodo similar de supresión, durante y/o después de la transmisión de un impulso de tensión de comunicaciones. Tal periodo de supresión puede ayudar a evitar que la circuitería del dispositivo de transmisión, que detecta las señales conducidas de comunicaciones procedentes de otros dispositivos, detecte los impulsos de tensión de comunicaciones generados por el dispositivo de transmisión.

En la Figura 10, el o los dispositivos de recepción del sistema 500 pueden identificar el tiempo transcurrido 1002 entre los impulsos 1010a y 1010b de tensión de comunicaciones, e interpretar ese tiempo transcurrido 1002, por ejemplo, como un símbolo de sincronización. Asimismo, el o los dispositivos de recepción del sistema 500 pueden identificar el tiempo transcurrido 1004 entre los impulsos 1010b y 1010c de tensión de comunicaciones, e interpretar el tiempo transcurrido 1004, por ejemplo, como un símbolo "1". Además, el o los dispositivos de recepción del sistema 500 pueden identificar el tiempo transcurrido 1006 entre impulsos 1010c y 1010d de tensión de comunicaciones, e interpretar el tiempo transcurrido 1006, por ejemplo, como un símbolo "0". En algunos casos, el o los dispositivos de recepción del sistema 500 pueden detectar que el impulso 1010d de tensión de comunicaciones no es seguido por otros impulsos de tensión de comunicaciones dentro de la cantidad umbral de tiempo 1008, y pueden interpretar eso como un símbolo de fin de trama (EOF). Este ejemplo particular es solo ilustrativo, y se contempla que se puedan utilizar distintos símbolos, distintos retrasos de tiempo y distintas secuencias, dependiendo de la aplicación.

En algunos ejemplos, los dispositivos del sistema 500 están escuchando continuamente (aunque posiblemente interrumpidos por periodos de supresión) en busca de señales conducidas de comunicaciones. Es decir, los dispositivos del sistema 500 pueden no enviar señales de activación o establecer conexiones específicas de comunicaciones antes de enviar señales conducidas de comunicaciones a otros dispositivos. En cambio, los dispositivos del sistema 500 pueden depender de impulsos de sincronización como una señal a los otros dispositivos del sistema 500 de que el dispositivo de transmisión está enviando un mensaje. En algunos casos, un símbolo de EOF puede ser una señal de que el dispositivo de transmisión ha comunicado todo el mensaje.

En el ejemplo de la Figura 10, se muestra que los periodos 1002, 1004, 1006 y 1008 de tiempo son medidos desde un frente anterior de cada impulso 1010 de tensión de comunicaciones. Sin embargo, en otros ejemplos, los periodos 1002, 1004, 1006 y 1008 de tiempo pueden ser medidos a partir de otras características de los impulsos 1010 de tensión de comunicaciones. Por ejemplo, los dispositivos del sistema 500 pueden medir periodos 1002, 1004, 1006 y 1008 de tiempo desde el frente posterior de los impulsos 1010 de tensión de comunicaciones. En otros ejemplos más, los dispositivos del sistema 500 pueden medir periodos 1002, 1004, 1006 y 1008 de tiempo desde el punto de inflexión de los impulsos 1010 de tensión de comunicaciones. Adicionalmente, los dispositivos del sistema 500 pueden no comenzar a medir un periodo de tiempo desde una característica de los impulsos 1010 de tensión de comunicaciones, por ejemplo, el frente anterior, hasta que la amplitud del impulso de tensión de comunicaciones alcanza un nivel umbral. En algunos casos, los dispositivos del sistema 500 pueden medir periodos 1002, 1004, 1006 y 1008 de tiempo desde un punto de cruce por cero de los impulsos 1010 de tensión de comunicaciones. Estos son solo algunos ejemplos.

La Figura 11 ilustra un mensaje a modo de ejemplo 110 que puede ser utilizado por los dispositivos del sistema 500 para comunicar datos, instrucciones y/u otra información. El mensaje ilustrativo 1100 puede ser un mensaje de instrucción que incluye una instrucción para provocar que otro dispositivo adopte una acción. El mensaje 1100 puede incluir un campo 1102 de sincronización, un campo 1104 de dirección, un campo 1106 de instrucción, un campo 1108 de carga útil, un campo 1110 de comprobación de errores y un campo 1112 de EOF. El campo 1102 de sincronización del mensaje 1100 puede incluir uno o más símbolos de sincronización. Según se ha expuesto anteriormente, un símbolo de sincronización puede indicar a los dispositivos de recepción que se está iniciando un mensaje.

El campo 1104 de dirección puede incluir símbolos que representan una dirección relativa del dispositivo (RDA). Cada dispositivo del sistema 500 puede tener una RDA que identifica de forma única al dispositivo en el sistema 500. En algunos ejemplos, la RDA puede incluir tres bits, lo que permite ocho dispositivos con RDA únicas. Sin embargo, en otros ejemplos, el campo 1104 de dirección puede tener más o menos bits de RDA, según se desee.

El campo 1104 de dirección puede identificar los dispositivos a los que se dirige el mensaje. Según se ha descrito anteriormente, en algunos ejemplos, los dispositivos del sistema 500 pueden estar escuchando constantemente en busca de señales conducidas de comunicaciones. En consecuencia, cada impulso de tensión de comunicaciones enviado por un dispositivo de transmisión puede ser recibido por todos los dispositivos del sistema 500. Sin embargo, una vez que un dispositivo ha recibido un símbolo de sincronización y una RDA, el dispositivo puede intentar equiparar su propia RDA (almacenada en la memoria local) con la RDA recibida. Si el dispositivo determina que su RDA no coincide con la RDA recibida, el dispositivo puede ignorar el resto del mensaje. En algunos ejemplos, esto puede significar simplemente que el dispositivo puede no emprender acción en función del campo 1106 de instrucción en el mensaje. En otros ejemplos, el dispositivo puede comenzar un periodo de supresión o deshabilitar de otra forma su circuitería que detecta señales conducidas de comunicaciones. Si un dispositivo determina que la RDA recibida coincide con su propia RDA, el dispositivo puede continuar procesando el mensaje, por ejemplo, emprender una acción según una instrucción recibida. De esta forma, los dispositivos del sistema 500 pueden dirigir mensajes a dispositivos específicos en el sistema. Según se utiliza en la presente memoria, la expresión “dispositivo de recepción” puede indicar cualquier dispositivo que detecta las señales conducidas de comunicaciones, por ejemplo, todos los dispositivos del sistema dentro del alcance de las señales conducidas de comunicaciones. La presente divulgación utiliza la expresión “dispositivo previsto” para indicar a cuál dirige un dispositivo de transmisión un mensaje.

En algunos ejemplos, los dispositivos del sistema 500 pueden tener múltiples RDA asociadas. Puede ser deseable en algunos ejemplos que los dispositivos del sistema 500 dirijan mensajes a múltiples dispositivos. En ejemplos en los que un dispositivo solo tiene una única RDA única, el dispositivo de transmisión enviaría múltiples mensajes separados, cada uno con una RDA distinta. Sin embargo, en ejemplos en los que los dispositivos tienen más de una RDA asociada, al menos una de las RDA asociadas puede no ser única. Como ejemplo, dos dispositivos separados pueden tener sus propias RDA únicas asociadas y una segunda RDA no única que es la misma para ambos dispositivos. En consecuencia, para dirigir un mensaje a ambos dispositivos, un dispositivo de transmisión solo necesitaría un único mensaje con la segunda RDA, dado que la segunda RDA está asociada con ambos dispositivos. De esta forma, un dispositivo puede tener, en general, una RDA única y cualquier número adecuado de RDA no únicas que también están asociadas con uno o más dispositivos distintos para facilitar la comunicación de un dispositivo a un número de dispositivos. En al menos algunos ejemplos, cada dispositivo puede tener una RDA que es la misma en todos los dispositivos en el sistema. En consecuencia, cuando un dispositivo envía un mensaje con tal RDA, el mensaje es dirigido a todos los dispositivos en el sistema 500. Aunque se ha descrito que los dispositivos del sistema 500 tienen RDA que tienen una longitud de tres bits, otros sistemas pueden tener RDA que tienen más o menos bits. Se puede escoger la longitud específica de una RDA según el número de dispositivos únicos en un sistema y las combinaciones deseadas de dispositivos con el fin de dirigir mensajes.

En un mensaje a modo de ejemplo, el campo 1106 de instrucción puede incluir una instrucción de tres bits. Sin embargo, en otros ejemplos, el campo de instrucción puede tener cualquier número de bits. El campo de instrucción puede representar una instrucción mediante el dispositivo de transmisión para que el dispositivo o los dispositivos de recepción lleven a cabo una de un número de instrucciones predefinidas.

El campo 1108 de carga útil puede incluir uno o más bits de datos que el dispositivo de transmisión incluye en el mensaje. Para algunas instrucciones, el dispositivo de recepción puede necesitar los datos, la dirección y/u otra información incluida en el campo 1108 de carga útil para emprender la acción deseada en función de la instrucción recibida en el campo 1106 de instrucción. En algunos ejemplos, el campo 1108 de carga útil tiene un intervalo de posibles tamaños, tales como cero bits hasta veinticuatro bits. Sin embargo, en otros ejemplos, el campo 1108 de carga útil puede ser cualquier otro tamaño adecuado. De forma alternativa, el campo de carga útil puede tener una longitud fija, que en algunos casos puede depender de la instrucción especificada en el campo 1106 de instrucción. Por ejemplo, para una instrucción de “Leer byte”, el campo 1108 de carga útil puede ser una dirección de nueve bits. Sin embargo, para una instrucción de “Escribir byte”, el campo 1108 de carga útil puede incluir una dirección de nueve bits y un campo de datos de ocho bits para un total de diecisiete bits.

El campo 1110 de comprobación de errores puede incluir un código de comprobación de errores, que el dispositivo de recepción puede utilizar para determinar si el mensaje recibido se corrompió durante la transmisión. Por ejemplo, el contenido del campo 1110 de errores puede incluir bits que son utilizados por el dispositivo de recepción en un esquema de comprobación de la paridad, en un esquema de suma de comprobación, en un esquema de comprobación cíclica de la redundancia y/o en algún otro tipo de esquema de comprobación de errores. El campo 1110 de comprobación de errores también puede incluir un esquema de corrección de errores. Por ejemplo, el campo 1110 de comprobación de errores puede incluir códigos de corrección de Hamming, de Reed-Solomon u otros.

En algunos ejemplos, si el dispositivo de recepción determina que el mensaje se corrompió, el dispositivo de recepción puede enviar una instrucción al dispositivo de transmisión para que vuelva a enviar el mensaje. Sin embargo, en algunos sistemas a modo de ejemplo, puede no haber una instrucción para solicitar que el dispositivo de transmisión vuelva a enviar el mensaje (dado que falta en la Tabla 1). En tales ejemplos, si el mensaje corrompido era un mensaje de instrucción, el dispositivo de recepción puede no emprender ninguna acción ni enviar ningún mensaje de respuesta (descrito a continuación con respecto a la Figura 12). Después de no recibir un mensaje de respuesta en un periodo predeterminado de tiempo, el dispositivo de transmisión puede volver a enviar el mensaje de instrucción. Si el mensaje corrompido era un mensaje de respuesta, el dispositivo que envió el mensaje de instrucción puede simplemente enviar

el mensaje de instrucción de nuevo para desencadenar otro mensaje de respuesta.

El campo 1112 de EOF puede ser simplemente un símbolo de EOF que el dispositivo de transmisión incluye para indicar el final del mensaje. Según se ha descrito anteriormente, en algunos ejemplos, el dispositivo de recepción puede identificar un símbolo de EOF en función de una ausencia de un impulso de tensión de comunicaciones durante un periodo umbral de tiempo (en vez de un periodo específico de tiempo entre dos impulsos de tensión de comunicaciones). En tales ejemplos, el campo 1112 de EOF puede representar simplemente una ausencia de un impulso generado de tensión de comunicaciones en una duración umbral de tiempo por el dispositivo de transmisión, a diferencia de la transmisión de cualquier señal o bit afirmativo.

La siguiente Tabla 1 enumera algunas instrucciones a modo de ejemplo que un dispositivo del sistema 500 puede llevar a cabo, junto con los tres bits que identifican la instrucción (expresada en hexadecimal en la Tabla 1):

TABLA 1

Tipo de instrucción	N.º de INST	RDA	Carga útil de la INST	Respuesta	Descripción
Reinicializar	0x0	RDA	Ninguna	ACK	Provocar una reinicialización del sistema
ID (emparejamiento)	0x3	Nueva RDA	ID único del dispositivo de 24 bits [23:0] = n.º de serie	ACK si el n.º de serie coincide; de lo contrario, ninguna	Asignar la RDA en el mensaje al dispositivo si la carga útil de 24 bits coincide con el número de serie.
Leer byte	0x4	RDA	9 bits [8:0] = dirección	Byte si es válido; de lo contrario, ninguna	Leer un byte de un único dispositivo de la dirección especificada.
Escribir byte	0x6	RDA	17 bits [16:8] = dirección [7:0] = datos	Ack si es válido; de lo contrario, ninguna	Escribir un byte de un único dispositivo en la dirección especificada.
Leer múltiples	0x7	RDA	17 bits [16:8] = dirección [7:0] = recuento	Múltiples bytes si es válido; de lo contrario, ninguna	Leer hasta 8 bytes consecutivos del dispositivo. El primer byte en la carga útil será el valor de la dirección. El segundo byte será el siguiente consecutivo, etcétera.
ACK	0x1	RDA	0 bits		Dar acuse de recibo de una instrucción de ID, de PING o de ESCRIBIR_BYTE.
PING	0x1	RDA	0 bits	ACK	Utilizado para una interrogación más rápida de los dispositivos.
DEBUG	0x5	Global	9 bits [8:0] = dirección	Byte si es válido; de lo contrario, ninguna	Esta instrucción especial puede ser utilizada para identificar dos dispositivos con una RDA global. El tiempo de espera para esta instrucción se basará en los últimos 6 bits del número de serie del dispositivo. El tiempo de espera será igual a 20 ms × el número_serie [5:0]. Esto permite que dos dispositivos respondan sin corromperse entre sí.
ABIERTA	0x2	RDA	ND	ND	Ranura abierta para una futura instrucción.

La columna "Tipo de instrucción" enumera los nombres de las diversas instrucciones que un dispositivo puede incluir en el mensaje ilustrativo 1100 de la Figura 11. La columna "nº de INST" hace referencia a un código específico de tres bits para identificar de forma única a cada instrucción. En la Tabla 1, se expresa el código de tres bits en un formato

hexadecimal. En consecuencia, 0x0 puede expresarse en binario como 000, 0x1 puede expresarse como 001, 0x2 puede expresarse como 010, etcétera. Cuando se prevé que el dispositivo de recepción reciba la instrucción de tres bits, ese dispositivo puede equiparar los tres bits recibidos con las instrucciones expresadas en la Tabla 1, y puede emprender la acción solicitada en función de la instrucción identificada. En algunos sistemas, se pueden definir más instrucciones y cada instrucción puede ser identificada por medio de un mayor número de bits. La columna "RDA" identifica el tipo de RDA que el dispositivo de transmisión necesita incluir en los mensajes para cada instrucción. La columna "Carga útil de la INST" identifica los datos específicos que el dispositivo de transmisión necesita incluir en el mensaje para cada instrucción. La columna "Respuesta" describe el tipo de respuesta que el dispositivo (o dispositivos) previsto de recepción devolverá para cada instrucción. Finalmente, la columna "Descripción" proporciona una descripción general de la función de cada instrucción. Las descripciones de cada una de las instrucciones enumeradas en la Tabla 1 son según se describen a continuación:

Instrucción de reinicialización

Después de que un dispositivo recibe una instrucción de "Reinicialización" (y tiene una RDA que coincide con la RDA especificada en el campo de RDA de la instrucción de Reinicialización), el dispositivo de recepción lleva a cabo una reinicialización. En un ejemplo, el dispositivo de recepción puede cortar la alimentación temporalmente a su módulo de procesamiento y/o al circuito de memoria. Este ciclo de alimentación puede provocar que el circuito de memoria pierda uno o más parámetros almacenados, por ejemplo, si el circuito de memoria incluye al menos una porción de memoria volátil. En algunos casos, el circuito de memoria puede incluir al menos una porción de memoria no volátil. En tales ejemplos, el dispositivo puede retener uno o más parámetros que son almacenados en la porción de memoria no volátil. Aunque un ciclo de alimentación es una forma de llevar a cabo una reinicialización, se contempla que se pueda utilizar cualquier método adecuado para reinicializar el dispositivo de recepción.

Instrucción de ID (Emparejamiento)

Después de recibir la instrucción "ID (emparejamiento)", un dispositivo de recepción puede asociarse con una RDA específica. En un ejemplo, cada dispositivo de recepción puede tener un identificador único almacenado en una memoria no volátil. Como un ejemplo utilizado en la presente memoria, el identificador único puede ser un número de serie asociado con un dispositivo, tal como en el momento de su fabricación o a partir de entonces. Antes de asociarse con cualquier RDA, un dispositivo puede recibir y procesar todos los mensajes como si el dispositivo fuese el dispositivo previsto de recepción. Si se recibe un mensaje que incluye una instrucción de ID (emparejamiento), el dispositivo de recepción puede determinar si el número de serie especificado en el campo de carga útil coincide con su propio número de serie. Si los números de serie coinciden, el dispositivo de recepción puede asociar la RDA especificada en el campo de dirección del propio mensaje; y almacenarla RDA en su memoria local (memoria no volátil o volátil). En algunos ejemplos, este emparejamiento solo puede realizarse una vez para cada dispositivo en toda la vida del dispositivo, mientras que, en otros casos, este emparejamiento puede realizarse en cualquier momento adecuado. En algunos ejemplos, un dispositivo que no ha de ser parte de un sistema de dispositivos médicos para administrar una terapia de estimulación eléctrica a un paciente puede emitir una o más instrucciones de ID (emparejamiento) a cada dispositivo médico de un sistema de dispositivos médicos para asignar RDA a cada uno de los dispositivos médicos. El dispositivo programador solo puede ser utilizado una vez antes de la implantación, o en el momento de la misma, de los dispositivos médicos en un paciente o solo puede ser utilizado en momentos limitados, tales como en un entorno de consulta médica, para recuperar información de los dispositivos médicos del sistema o cambiar configuraciones de los dispositivos médicos. En consecuencia, puede no ser el caso en algunos ejemplos que el dispositivo que envía instrucciones de ID (emparejamiento) también sea un dispositivo que se comunica con dispositivos del sistema de dispositivos médicos para administrar una terapia de estimulación eléctrica al paciente.

Instrucción de leer byte

Si un dispositivo de recepción recibe una instrucción "Leer byte" (y tiene una RDA que coincide con la RDA que se especifica en el campo de RDA de la instrucción de Leer byte), el dispositivo de recepción lee el byte de datos almacenado en la dirección incluida en el campo de carga útil del mensaje, y envía el byte solicitado de datos al dispositivo de transmisión.

Instrucción de escribir byte

Si un dispositivo recibe una instrucción "Escribir byte" (y tiene una RDA que coincide con la RDA que se especifica en el campo de RDA de la instrucción de Escribir byte), el dispositivo de recepción puede escribir el byte de datos especificado en el campo de carga útil del mensaje en la dirección especificada en el campo de carga útil del mensaje. En el ejemplo mostrado, nueve bits del campo de carga útil pueden especificar una dirección de memoria, y ocho bits pueden especificar los datos que han de ser escritos. En algunos ejemplos, el campo de carga útil del mensaje puede estar estructurado de forma distinta.

Instrucción de leer múltiples

Si un dispositivo recibe una instrucción "Leer múltiples" (y tiene una RDA que coincide con la RDA que se especifica

en el campo de RDA de la instrucción de Leer múltiples), el dispositivo de recepción puede leer múltiples bytes de datos de su memoria, y enviar los múltiples bytes de datos al dispositivo de transmisión. En un ejemplo, el campo de carga útil del mensaje puede especificar una dirección inicial de memoria al igual que un número de bytes. El dispositivo de recepción puede leer los bytes de datos comenzando en la dirección inicial especificada de memoria y seguir leyendo direcciones subsiguientes de memoria hasta que se haya leído el número especificado de bytes, y luego enviar los bytes solicitados de datos al dispositivo de transmisión. En algunos ejemplos, el dispositivo de recepción puede leer de direcciones consecutivas que aumentan con respecto a la dirección inicial especificada. En otros ejemplos, el dispositivo de recepción puede leer de direcciones consecutivas que disminuyen con respecto a la dirección inicial especificada de memoria. En otros ejemplos más, el dispositivo de transmisión puede especificar si el dispositivo de recepción debería leer y enviar datos de las direcciones de memoria que aumentan o disminuyen con respecto a la dirección inicial especificada de memoria.

Instrucciones de ACK y Ping

Si un dispositivo recibe una instrucción "ACK" (y tiene una RDA que coincide con la RDA que se especifica en el campo de RDA de la instrucción de ACK), el mensaje no tiene un campo de carga útil, y el dispositivo de recepción puede no emprender ninguna acción en función de la instrucción. Si un dispositivo de recepción recibe una instrucción "PING" (y tiene una RDA que coincide con la RDA que se especifica en el campo de RDA de la instrucción de PING), el dispositivo de recepción puede simplemente responder con un mensaje que tiene una instrucción "ACK". Al igual que la instrucción "ACK", un mensaje que incluye una instrucción "PING" puede no tener ningún campo de carga útil.

Instrucción de corrección de errores (debug)

La instrucción "DEBUG" puede ser enviada en un mensaje con una RDA que es compartida por al menos dos dispositivos (por ejemplo, una RDA global tal como 111). La instrucción de DEBUG puede incluir un campo de carga útil que especifica una dirección de memoria. Cada dispositivo previsto de recepción (en función de la RDA) puede leer datos almacenados en la dirección especificada de memoria y enviar los datos de vuelta al dispositivo de transmisión. Cada dispositivo previsto de recepción puede enviar los datos en distintos momentos. En un ejemplo, cada dispositivo previsto de recepción puede esperar un número distinto de milisegundos antes de enviar los datos, de forma que los dispositivos previstos no envíen los datos leídos al mismo tiempo. En algunos ejemplos, cada dispositivo puede determinar esperar un tiempo en función de una ecuación con los últimos seis números del número de serie del dispositivo como una variable. Por ejemplo, cada dispositivo puede esperar veinte microsegundos multiplicado por los últimos seis bits del número de serie del dispositivo.

Instrucción abierta

Finalmente, puede haber una instrucción no definida asociada con un identificador único de tres bits (por ejemplo, 0x2). En la Tabla 1, la instrucción está marcada "ABIERTA". Posteriormente, se pueden programar dispositivos de forma que la instrucción ABIERTA provoque que el dispositivo previsto emprenda alguna acción. Por ejemplo, la instrucción ABIERTA puede ser utilizada para asignar y/o desasignar RDA no únicas a un único dispositivo para permitir una mensajería más compleja entre múltiples dispositivos sin afectar a las RDA únicas asociadas. Este es únicamente un ejemplo.

Con referencia ahora a la Figura 12, la Figura 12 ilustra un mensaje ilustrativo 1200 que puede ser utilizado por los dispositivos del sistema 500 para comunicar datos y otra información. El mensaje 1200 puede ser, por ejemplo, un mensaje de respuesta enviado por un dispositivo de recepción en respuesta a la recepción de un mensaje de instrucción. En el ejemplo mostrado, el mensaje 1200 puede incluir un campo 1202 de sincronización, un campo 1204 de dirección, un campo 1206 de respuesta, un campo 1208 de carga útil, un campo 1210 de comprobación de errores y/o un campo 1212 de EOF. El campo 1202 de sincronización, el campo 1204 de dirección, el campo 1208 de carga útil, el campo 1210 de comprobación de errores y el campo 1212 de EOF pueden ser similares al campo 1102 de sincronización, al campo 1104 de dirección, al campo 1108 de carga útil, al campo 1110 de comprobación de errores y al campo 1112 de EOF, según se han descrito con respecto a la Figura 11.

Una diferencia entre el mensaje ilustrativo 1200 y el mensaje ilustrativo 1100 es que el mensaje 1200 tiene un campo 1206 de respuesta en vez de un campo de instrucción, tal como el campo 1106 de instrucción. Según se ha expuesto anteriormente, un mensaje con un campo de instrucción puede incluir una instrucción para que un dispositivo previsto de recepción emprenda alguna acción. Un dispositivo de recepción puede enviar un mensaje de respuesta con un campo de respuesta en respuesta a un mensaje de instrucción. Un campo 1206 de respuesta (y, a veces, el campo de carga útil) puede incluir algún tipo de respuesta explícita al mensaje recibido de instrucción. Por ejemplo, después de recibir un mensaje con la instrucción de ID (emparejamiento), y después de que el dispositivo previsto de recepción equipare su número de serie con el número de serie en el campo de carga útil del mensaje recibido de instrucción de ID (emparejamiento), el dispositivo previsto de recepción puede enviar un mensaje de respuesta de vuelta al dispositivo de transmisión. En algunos casos, el mensaje de respuesta puede incluir una referencia a la instrucción de ACK en el campo 1206 de respuesta. En algunos casos, el mensaje de respuesta puede no incluir nada en el campo 1208 de carga útil. Sin embargo, si el dispositivo de recepción no equipara el número de serie recibido con su propio número de serie, el dispositivo de recepción puede no emprender ninguna acción ni enviar ningún mensaje de

respuesta de vuelta al dispositivo de transmisión.

Si un dispositivo previsto de recepción recibe una instrucción de “Leer byte”, de “Leer múltiples” o de “DEBUG”, el dispositivo de recepción puede leer los datos solicitados de una o más direcciones de memoria. En respuesta a la recepción de cualquiera de las instrucciones, el dispositivo previsto de recepción puede enviar un mensaje de respuesta que difiere del mensaje 1200 de respuesta. Por ejemplo, el mensaje de respuesta puede incluir un campo 1202 de sincronización, un campo 1204 de dirección, un campo 1208 de carga útil, un campo 1210 de comprobación de errores y/o un campo 1212 de EOF. Este mensaje de respuesta puede carecer del campo 1206 de respuesta. El campo 1208 de carga útil de tales mensajes de respuesta puede contener los datos solicitados leídos de las una o más direcciones de memoria. En otros ejemplos, el mensaje de respuesta también puede incluir el campo 1204 de respuesta.

Si un dispositivo previsto de recepción recibe una instrucción de “Escribir byte”, de “Reinicializar” o de “Ping” en un mensaje de instrucción, el dispositivo previsto de recepción puede enviar un mensaje de respuesta de vuelta al dispositivo de transmisión con una instrucción de ACK en el campo 1206 de respuesta. Este mensaje de respuesta puede no tener ningún campo 1208 de carga útil.

Aunque en la anterior descripción, en algunos ejemplos, los mensajes de instrucción y los mensajes de respuesta pueden omitir uno o más campos de un mensaje, esto puede no ser cierto en todos los casos. Por ejemplo, según se ha descrito anteriormente, en un mensaje de instrucción que tiene una instrucción de “PING”, el mensaje de instrucción puede no incluir el campo 1108 de carga útil. Sin embargo, en otros ejemplos, el mensaje de instrucción puede incluir un campo vacío de carga útil. Por ejemplo, el campo de carga útil puede incluir todo ceros. En tales mensajes, el mensaje puede ser más largo. Sin embargo, cada mensaje puede ser de un tamaño constante (por ejemplo, el mismo número de bits), lo que puede permitir una implementación menos compleja para el procesamiento de mensajes. Adicionalmente, puede no ocurrir que los campos 1108 y 1208 de carga útil difieran en función de tipos de instrucción. Por ejemplo, los campos 1108 y 1208 de carga útil pueden tener un tamaño fijo. El tamaño fijo puede estar basado en una máxima cantidad de datos que ha de ser transferida en un único mensaje. En situaciones en las que un mensaje no necesita todo un campo de carga útil para que se transmitan los datos, el resto del campo de carga útil puede estar vacío, por ejemplo, completado con ceros. De nuevo, esto puede tener como resultado mensajes con longitudes constantes.

De la forma descrita anteriormente, cada campo descrito en las figuras 11 y 12 puede comprender un conjunto de impulsos de comunicaciones. Por ejemplo, para transmitir información cada campo puede incluir una pluralidad de impulsos de comunicaciones para transmitir múltiples bits que comprendan la información transmitida. Sin embargo, en algunos ejemplos, un único impulso de comunicaciones puede ser suficiente para transmitir información a un dispositivo de recepción. En consecuencia, en algunos casos, un “conjunto” de impulsos de comunicaciones puede incluir únicamente un solo impulso de comunicaciones, mientras que en otros casos un “conjunto” de impulsos de comunicaciones puede incluir múltiples impulsos de comunicaciones.

La Figura 13 es un diagrama de flujo de un método ilustrativo 1300 que puede ser llevado a cabo por un dispositivo de recepción. Un dispositivo de recepción puede recibir un mensaje de instrucción, según se muestra en 1302. El dispositivo puede determinar si la RDA contenida en el campo 1104 de dirección del mensaje de instrucción coincide con la RDA única del dispositivo de recepción, según se muestra en 1304. Si la RDA en el mensaje de instrucción no coincide con la RDA única del dispositivo de recepción, el dispositivo de recepción puede ejecutar la referencia de instrucción en el campo 1106 de instrucción del mensaje de instrucción, según se muestra en 1306, y luego salir, según se muestra en 1350. Si la RDA en el mensaje de instrucción no coincide con la RDA única del dispositivo de recepción, por ejemplo, debido a que la RDA en el mensaje de instrucción es distinta de la RDA única del dispositivo de recepción o el dispositivo de recepción no tiene aún una RDA única asociada, el dispositivo de recepción puede determinar si la instrucción en el campo de instrucción es la instrucción de ID (emparejamiento), según se muestra en 1308. Si la instrucción es la instrucción de ID (emparejamiento), el dispositivo de recepción puede determinar si el campo de carga útil del mensaje coincide con el número único de serie del dispositivo de recepción, según se muestra en 1310. Si el campo de carga útil sí coincide con el número único de serie del dispositivo de recepción, el dispositivo de recepción puede establecer su RDA igual a la RDA en el campo de dirección del mensaje, según se muestra en 1312. Si el campo de carga útil no coincide con el número único de serie del dispositivo de recepción, el dispositivo de recepción puede ignorar la instrucción, según se muestra en 1314, y salir según se muestra en 1350.

Si la instrucción no es la instrucción de ID (emparejamiento), el dispositivo de recepción puede determinar si la RDA del mensaje de instrucción es una de las RDA no únicas del dispositivo de recepción, según se muestra en 1316. Por ejemplo, según se ha descrito anteriormente, cada dispositivo de recepción puede tener un número de RDA no únicas asociadas además de cada RDA única del dispositivo de recepción. Si la RDA del mensaje de instrucción no es una de las RDA no únicas del dispositivo de recepción, el dispositivo de recepción puede ignorar la instrucción, según se muestra en 1320 y salir según se muestra en 1350. Sin embargo, si la RDA del mensaje de instrucción es una de las RDA no únicas del dispositivo de recepción, el dispositivo de recepción puede ejecutar la instrucción, según se muestra en 1318, y salir según se muestra en 1350.

En algunos ejemplos, un dispositivo de recepción puede responder de forma distinta a mensajes de instrucción en

función de si la RDA del mensaje de instrucción es una de las RDA no únicas del dispositivo de recepción o la RDA única del dispositivo de recepción. Por ejemplo, en algunos casos, un dispositivo de recepción puede llevar a cabo las funciones descritas anteriormente con respecto a la Tabla 1 para un mensaje dado de instrucción si el mensaje de instrucción incluía la RDA única del dispositivo de recepción. Sin embargo, el dispositivo de recepción puede comportarse de forma distinta de una o más de las instrucciones si la RDA del mensaje de instrucción es una de las RDA no únicas del dispositivo de recepción. En un ejemplo, una de las RDA no únicas de un dispositivo de recepción puede ser una RDA global, por ejemplo, una RDA que es compartida por todos los dispositivos de un sistema. Si el dispositivo de recepción recibe un mensaje de instrucción con la RDA global, y la instrucción es una instrucción de Escribir byte o una instrucción de Reinicialización, el dispositivo de recepción puede llevar a cabo esas funciones, pero puede no enviar un mensaje de respuesta con una respuesta de ACK. Adicionalmente, si la instrucción es una instrucción de Ping, de Leer byte o de Leer múltiples, el dispositivo de recepción puede ignorar estas instrucciones. En otros sistemas, un dispositivo de recepción puede ejecutar las instrucciones de estas distintas formas únicamente si el mensaje de instrucción incluye una de las RDA no únicas del dispositivo de recepción y el dispositivo de recepción aún no ha establecido su RDA única. Estos son únicamente ejemplos.

En algunos ejemplos, un dispositivo puede estar preprogramado con una RDA. Por ejemplo, un módulo de procesamiento o un módulo de memoria puede estar preprogramado con una RDA específica, de forma que cuando se incorpore el módulo de procesamiento o el módulo de memoria en un dispositivo, el dispositivo tenga, entonces, una RDA. En otros ejemplos, un dispositivo puede estar conectado directamente con un dispositivo de programación, y el dispositivo de programación puede establecer la RDA del dispositivo. En tales ejemplos, un dispositivo puede no incluir una instrucción específica de ID. Por ejemplo, el dispositivo puede no reconocer una instrucción de ID y puede no cambiar o establecer una RDA después de recibir una instrucción de ID. En tales ejemplos, en vez de llevar a cabo un método tal como se ha descrito con respecto a la Figura 13, incluyendo la determinación de si una instrucción recibida es una instrucción de ID, el dispositivo puede simplemente ignorar cualquier mensaje que no incluya una RDA que sea idéntica a su propia RDA.

Las Figuras 14 y 15 ilustran diversos esquemas de sincronización de envío de mensajes de instrucción y de mensajes de respuesta. La Figura 14 representa visualmente un mensaje 1402 de instrucción y un mensaje 1404 de respuesta en una línea 1406 de tiempo. El mensaje 1402 de instrucción y el mensaje 1404 de respuesta están separados por un tiempo 1408 de espera. En algunos ejemplos, el tiempo 1408 de espera puede ser de medio milisegundo. Sin embargo, en otros ejemplos, el tiempo 1408 de espera puede ser un cuarto, tres cuartos, uno o dos milisegundos, o cualquier otra duración adecuada de tiempo. En algunos casos, el tiempo 1408 de espera puede ser un valor fijo o uno variable, que puede depender de factores tales como, por ejemplo, el ruido del sistema, la relación de señal-ruido, la intensidad de la señal, la potencia de procesamiento del dispositivo de recepción, el nivel de batería del dispositivo de recepción, el número de dispositivos de recepción en el sistema general, etc.

Según se ha detallado anteriormente con respecto a las Figuras 6A-6D, cada uno del mensaje de instrucción y del mensaje de respuesta puede ser una comunicación que utiliza una pluralidad de impulsos separados de comunicaciones, teniendo cada uno una amplitud y una anchura de impulso. Se contempla que la amplitud y/o la anchura de impulso de los impulsos de tensión de comunicaciones utilizados para enviar el mensaje 1402 de instrucción puedan ser distintas de la amplitud y/o de la anchura de impulso de los impulsos de tensión de comunicaciones utilizados para enviar el mensaje 1404 de respuesta.

Más en general, cuando un primer dispositivo médico implantable envía un primer mensaje (por ejemplo, el mensaje 1402 de instrucción o el mensaje 1404 de respuesta) desde el primer dispositivo médico implantable hasta un segundo dispositivo médico implantable, la pluralidad de impulsos separados de comunicaciones puede tener una primera amplitud y una primera anchura de impulso. Cuando el segundo dispositivo médico implantable envía un segundo mensaje (por ejemplo, un mensaje 1404 de respuesta o un mensaje 1402 de instrucción) desde el segundo dispositivo médico implantable hasta el primer dispositivo médico implantable, la pluralidad de impulsos separados de comunicaciones puede tener una segunda amplitud y una segunda anchura de impulso. En algunos casos, la primera amplitud y la segunda amplitud pueden ser sustancialmente idénticas (por ejemplo, +/- 10 %), pero la primera anchura de impulso y la segunda anchura de impulso pueden ser sustancialmente distintas. En algunos casos, la segunda anchura de impulso puede ser 2, 3, 4, 5 o más veces la primera anchura de impulso. En algunos casos, la primera amplitud y la segunda amplitud pueden ser sustancialmente distintas, y la primera anchura de impulso y la segunda anchura de impulso pueden ser sustancialmente idénticas (por ejemplo, +/- 10 %). En algunos casos, la segunda amplitud puede ser 2, 3, 4, 5 o más veces la primera amplitud. En algunos casos, la primera amplitud y la segunda amplitud pueden ser sustancialmente distintas, y la primera anchura de impulso y la segunda anchura de impulso pueden ser sustancialmente distintas.

En algunos casos, el primer dispositivo médico implantable puede ser un cardioversor subcutáneo implantable, y el segundo dispositivo médico implantable puede ser un marcapasos cardíaco implantable sin cables. Este es únicamente un ejemplo. Sin embargo, debido a las distintas ubicaciones de cada uno de estos dispositivos en el cuerpo, al igual que otros factores tales como la capacidad de la batería, la cantidad de energía que puede proporcionarse en los impulsos de comunicaciones sin provocar la captura y/o sin provocar un drenaje excesivo de la batería, puede ser sustancialmente distinta. Por estas y otras razones, la amplitud y/o la anchura de impulso de los impulsos de comunicaciones emitidos por cada uno de los dispositivos pueden ser distintas.

La Figura 15 ilustra diversos esquemas de sincronización para implementar mensajes de instrucción y mensajes de respuesta. Se muestra un electrocardiograma a modo de ejemplo 1500 que incluye un número de ciclos cardíacos, mostrados como ondas QRS 1502a-1502c, y pares de mensajes 1504 y 1515 de instrucción y de respuesta. Los dispositivos del sistema 500, además de detectar señales conducidas de comunicaciones según se ha descrito anteriormente, también pueden detectar la actividad eléctrica cardíaca tal como latidos cardíacos intrínsecos y/o estimulados. En algunos ejemplos, se pueden detectar latidos cardíacos intrínsecos y/o estimulados identificando ondas QRS 1502a-1502c del electrocardiograma 1500. En otro ejemplo, los latidos cardíacos intrínsecos y/o estimulados pueden ser detectados identificando la onda R de las ondas QRS 1502a-1502c del electrocardiograma 1500. Con independencia de cómo se detectan los latidos cardíacos intrínsecos y/o estimulados, los dispositivos del sistema 500 pueden estar configurados para comenzar un periodo de supresión de mensajes en torno a las ondas QRS detectadas 1502a-1502c, por ejemplo, periodos 1510a-1510c de supresión de mensajes. Los dispositivos del sistema 500 pueden estar configurados para no enviar ningún mensaje de instrucción o de respuesta durante tales periodos 1510a-1510c de supresión de mensajes. Dicho de otra forma, los dispositivos del sistema 500 pueden estar configurados para permitir una comunicación entre los dispositivos del sistema 500 excepto durante los periodos de supresión.

En algunos casos, los periodos 1510a-1510c de supresión son iniciados después de que se detecte un latido cardíaco intrínseco, y pueden prolongarse durante un periodo de tiempo a partir de entonces. Por ejemplo, los periodos 1510a-1510c de supresión pueden iniciarse después de detectar una onda P de una señal de latido cardíaco. En otros ejemplos, los periodos 1510a-1510c de supresión pueden no comenzar hasta después de que se detecte la onda S de las ondas QRS 1502a-1502c. En otros ejemplos más, los periodos 1510a-1510c de supresión pueden comenzar cuando se detecta la onda R correspondiente de las ondas QRS 1502a-1502c.

En algunos ejemplos, un dispositivo puede detectar el latido cardíaco (por ejemplo, una onda QRS) mientras se encuentra en el proceso de enviar un mensaje, según se ilustra con la onda QRS 1502c solapándose con el mensaje 1505 de instrucción de un par de mensajes de instrucción y de respuesta. En tales ejemplos, el dispositivo de transmisión puede cesar el envío del mensaje tras la detección de la onda QRS 1502c e iniciar el periodo 1510c de supresión, según se indica en la Figura 15, aunque, en otros ejemplos, el dispositivo de transmisión puede continuar enviando el mensaje. En cualquiera de estos ejemplos, es posible que el mensaje pueda no ser recibido de forma apropiada, bien debido a que el mensaje fue cortado antes de tiempo o bien debido a que la relación de señal-ruido de la transmisión puede ser baja debido al "ruido" provocado por la onda QRS 1502c. Una vez que ha pasado el periodo 1510c de supresión, el dispositivo puede enviar el mensaje de instrucción una segunda vez, según se indica mediante el par 1515 de mensajes de instrucción y de respuesta. De forma similar, si un dispositivo que envía un mensaje de respuesta detecta un latido cardíaco durante la comunicación del mensaje de respuesta, el dispositivo puede volver a enviar el mensaje de respuesta una segunda vez después del final de un periodo de supresión, aunque, en otros ejemplos, el dispositivo de transmisión puede cesar, en cambio, el envío del mensaje de respuesta y no volver a enviar el mensaje de respuesta después del final de un periodo de supresión. En consecuencia, el dispositivo que envió el mensaje de instrucción puede no recibir dentro de una cantidad predeterminada de tiempo. En tales ejemplos, el dispositivo que envió el mensaje de instrucción puede volver a enviar el mensaje de instrucción una segunda vez que pediría otro mensaje de respuesta del dispositivo de recepción, según se ha descrito anteriormente con respecto a las Figuras 11 y 12 y la tabla 1.

Los dispositivos del sistema 500 puede detectar, adicionalmente, impulsos de estimulación, representados ilustrativamente mediante el impulso 1506 de estimulación. En tales ejemplos, los dispositivos pueden estar configurados para implementar un periodo de supresión después de detectar un impulso 1506 de estimulación, tal como el periodo 1512 de supresión. En al menos algunos ejemplos, el periodo 1512 de supresión puede ser mayor que cualquiera de los periodos 1510a-c de supresión, según se muestra en la Figura 15. Sin embargo, en otros ejemplos, aunque el periodo 1512 de supresión sea mayor que cualquiera de los periodos 1510a-c de supresión, el periodo 1512 de supresión puede terminar en un tiempo similar después del latido estimulado 1502b, dado que los periodos 1510a y 1510b de supresión terminan después de los latidos intrínsecos 1502a y 1502c. Los dispositivos del sistema 500 pueden abordar la detección del impulso 1506 de estimulación durante la transmisión de un mensaje de una forma similar a la detección de ondas QRS 1502a-15102c durante la transmisión de un mensaje. Por ejemplo, los dispositivos pueden estar configurados para volver a enviar cualquier mensaje o porción de un par de mensajes después del final del periodo 1512 de supresión que se solapa en el tiempo con un impulso 1506 de estimulación. De nuevo, en algunos ejemplos, los dispositivos pueden continuar enviando el mensaje incluso después de la detección de un impulso 1506 de estimulación, pero en otros ejemplos los dispositivos pueden cesar el envío del mensaje tras la detección de un impulso 1506 de estimulación.

En ejemplos en los que un dispositivo comienza el periodo 1512 de supresión, el dispositivo puede no instituir, además, un periodo de supresión en respuesta a la detección de una onda QRS, tal como el periodo 1510b de supresión. Sin embargo, en otros ejemplos, el dispositivo también puede instituir un periodo 1510b de supresión además del periodo 1512 de supresión. En tales ejemplos, el dispositivo puede no enviar o no volver a enviar ningún mensaje hasta que ambos periodos 1512 y 1510b de supresión hayan terminado.

La Figura 16 es un diagrama de flujo de un método ilustrativo que puede ser implementado por un dispositivo médico

implantable, tal como se muestra en las Figuras 1-4, o un sistema de dispositivos médicos, tal como se muestra en la Figura 5. Aunque se describirá el método de la Figura 16 con respecto al LCP 100 y al MD 300, el método ilustrativo de la Figura 16 puede llevarse a cabo utilizando cualquier dispositivo médico o sistema de dispositivos médicos adecuado.

5 Según el método mostrado en la Figura 16, se puede implantar un primer dispositivo médico, tal como el MD 300, en un paciente, tal como si el MD 300 es un ICP, un CDI, un S-CDI, o puede estar dispuesto en proximidad al paciente, tal como si el MD 300 es un dispositivo médico externo. El MD 300 puede ser parte de un sistema de dispositivos médicos junto con un segundo dispositivo médico, tal como el LCP 100. En tal sistema de dispositivos médicos, el MD
10 300 puede generar un primer impulso de comunicaciones en un primer instante y un segundo impulso de comunicaciones en un segundo instante, según se muestra en 1602. Entonces, el LCP 100 puede recibir el primer impulso de comunicaciones en un tercer instante y el segundo impulso de comunicaciones en un cuarto instante, según se muestra en el tiempo 1604. El LCP 100 puede determinar, además, uno de tres o más símbolos en función, al menos en parte, de la diferencia de tiempo entre el tercer instante y el cuarto instante, según se muestra en 1606.
15 De esta forma, el MD 300 y el LCP 100 pueden comunicar instrucciones, respuestas, datos y/u otros mensajes entre los dispositivos.

La Figura 17 es un diagrama de flujo de un método ilustrativo que puede ser implementado por medio de un dispositivo médico implantable, tal como se muestra en las Figuras 1-4, o un sistema de dispositivos médicos tal como se muestra
20 en la Figura 5. Aunque se describirá el método de la Figura 17 con respecto al LCP 100 y al MD 300, el método ilustrativo de la Figura 17 puede llevarse a cabo utilizando cualquier dispositivo médico o sistema de dispositivos médicos adecuado.

Según el método mostrado en la Figura 17, se puede implantar un primer dispositivo médico, tal como el MD 300, en
25 un paciente, tal como si el MD 300 es un ICP, un CDI, un S-CDI, o puede estar dispuesto en proximidad al paciente, tal como si el MD 300 es un dispositivo médico externo. El MD 300 puede ser parte de un sistema de dispositivos médicos junto con un segundo dispositivo médico, tal como el LCP 100. En tal sistema de dispositivos médicos, uno del LCP 100 y del MD 300 puede comunicar impulsos conducidos consecutivos de comunicaciones al otro del LCP
30 100 y del MD 300, según se muestra en 1702. Entonces, el dispositivo de recepción puede recibir los impulsos conducidos consecutivos de comunicaciones, según se muestra en 1704. El dispositivo de recepción puede determinar, además, una cantidad de tiempo entre al menos impulsos conducidos consecutivos seleccionados de comunicaciones, según se muestra en 1706. Después de determinar una cantidad de tiempo entre impulsos conducidos consecutivos de comunicaciones, la recepción puede determinar, entonces, uno de tres o más símbolos para cada cantidad determinada de tiempo en función, al menos en parte, de la cantidad determinada de tiempo,
35 según se muestra en 1708. Finalmente, el dispositivo de recepción puede almacenar el símbolo determinado en una memoria, según se muestra en 1710. De esta forma, el dispositivo de transmisión puede comunicar instrucciones, respuestas, datos y/u otros mensajes al dispositivo de recepción.

Los expertos en la técnica reconocerán que la presente divulgación puede manifestarse en varias formas aparte de
40 los ejemplos específicos descritos y contemplados en la presente memoria. Por ejemplo, según se ha descrito en la presente memoria, diversos ejemplos incluyen uno o más módulos descritos que llevan a cabo diversas funciones. Sin embargo, otros ejemplos pueden incluir módulos adicionales que dividen las funciones descritas en más módulos que los descritos en la presente memoria. Adicionalmente, otros ejemplos pueden consolidar las funciones descritas en menos módulos. En consecuencia, puede haber desviaciones en forma y en detalle sin alejarse del alcance de la
45 presente divulgación según se describe en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo médico implantable (100) que comprende:
 5 un o más electrodos (114, 114');
 un controlador (110) acoplado al uno o más electrodos (114, 114'), estando el controlador (110) configurado para recibir un primer impulso de comunicaciones no de estimulación cardíaca en un instante de primer impulso de comunicaciones y un segundo impulso de comunicaciones no de estimulación cardíaca en un segundo instante de impulso de comunicaciones mediante el uno o más electrodos (114, 114'); y
 10 estando el controlador (110) configurado, adicionalmente, para identificar uno de tres o más símbolos en función, al menos en parte, de la diferencia de tiempo entre el instante de primer impulso de comunicaciones y el instante de segundo impulso de comunicaciones;
 en donde el controlador está configurado para:
- 15 un símbolo "0" si la diferencia entre el instante de primer impulso de comunicaciones y el instante de segundo impulso de comunicaciones se corresponde a una primera diferencia de tiempo; y
 un símbolo "1" si la diferencia entre el instante de primer impulso de comunicaciones y el instante de segundo impulso de comunicaciones se corresponde a una segunda diferencia de tiempo;
 en donde la primera diferencia de tiempo se corresponde a un primer intervalo de tiempo y la segunda diferencia de tiempo se corresponde a un segundo intervalo de tiempo, en donde el primer intervalo de tiempo no se solapa con el segundo intervalo de tiempo.
2. El dispositivo médico implantable (110) de la reivindicación 1, en donde el primer intervalo de tiempo se encuentra entre 200-450 microsegundos y el segundo intervalo de tiempo se encuentra entre 500-800 microsegundos.
- 25 3. El dispositivo médico implantable (110) de una cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en donde el controlador está configurado para identificar un símbolo de fin de trama si, después de recibir un impulso de comunicaciones, una cantidad umbral de tiempo expira sin recibir otro impulso de comunicaciones.
- 30 4. El dispositivo médico implantable (110) de una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde los tres o más símbolos comprenden:
- un símbolo "0";
 un símbolo "1"; y
 un símbolo de sincronización.
- 35 5. El dispositivo médico implantable (110) de una cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en donde el primer impulso de comunicaciones y el segundo impulso de comunicaciones son impulsos de comunicaciones conducidos por debajo de un umbral que no captan el corazón de un paciente, y en donde el controlador recibe el primer impulso de comunicaciones y el segundo impulso de comunicaciones del tejido del paciente.
- 40 6. El dispositivo médico implantable (110) de la reivindicación 5, en donde cada uno del primer impulso de comunicaciones y del segundo impulso de comunicaciones tiene una combinación de una amplitud y de una anchura de impulso que no captan el corazón del paciente.
- 45 7. El dispositivo médico implantable (110) de una cualquiera de las reivindicaciones 5-6, en donde el primer impulso de comunicaciones y el segundo impulso de comunicaciones son impulsos de comunicaciones conducidos galvánicamente.
- 50 8. El dispositivo médico implantable (110) de una cualquiera de las reivindicaciones 5-7, en donde el primer impulso de comunicaciones y el segundo impulso de comunicaciones comprenden:
- impulsos de tensión conducidos por debajo de un umbral;
 impulsos de corriente conducidos por debajo de un umbral; o
 una combinación de impulsos de tensión conducidos por debajo de un umbral y de impulsos de corriente conducidos por debajo de un umbral.
- 55 9. El dispositivo médico implantable (110) de una cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en donde el primer impulso conducido de comunicaciones y el segundo impulso conducido de comunicaciones comprenden:
- 60 impulsos monofásicos;
 impulsos bifásicos; o
 una combinación de impulsos monofásicos y de impulsos bifásicos.
- 65 10. El dispositivo médico implantable (110) de una cualquiera de las reivindicaciones 1-9, en donde el primer impulso conducido de comunicaciones y el segundo impulso conducido de comunicaciones comprenden:

- 5 impulsos rectangulares;
impulsos sinusoidales;
impulsos sincronizados;
impulsos gaussianos;
impulsos trapezoidales;
impulsos triangulares;
impulsos en coseno elevado; o
una combinación de cualquiera de los impulsos anteriores.
- 10 11. El dispositivo médico implantable (110) de una cualquiera de las reivindicaciones 1-10, en donde la diferencia entre el instante de primer impulso de comunicaciones y el instante de segundo impulso de comunicaciones se mide en función de una misma característica correspondiente en cada uno del primer impulso de comunicaciones y del segundo impulso de comunicaciones.
- 15 12. El dispositivo médico implantable (110) de una cualquiera de las reivindicaciones 1-11, en donde el primer impulso de comunicaciones y el segundo impulso de comunicaciones son señales conducidas.
- 20 13. El dispositivo médico implantable de una cualquiera de las reivindicaciones 1-12, en donde el dispositivo médico implantable (110) es un marcapasos cardíaco sin cables (LCP).

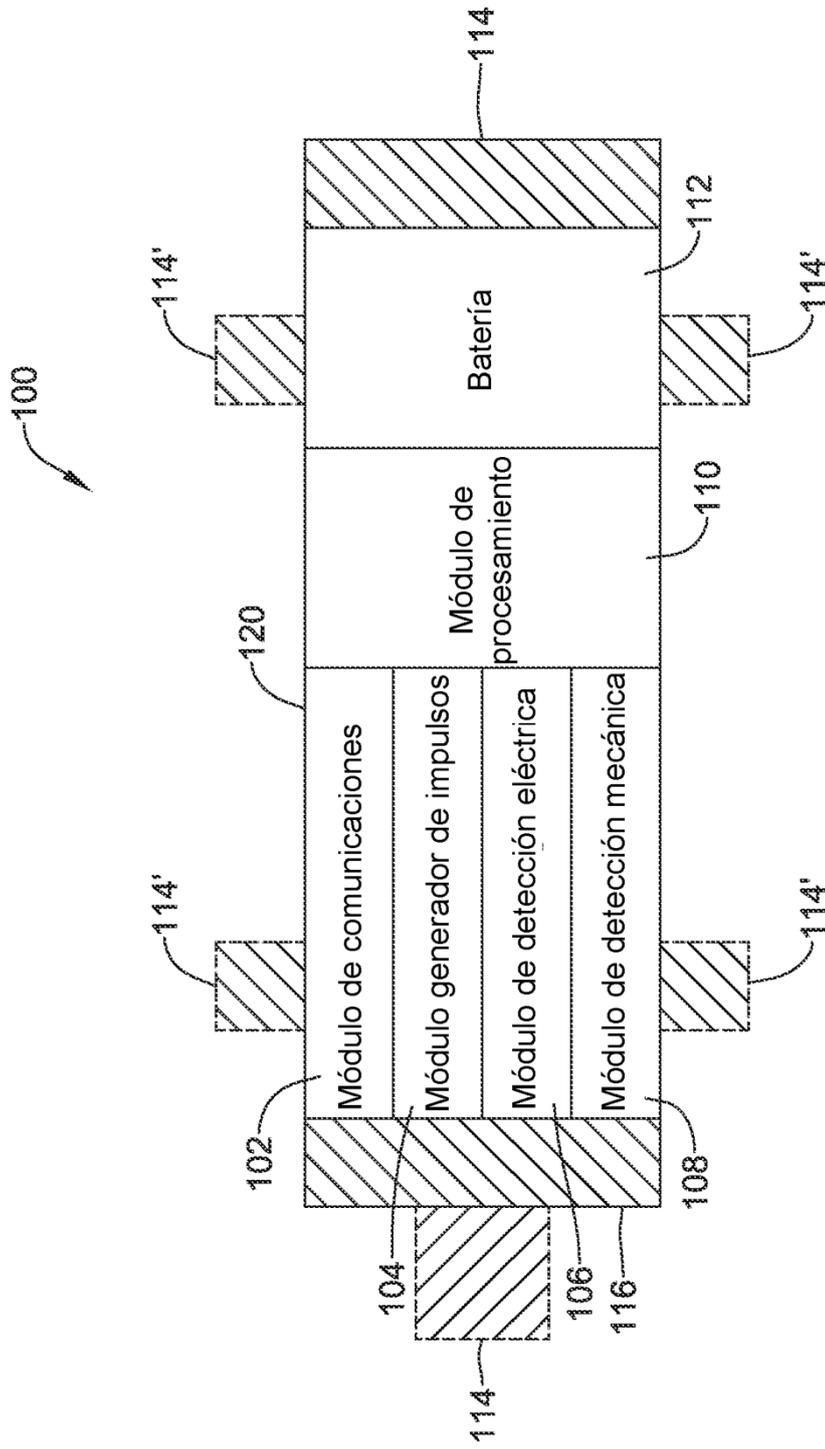


FIG. 1

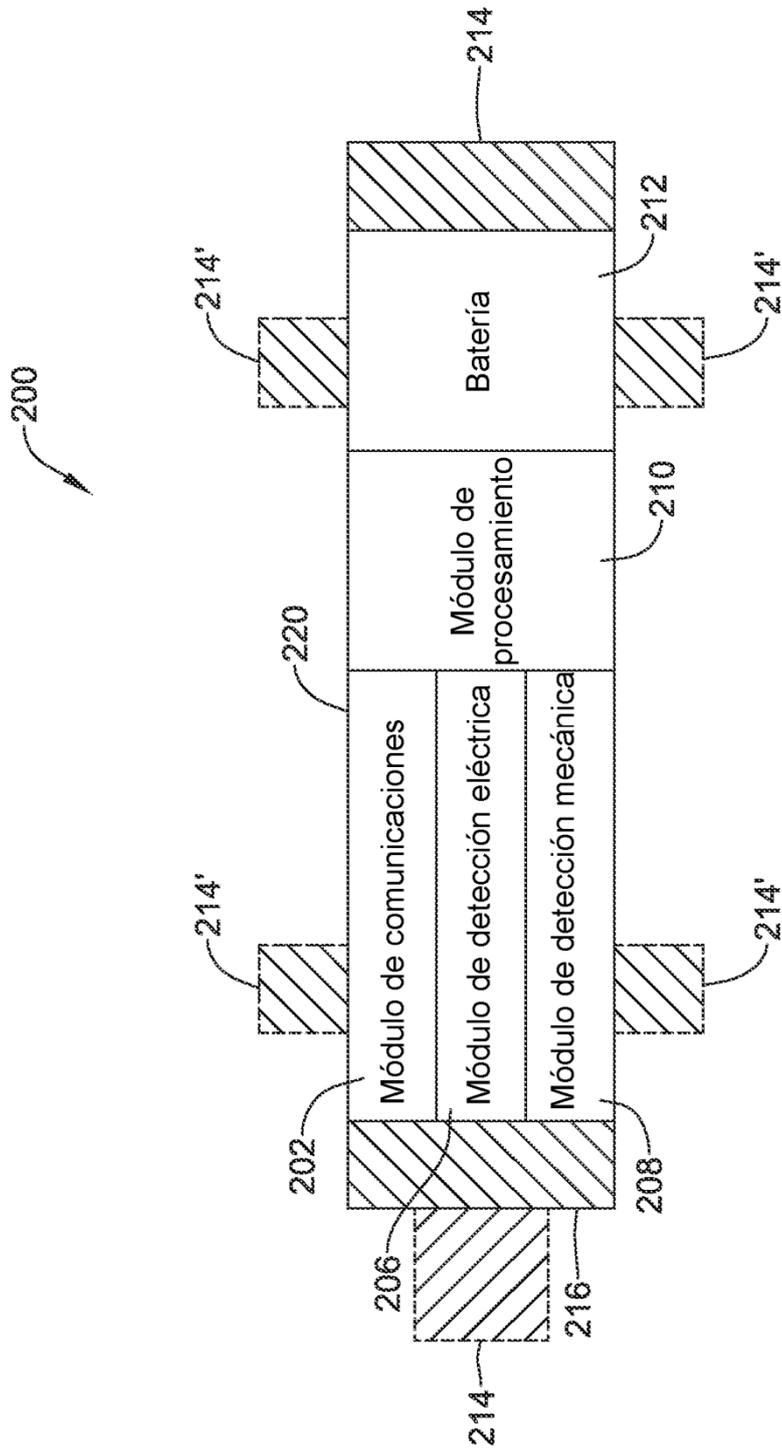


FIG. 2

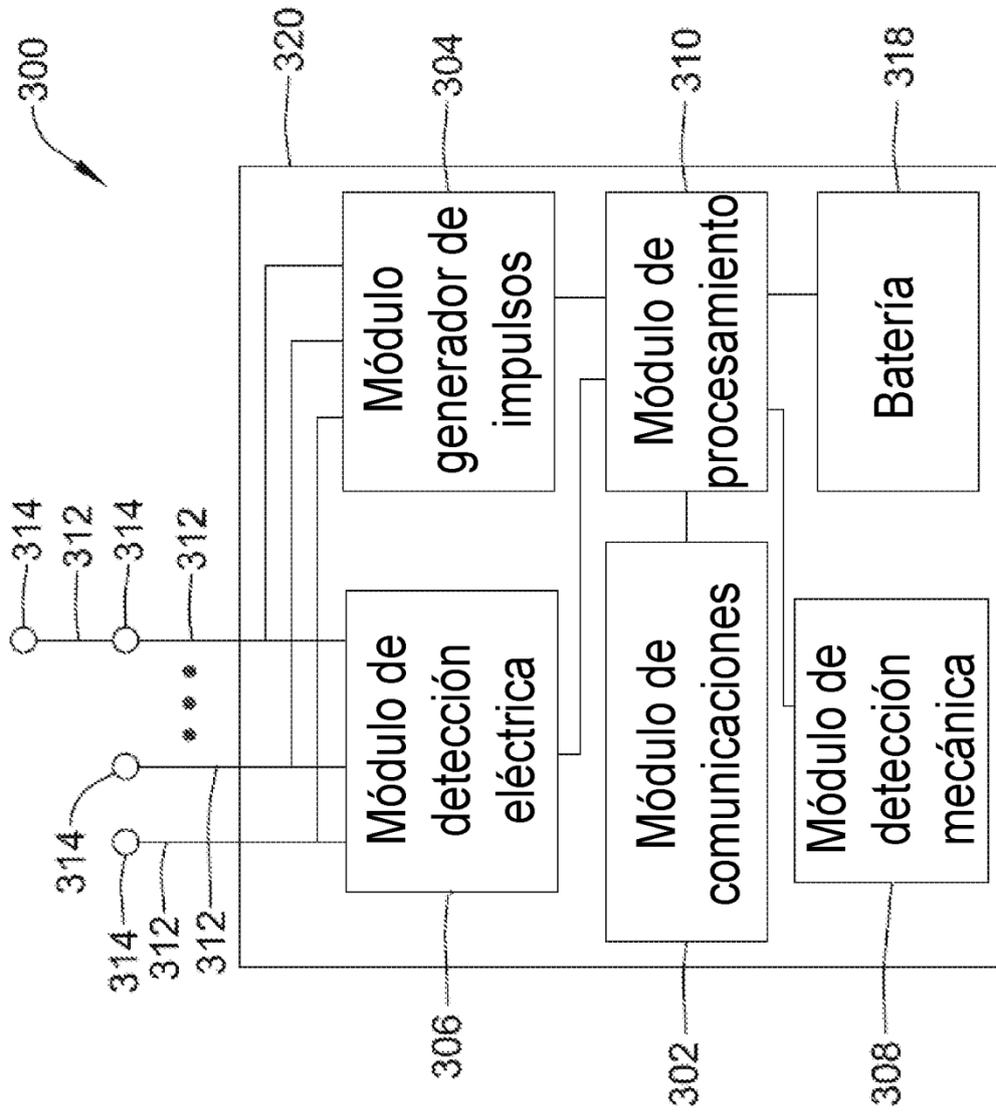


FIG. 3

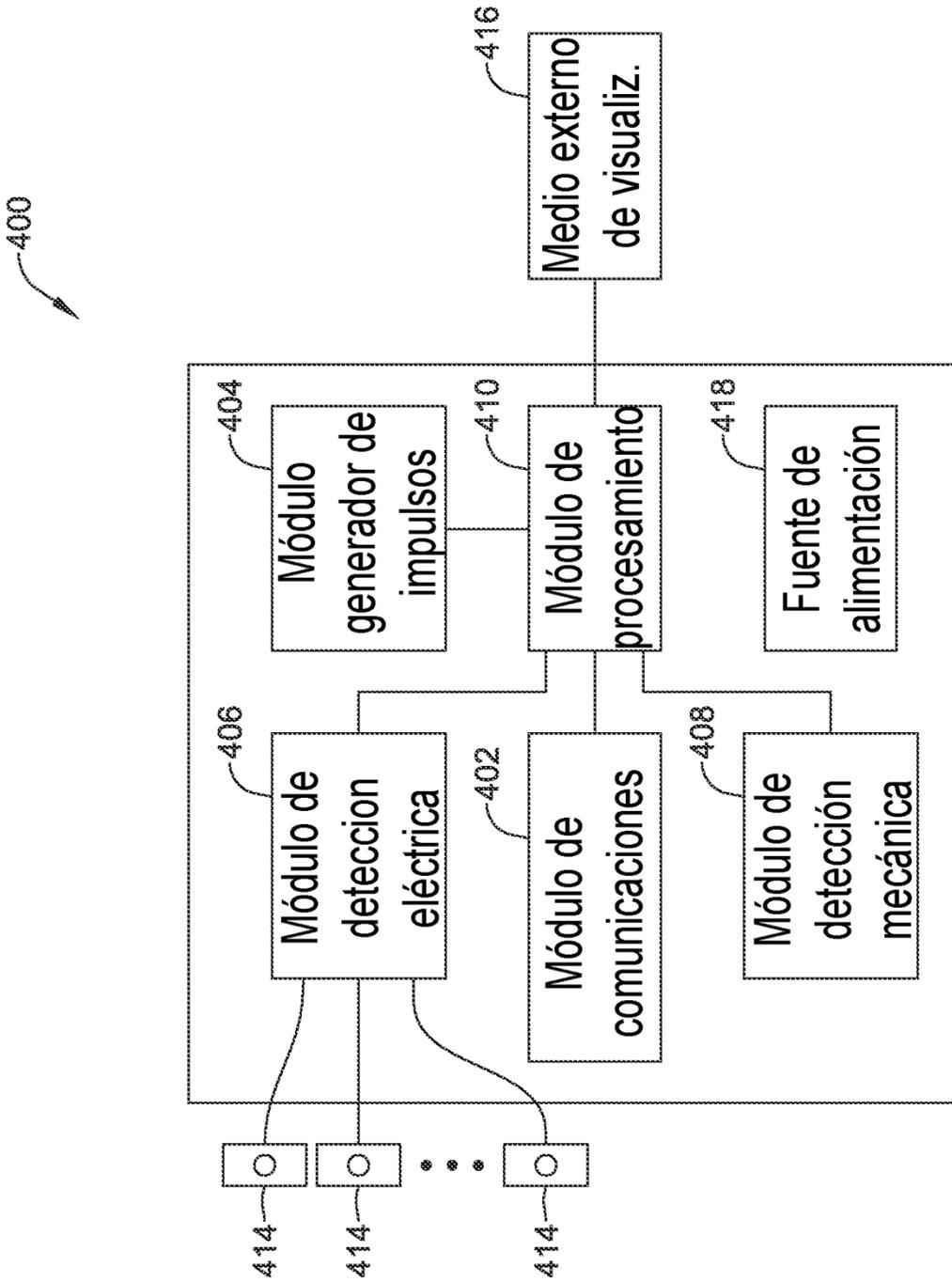


FIG. 4

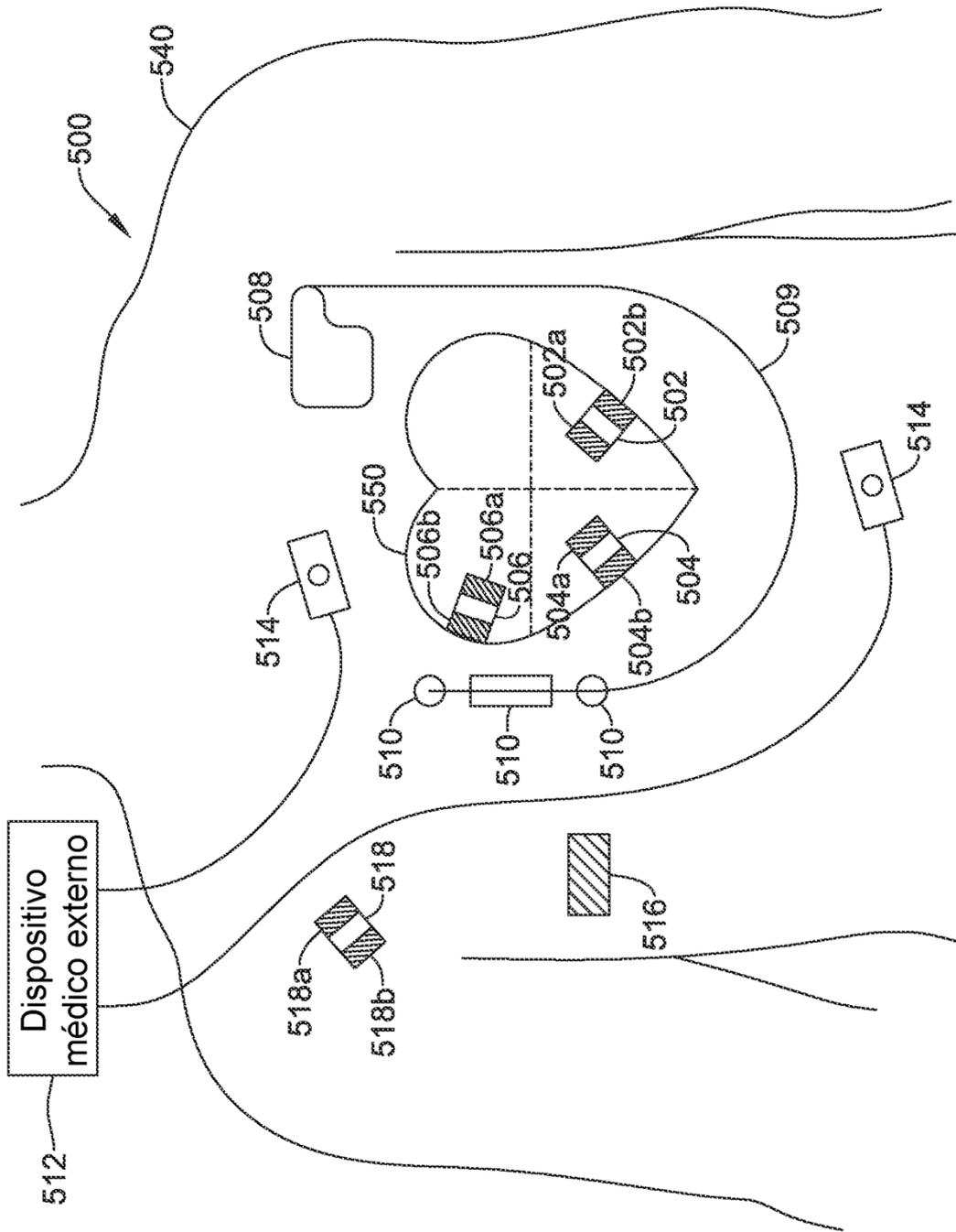
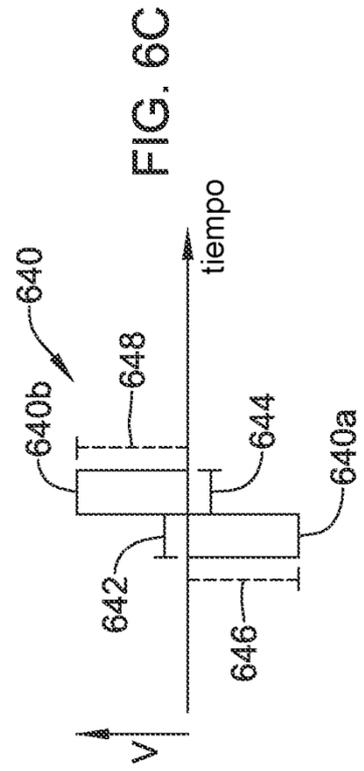
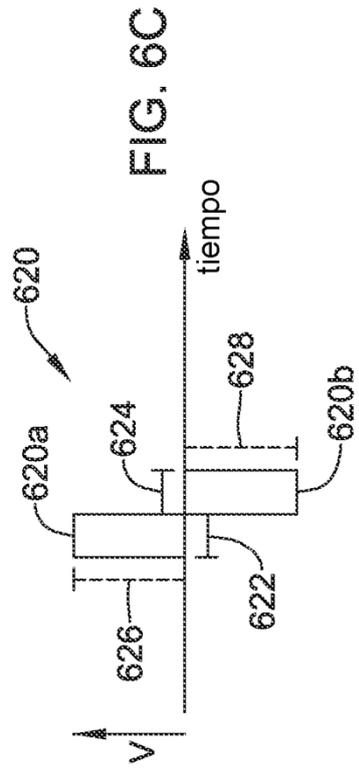
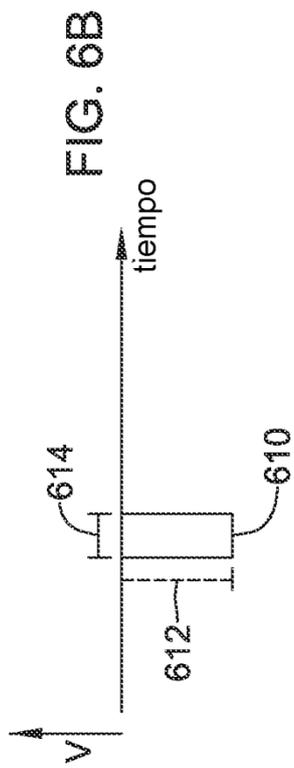
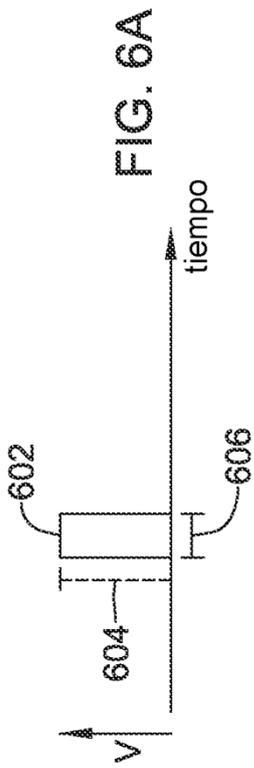


FIG. 5



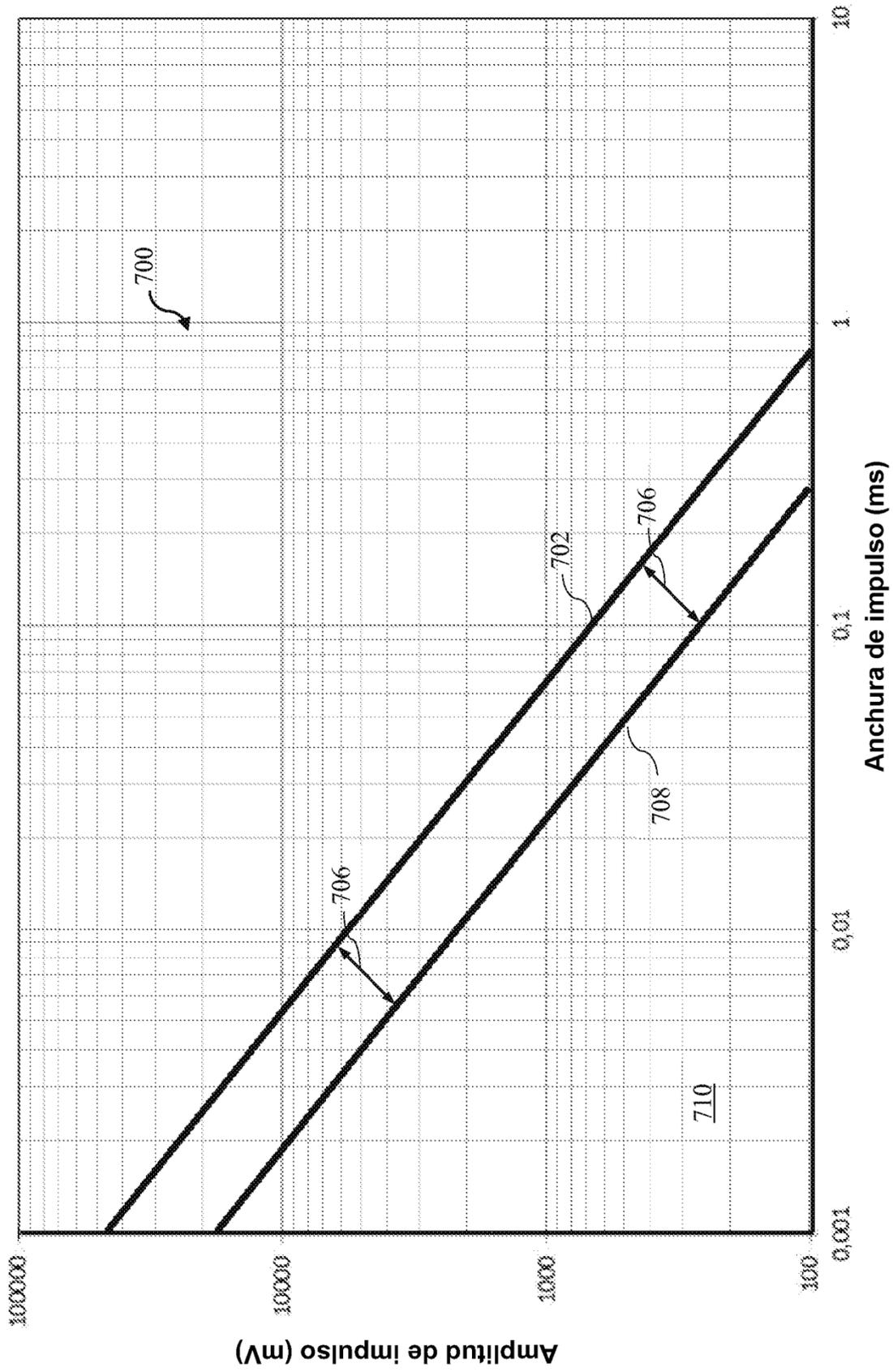


FIG. 7

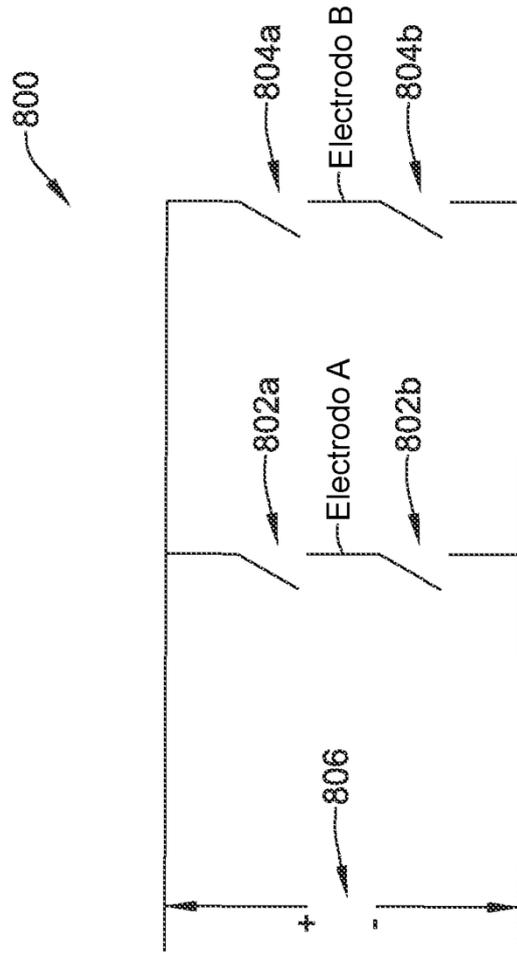


FIG. 8

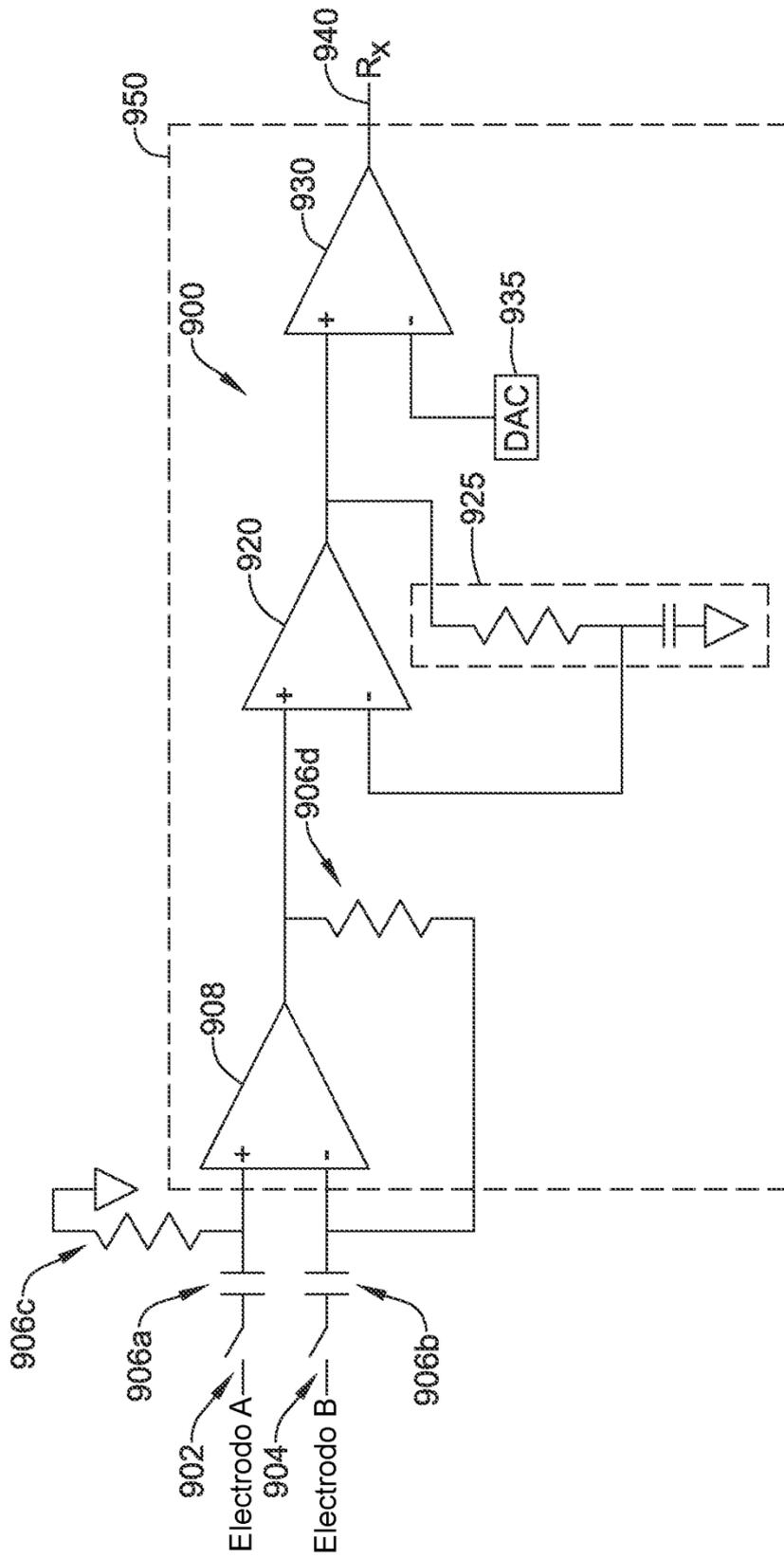


FIG. 9

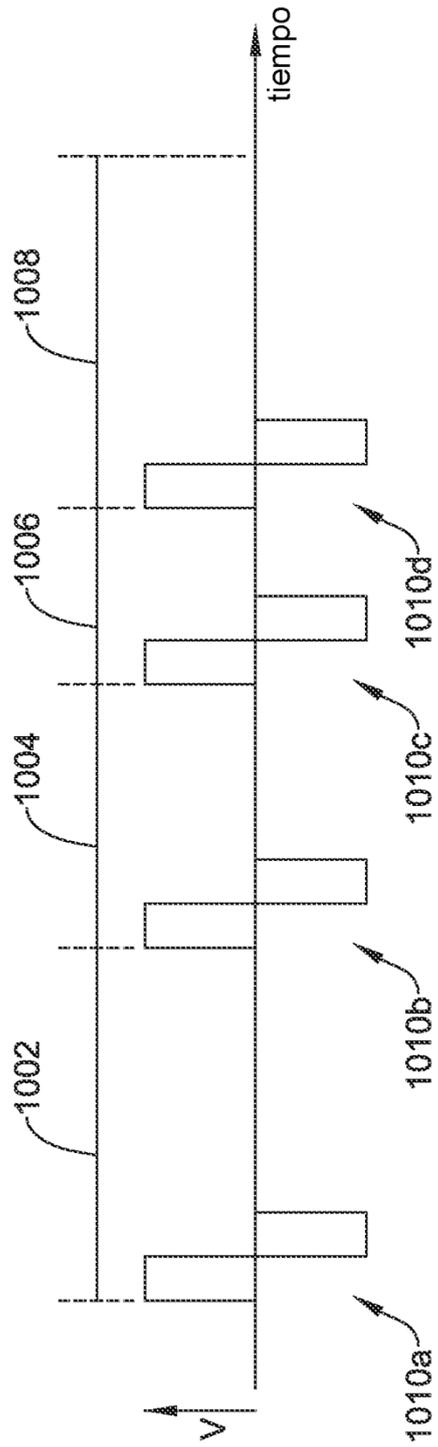


FIG. 10

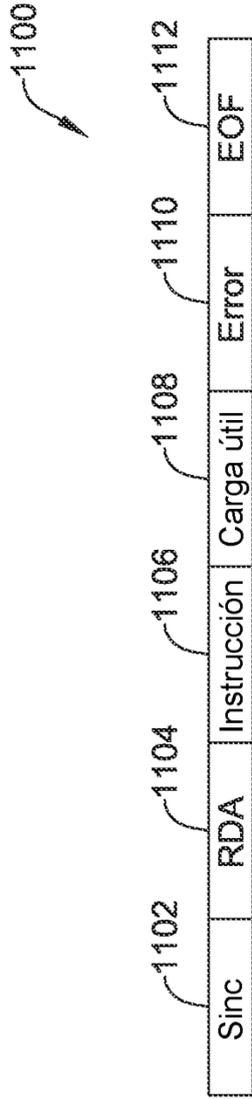


FIG. 11

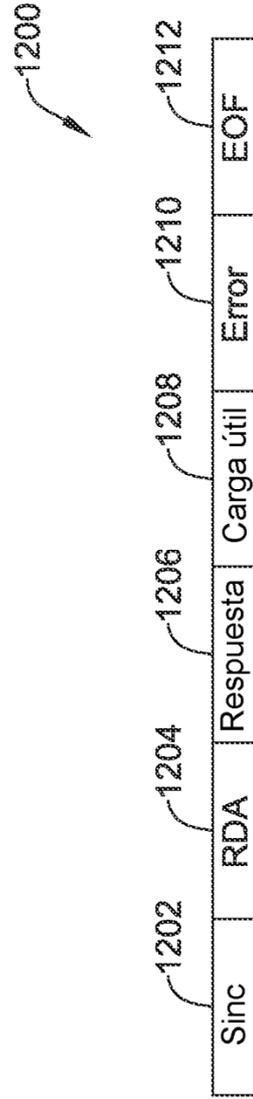
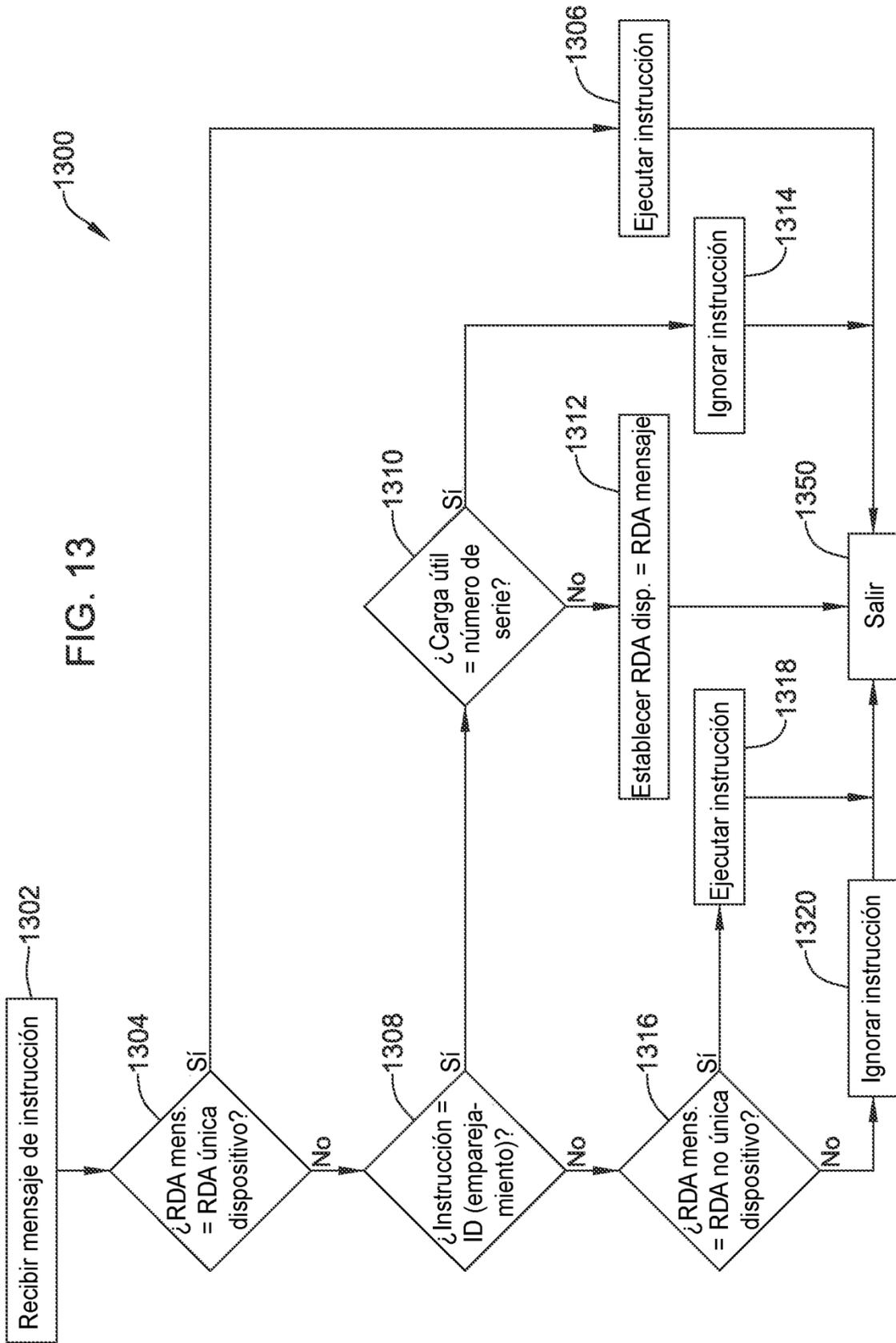


FIG. 12



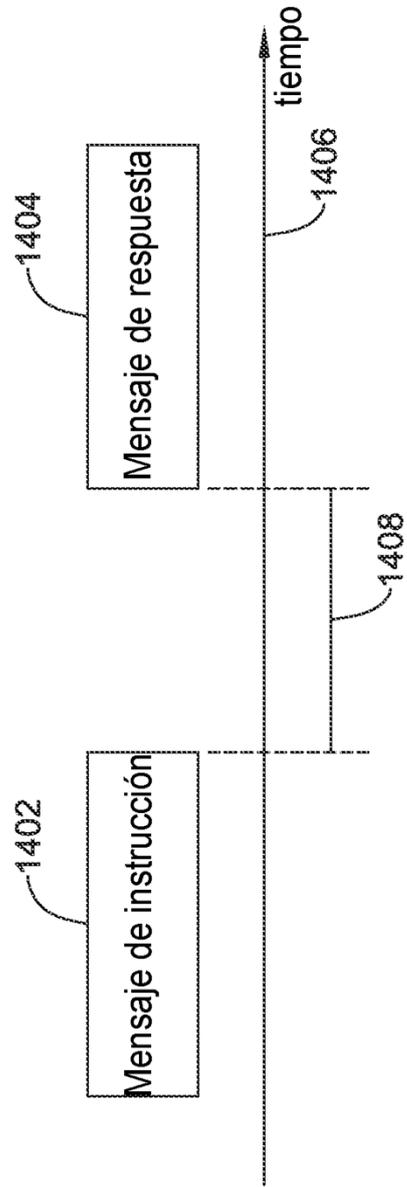


FIG. 14

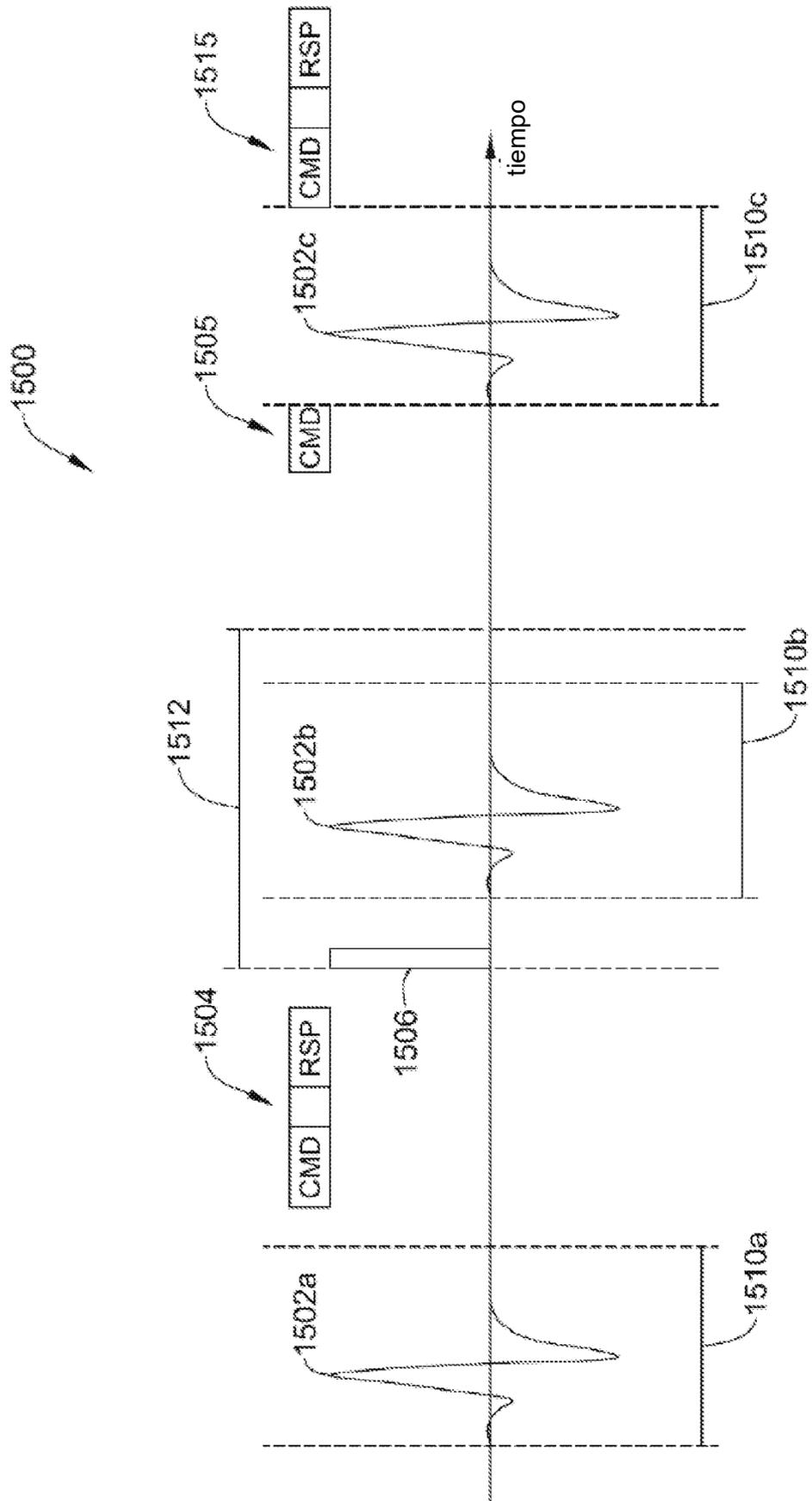


FIG. 15

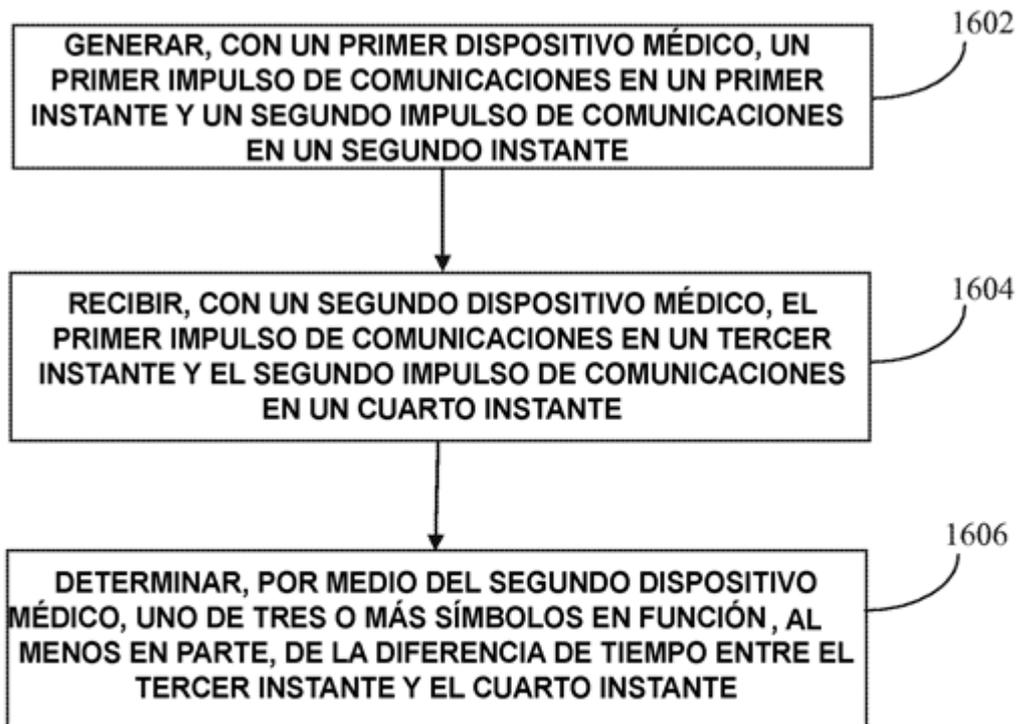


FIGURA 16

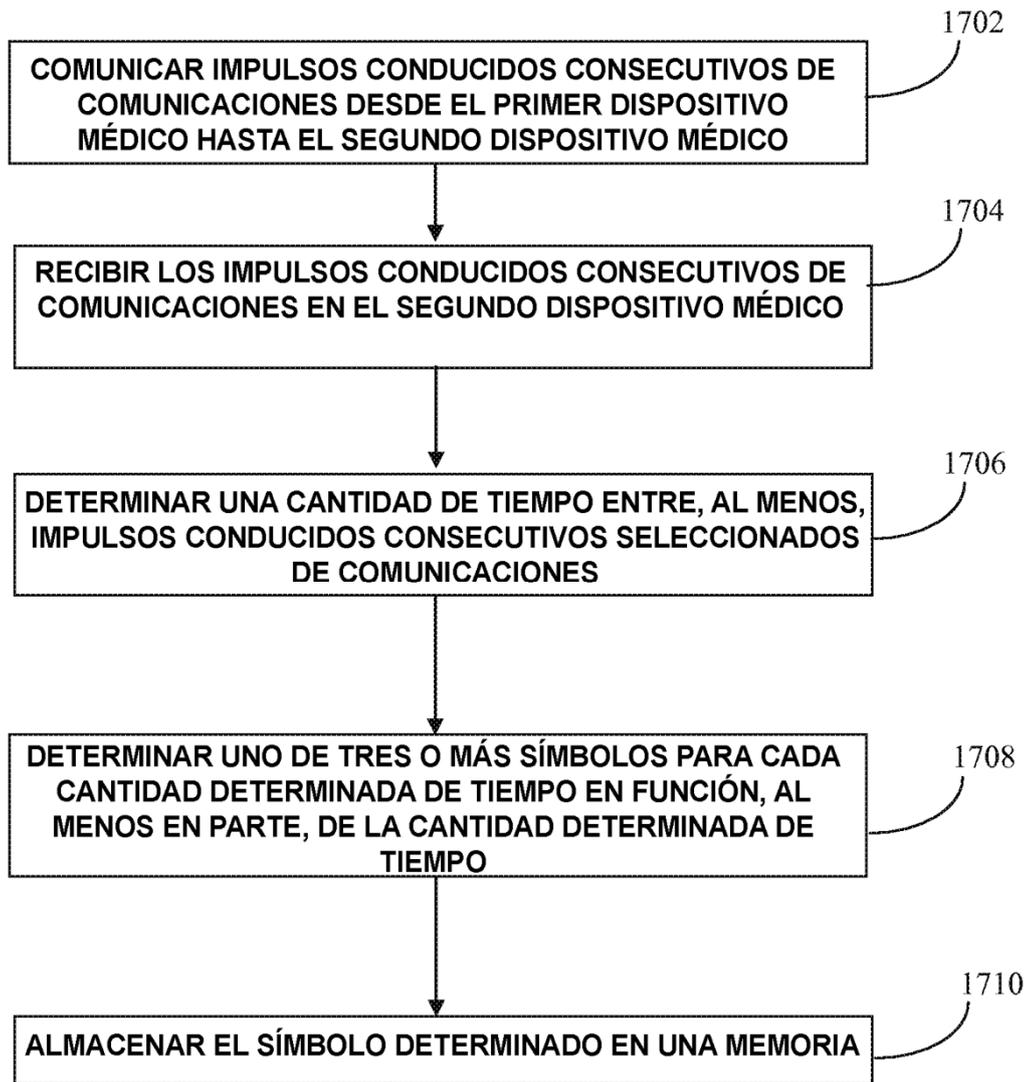


FIGURA 17