

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 707 821**

51 Int. Cl.:

G01R 27/02 (2006.01)

G01R 31/27 (2006.01)

G01R 31/28 (2006.01)

G01R 31/02 (2006.01)

G01R 31/26 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.01.2009 E 09250136 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.12.2018 EP 2081033**

54 Título: **Detección de fuga de corriente a través de optointerruptores**

30 Prioridad:

21.01.2008 US 17137

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

05.04.2019

73 Titular/es:

**BIOSENSE WEBSTER, INC. (100.0%)
3333 Diamond Canyon Road
Diamond Bar, CA 91765, US**

72 Inventor/es:

MEYER, EITAN

74 Agente/Representante:

IZQUIERDO BLANCO, María Alicia

ES 2 707 821 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

Detección de fuga de corriente a través de optointerruptores

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere generalmente a circuitos y dispositivos electrónicos, y específicamente a las pruebas y seguridad de dispositivos.

10 Antecedentes de la invención

Los optointerruptores (también referidos como optointerruptores de aislamiento u optoacopladores) usan una trayectoria corta de transmisión óptica para transferir una señal entre elementos de un circuito mientras mantienen los elementos eléctricamente aislados. Se usan en dispositivos médicos para prevenir fuga de corriente de circuitos del dispositivo al cuerpo del paciente. Se supone que los optointerruptores están efectivamente libres de fugas bajo voltajes grandes. Si un optointerruptor falla, sin embargo, puede permitir que una fuga de corriente alta llegue al paciente. Cuando la corriente de la fuga fluye a través de un catéter cardiaco, por ejemplo, las consecuencias pueden ser fatales.

20 RAILESHA M: "DETECT 4-TO-20-MA LOOP FAULTS", ELECTRONIC DESIGN, PENTON MEDIA, CLEVELAND, OH, US, vol. 41, N° 3, 4 de Febrero 1993 (1993-02-04), páginas 72-73, describe la detección de fuga de corriente usando una caída de voltaje diferencial V1 a través de un reóstato R1 en un circuito cerrado libre de fallos y la caída de voltaje diferencial V2 a través de un segundo reóstato R2. Cualquier diferencia en V1 y V2 está provocada por la corriente de fuga a través de alguna trayectoria secundaria no deseada.

25 La patente US-5.323.014 desvela una prueba con optoacoplador integrado para aplicaciones que requieren aislamiento. El documento "Optoacoplador GFH 600 para 4 kV (GFH 601 para 5, 6 KV)", página 42, Elektro-Anzeiger, Konradin Verlag, Alemania, Vol. 12, N° 9, Septiembre 1980, ISSN. 0013-566 desvela un circuito de prueba para un optoacoplador.

30 Resumen de la invención

El inventor ha descubierto que incluso cuando los optointerruptores se prueban previamente y cumplen los requisitos antes de la instalación en un dispositivo médico, los optointerruptores pueden todavía ocasionalmente fallar cuando el dispositivo está en funcionamiento. Puede ser críticamente importante proteger contra estos fallos cuando el dispositivo está en contacto con el cuerpo de un paciente. En realizaciones de la presente invención, se añade un circuito de prueba al dispositivo médico con el fin de permitir que este tipo de fallos se detecten de manera fiable. El circuito de prueba genera una señal de prueba, que es indicativa de corriente de fuga a través de un optointerruptor. Un controlador recibe la señal y actúa de manera protectora cuando la señal excede un límite predeterminado.

45 En algunas realizaciones, la señal de prueba se mide durante una etapa de calibración, antes de que el dispositivo se ponga en contacto con el cuerpo. Esta señal de prueba de calibración se usa para establecer límites que el controlador usará en el control de la señal de prueba que se genera durante el funcionamiento real del dispositivo. El procedimiento de calibración ayuda a compensar las diferencias entre diferentes componentes y diferentes dispositivos. Facilita una detección sensible y un control de fugas sin componentes caros y de alta precisión en los circuitos de prueba y de medición.

50 Por lo tanto, se proporciona de acuerdo con una realización de la presente invención, como se define en la reivindicación 1, un aparato para probar un optointerruptor, que incluye:
 un primer reóstato de detección acoplado entre una fuente de potencia y una entrada del optointerruptor;
 un segundo reóstato de detección acoplado a una salida del optointerruptor;
 un circuito de prueba, que está acoplado para detectar una primera corriente que fluye a través del primer reóstato de detección y una segunda corriente que fluye a través del segundo reóstato de detección y para generar una señal de prueba en respuesta a una relación entre la primera y la segunda corriente; y
 un controlador, que está acoplado para recibir la señal de prueba y está configurado para incrementar un contador después de determinar que la señal de prueba ha excedido un límite predeterminado, y para reducir el contador después de determinar que la señal de prueba está por debajo de un límite, donde el controlador está configurado para realizar una acción protectora al desconectar el optointerruptor de la fuente de potencia cuando el contador alcanza un umbral predeterminado.

65 En una realización desvelada, el optointerruptor se usa en un dispositivo médico para prevenir la fuga de corriente a un cuerpo de un paciente, y el circuito de prueba y el controlador se instalan en el dispositivo médico para actuar de manera protectora mientras el dispositivo médico está en contacto con el cuerpo. Típicamente, el controlador está configurado para determinar el límite midiendo la señal de prueba durante una etapa de calibración realizada mientras el dispositivo médico no está en contacto con el cuerpo.

En algunas realizaciones, la acción protectora incluye la desconexión de la fuente de potencia del optointerruptor. En una realización, el controlador está configurado para incrementar un contador después de determinar que la señal de prueba ha excedido el límite, y para desconectar el optointerruptor de la fuente de potencia cuando el contador alcanza un umbral predeterminado. El controlador puede estar configurado para reducir el contador después de determinar que la señal de prueba está por debajo del límite.

En una realización desvelada, el aparato incluye un circuito de multiplexación, que está configurado para acoplar la fuente de potencia y el primer y segundo reóstato a cada uno de la pluralidad de optointerruptores, y el controlador está configurado para evaluar la señal de prueba debida a cada uno de los opto-interruptores que el circuito de multiplexación selecciona. El circuito de multiplexación puede estar configurado para acoplar cada uno de una multiplicidad de pares de optointerruptores simultáneamente a la fuente de potencia y al primer y segundo reóstato de detección, para que el circuito de prueba detecte la primera y segunda corriente para cada una de los pares, y el controlador puede estar configurado para evaluar la señal de prueba debida a cada una de los pares.

En una realización, el circuito de prueba incluye un primer amplificador diferencial acoplado a través del primer reóstato de detección y que tiene una primera salida, y un segundo amplificador diferencial acoplado a través del segundo reóstato de detección y que tiene una segunda salida, y un tercer amplificador diferencial acoplado a través de la primera y la segunda salida para generar la señal de prueba en respuesta a una diferencia entre la primera y la segunda corriente.

También se proporciona de acuerdo con la realización de la presente invención, como se define en la reivindicación 7, un método para probar un optointerruptor en un dispositivo médico, incluyendo el método: durante una etapa de calibración, medir una primera relación entre una primera corriente que fluye a una entrada del optointerruptor y una segunda corriente que fluye fuera de una salida del optointerruptor, y generar una primera señal de prueba en respuesta a la primera relación; en respuesta a la primera señal de prueba, establecer un límite con respecto a una corriente de fuga a través del optointerruptor; durante el funcionamiento del dispositivo médico en contacto con un cuerpo de un paciente, generar una segunda señal de prueba en respuesta a una segunda relación entre la primera y la segunda corriente que fluyen respectivamente a la entrada y fuera de la salida del optointerruptor; e incrementar un contador después de determinar que la segunda señal de prueba ha excedido el límite, reducir el contador después de determinar que la segunda señal de prueba está por debajo del límite y actuar de manera protectora desconectando el optointerruptor de la fuente de potencia cuando el contador alcanza un umbral predeterminado.

La presente invención se entenderá de manera más completa a partir de la siguiente descripción detallada de las realizaciones de la misma, tomada junto con los dibujos donde:

Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 es una ilustración pictórica esquemática de un sistema médico invasivo, de acuerdo con una realización de la presente invención;

La Fig. 2 es un diagrama esquemático de circuito que muestra circuitos con optointerruptores en un dispositivo médico, de acuerdo con una realización de la presente invención;

La Fig. 3 es un diagrama esquemático de circuito que muestra un circuito de prueba para uso junto con el circuito de la Fig. 2, de acuerdo con una realización de la presente invención;

La Fig. 4 es un diagrama de flujo que ilustra esquemáticamente un método de calibración de circuitos con optointerruptores, de acuerdo con una realización de la presente invención; y

La Fig. 5 es un diagrama de flujo que ilustra esquemáticamente un método para probar optointerruptores, de acuerdo con una realización de la presente invención.

Descripción detallada de realizaciones

La Fig. 1 es una ilustración pictórica esquemática de un sistema médico invasivo 20 para tratar a un paciente 22, de acuerdo con una realización de la presente invención. Este sistema se muestra aquí a modo de ejemplo, como una ayuda para entender una aplicación de la presente invención. Sin embargo, los principios de la invención no se limitan de ninguna manera a este tipo particular de sistemas y pueden aplicarse junto con sustancialmente cualquier tipo de dispositivo médico eléctrico que se ponga en contacto con el cuerpo de un paciente. Los circuitos y técnicas para probar optointerruptores de aislamiento que se describen a continuación pueden también adaptarse para uso en sistemas y dispositivos de otros tipos donde se usa optointerruptores para aislamiento eléctrico.

Un operario 26 del sistema 20 inserta un catéter 28 en un corazón 24 de un paciente 22. En este ejemplo, el extremo distal del catéter (mostrado dentro del corazón en el recuadro izquierdo de la Fig. 1) comprende múltiples electrodos 30. Los electrodos se usan en un procedimiento de diagnóstico en el corazón, bajo el control del operario por medio de una consola 32. En la consola (como se muestra en el recuadro derecho en la figura), un estimulador 34 genera señales de estimulación, que se aplican a los electrodos 30 (referidos como EL1, EL2, ...) por medio de respectivos optointerruptores 36. Puede usarse cualquier tipo adecuado de optointerruptor en el sistema 20, como el dispositivo CPC1018N, producido por Clare Inc. (Beverly, Massachusetts).

Un controlador digital 38 controla el funcionamiento de los optointerruptores. El controlador 38 comprende típicamente un microprocesador, que tiene interfaces adecuadas de entrada y salida y está programado en software para realizar la funciones que aquí se describen. Alternativamente o adicionalmente, el controlador 38 puede comprender circuitos lógicos digitales dedicados o programables.

La Fig. 2 es un diagrama esquemático de circuito que muestra más detalles del sistema de circuitos con optointerruptores 40 en la consola 31, de acuerdo con una realización de la presente invención. En la configuración mostrada en la Fig. 2, un conjunto de optointerruptores 36 (en el lado izquierdo de la figura) se acopla para conectar electrodos 30 a una entrada negativa del estimulador 34, mientras el otro conjunto de optointerruptores (en el lado derecho de la figura) se acopla para conectar los electrodos a una entrada positivo del estimulador. Los optointerruptores se seleccionan mediante circuitos de multiplexación 52 y 54. Mediante una selección apropiada de los optointerruptores, los electrodos 30 pueden así activarse en un modo de estimulación monopolar o bipolar. Esta configuración de los optointerruptores y de los circuitos asociado se muestra meramente a modo de ejemplo, y los principios de la presente invención pueden implementarse para probar sustancialmente cualquier tipo de circuito que use uno o más optointerruptores para aislamiento eléctrico.

Una fuente de potencia 42 suministra potencia a optointerruptores 36 por medio de un disyuntor 44 y reóstatos limitadores de corriente (R2, R3) 48 y 50. Un reóstato de detección de entrada (R1) 46 se acopla entre la fuente de potencia 42 y las entradas de los optointerruptores, mientras un reóstato de detección de salida (R4) 56 se acopla entre las salidas de los optointerruptores y el suelo. Típicamente, estos reóstatos tienen componentes estándares y baratos, y tienen una resistencia en un rango que depende del nivel de corriente de fuga que se esté detectando. Por ejemplo, en una implementación, el inventor usó reóstatos de detección de 33,2 Ω , con 1% de precisión, de manera que una corriente de fuga de 10 μA dio una caída de voltaje de aproximadamente 330 μV . Debido al procedimiento de calibración que se describe a continuación, el controlador 38 es capaz de detectar cambios en la corriente de fuga a través de optointerruptores con una alta sensibilidad sin necesidad de usar reóstatos costosos y de alta precisión en el sistema de circuitos 40.

En ausencia de cualquier fuga a través de optointerruptores, la corriente que fluye a través del reóstato 46 debería ser idéntica a la que fluye a través del reóstato 56. Estas corrientes son proporcionales, respectivamente, a la caída de voltaje entre los puntos de prueba 58 y 60 y a la caída de voltaje entre el punto de prueba 62 y el suelo. Cualquier cambio significativo en la relación entre estas dos caídas de voltaje puede ser indicativo de un fallo de uno o más optointerruptores.

La Fig. 3 es un diagrama esquemático de circuito que muestra un circuito de prueba 70 para uso en la detección de fuga de optointerruptores 36 en el sistema de circuitos 40, de acuerdo con una realización de la presente invención. El circuito 70 comprende un par de amplificadores diferenciales 72 y 74, como amplificadores de instrumentación. Las entradas diferenciales del amplificador 72 se conectan con los puntos de prueba 58 y 60 (Fig. 2) mientras que los del amplificador 74 se conectan con el punto de prueba 62 y el suelo. Los amplificadores 72 y 74 generan señales que son proporcionales a las respectivas corrientes que fluyen a través de los reóstatos de detección 46 y 56. Estas señales se introducen en otro amplificador diferencial 76, que así genera una señal que es proporcional a la diferencia entre las respectivas corrientes que fluyen a través de los reóstatos de detección. Un conversor análogo/digital (ADC) 78 digitaliza la señal de salida, y el controlador 38 procesa el resultado digitalizado con el fin de detectar una posible fuga.

En la implementación descrita anteriormente, por ejemplo (con reóstatos de detección de 33,2 Ω), el inventor estableció el factor de aumento de los amplificadores 72, 74 y 76 en veinte, dando una amplificación total de 400. Así, 10 μA de corriente de fuga dio una señal de 132 mV en la salida del amplificador 76. Esta señal se introdujo en un ADC de 12-bit, fijado a una sensibilidad de 1 bit/mV. Estos valores de parámetro aquí se dan, en cambio, solamente a modo de ilustración y alternativamente pueden usarse diferentes parámetros dependiendo de los requisitos del sistema y la aplicación.

En una realización alternativa, (no mostrada en las figuras), pueden usarse reóstatos de detección y circuitos de prueba separados para el grupo de optointerruptores de entrada negativa (aquellos conectados al circuito de multiplexación 52) y el grupo de optointerruptores de entrada positiva (conectados al circuito de multiplexación 54). Esta técnica añade una cierta complejidad adicional al sistema, pero es ventajosa porque permite una identificación precisa de un optointerruptor con fugas.

La Fig. 4 es un diagrama de flujo que ilustra esquemáticamente un método para calibrar mediciones hechas por el circuito de prueba 70 en el sistema de circuitos 40, de acuerdo con una realización de la presente invención. Este procedimiento de calibración se realiza típicamente después de que el sistema 20 se haya encendido, pero antes de que cualquier parte del sistema se haya puesto en contacto con el paciente 22. Puede realizarse una vez, en la fábrica, por ejemplo, o puede realizarse como parte del procedimiento de arranque siempre que el sistema 20 se encienda. El procedimiento de calibración comprueba la potencia de salida actual del circuito de prueba 70 cuando se conecta al sistema de circuitos 40, y usa esta potencia de salida para establecer límites para la posterior monitorización de los optointerruptores en el sistema de circuitos, como se describe más abajo con referencia a la Fig. 5. Debido a este procedimiento de calibración, el controlador 38 es capaz durante el funcionamiento del sistema 20 de detectar pequeños cambios en la corriente de fuga a través de optointerruptores en el sistema de circuitos 40, típicamente en el orden de 0,2% de la corriente aplicada por la fuente de potencia 42 (por ejemplo, un cambio en fuga de 10 μ A con 5 mA de corriente aplicada), a pesar de la imprecisión de los componentes eléctricos en el sistema de circuitos 40.

Inicialmente, el controlador 38 mide la potencia de salida del circuito 70 con ninguno de los optointerruptores 36 en el sistema de circuitos 40 seleccionado, en una etapa de medición de referencia 80. En otras palabras, el controlador registra la señal digital que se genera por ADC 78 mientras los circuitos de multiplexación 52 y 54 mantienen todos los optointerruptores desconectados de la fuente de potencia 42. El controlador usa esta medición para establecer el límite de corriente de referencia que se usará en la monitorización del sistema de circuitos 40 durante el funcionamiento real.

Después, los circuitos de multiplexación seleccionan cada uno de los optointerruptores individualmente, y el controlador mide la señal de potencia de salida del circuito 70 para cada optointerruptor, en una etapa de medición de corriente individual 82.

Además, los circuitos de multiplexación seleccionan pares de optointerruptores, esto es, el circuito de multiplexación 52 selecciona un optointerruptor en el lado negativo mientras el circuito de multiplexación 54 selecciona un optointerruptor en el lado positivo, en una etapa de medición de pares 84. El controlador mide la señal de potencia de salida del circuito 70 para cada par. (Aunque en la etapa 84 se omite si se usan circuitos separados de prueba para los grupos negativos y positivos de optointerruptores en la realización alternativa mencionada anteriormente).

En base a las mediciones en las etapas 80, 82 y 84, el controlador 38 establece límites de corriente que se usarán en la monitorización durante el tiempo de ejecución, en una etapa de configuración de límite 86. El límite de referencia puede fijarse, por ejemplo, tomando la diferencia media de corriente de referencia entre los reóstatos 46 y 56, como lo mide el circuito 70, durante un periodo dado de medición en la etapa 80, y después dejando un cierto margen por encima y por debajo de la media. El margen depende de la sensibilidad deseada en las desviaciones de detección, equilibrada contra la posible molestia de falsas alarmas. El inventor ha descubierto que un margen de aproximadamente 10 μ A da buenos resultados. Los límites generales para fuga de un optointerruptor individual pueden calcularse promediando los resultados medidos para todos los optointerruptores individuales en la etapa 82 y después añadiendo un margen apropiado. Los límites generales para fuga de un par de optointerruptores pueden calcularse igualmente en base a los resultados promediados de la etapa 84.

Adicionalmente o alternativamente, el controlador 38 puede calcular y almacenar un límite individual para cada optointerruptor y/o cada par de optointerruptores, en base a los resultados medidos para ese par específico de optointerruptores.

Como una opción más, si el controlador mide una corriente alta a través de un optointerruptor dado o un par de optointerruptores en la etapa de calibración, el controlador puede generar inmediatamente una alarma identificando el optointerruptor o interruptores en cuestión como sospechosos. De esta manera, los fallos de componente pueden identificarse y resolverse antes de que cualquier parte del sistema 20 se ponga en contacto con el paciente.

La Fig. 5 es un diagrama de flujo que ilustra esquemáticamente un método para probar el funcionamiento de optointerruptores 36 en un sistema de circuitos 40, de acuerdo con una realización de la presente invención. Durante el funcionamiento en tiempo de ejecución, se activan diferentes optointerruptores o pares de interruptores mediante circuitos de multiplexación 52 y 54, en una etapa de activación de optointerruptor 90. En el caso del sistema 20, por ejemplo, los optointerruptores se activan típicamente con el fin de aplicar señales de estimulación a través de diferentes electrodos 30 en el catéter 28, como se ha explicado anteriormente. El controlador 38 puede seleccionar los optointerruptores para activar, o puede simplemente recibir una entrada indicando que los optointerruptores se activan en un momento dado. El controlador elige los límites de la corriente calibrada aplicables para usar en la monitorización de la salida de potencia del circuito 70, como se determina en la etapa 86 (Fig. 4), dependiendo de la selección de optointerruptores.

El controlador 38 recibe valores digitales de ADC 78, en una etapa de medición de potencia de salida 92. Como se ha explicado anteriormente, estos valores son indicativos de la diferencia de corriente medida por el

circuito 70. El controlador compara estos valores con el límite aplicable, en una etapa de prueba de corriente 94. Si el valor medido es superior que el límite, el controlador incrementa un contador, en una etapa de incrementación 96. El valor del contador inicia típicamente en cero y aumenta con cada medición sucesiva que esté por encima del límite. El contador se usa con el fin de evitar responder activamente a cada medición por encima del límite, ya que las mediciones sencillas pueden estar por encima del límite debido a ruido, más que la fuga real. Si una medición posterior está por debajo del límite aplicable, el controlador 38 reduce el valor del contador, en una etapa de reducción 98. El valor puede reducirse de esta manera de vuelta a cero, pero no menos.

Después de incrementar el contador en la etapa 96, el controlador 38 comprueba si el valor del contador ha alcanzado un umbral predeterminado, en una etapa de comprobación de umbral 100. La elección de umbral típicamente depende de la duración de fuga que se considera peligrosa. Por ejemplo, asumiendo que el controlador recibe la potencia de salida digital ADC en 8000 muestras/seg, el umbral puede establecerse en aproximadamente 8000 para que la corriente de fuga que dura un segundo desencadene el umbral. Cuando el recuento alcanza el umbral, el controlador 38 actúa de manera protectora, en una etapa de protección 102. Por ejemplo, el controlador puede dar la vuelta al disyuntor 44 para desconectar la potencia del optointerruptor y puede generar una salida de alarma que indica qué optointerruptor o par de optointerruptores son responsables del alto nivel de fuga. Un técnico de mantenimiento puede después sustituir estos componentes. Por otro lado, cuando se usan circuitos separados de pruebas para los grupos negativos y positivos de los optointerruptores, como se ha descrito anteriormente, puede ser posible identificar y apagar el optointerruptor con fuga sin quitar la potencia del resto de optointerruptores.

Alternativamente, puede ser preferible simplemente sustituir la placa base completa que contiene los optointerruptores. En particular, la placa base completa se coloca si el recuento alcanza el umbral en la etapa 100 mientras no se selecciona optointerruptor (lo que significa que la corriente medida fue mayor que el límite de corriente de referencia).

Por lo tanto, los circuitos y métodos descritos anteriormente permiten una detección sensible y un control de fugas sin requerir componentes caros y de alta precisión. El procedimiento de calibración tiene en cuenta diferencias que pueden ocurrir entre diferentes componentes y diferentes tarjetas de circuito. El uso del contador para monitorizar desviaciones de los límites calibrados también ayuda a distinguir fallos reales de excursiones transitorias debido a componentes "ruidosos", ya que el contador generalmente calculará el promedio de cambios transitorios sin alcanzar el umbral. La monitorización de múltiples optointerruptores juntos es útil tanto en la detección de fallos de componentes sencillos durante el tiempo de ejecución como en la detección de fallos de múltiples componentes que pueden ocurrir en un lote malo de componentes.

Se apreciará que las realizaciones descritas anteriormente se citan a modo de ejemplo, y que la presente invención no se limita a lo que se ha mostrado y descrito particularmente anteriormente. La invención solamente está limitada por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Aparato (40) para probar un optointerruptor (36), que comprende:
 5 un primer reóstato de detección (46) acoplado entre una fuente de potencia (42) y una entrada lateral de corriente del optointerruptor (36);
 un segundo reóstato de detección (56) acoplado a una salida lateral de corriente del optointerruptor (36);
 un circuito de prueba (70), que está acoplado para detectar una primera corriente que fluye a través del primer reóstato de detección (46) y una segunda corriente que fluye a través del segundo reóstato de detección (56) y para
 10 generar una señal de prueba en respuesta a una relación entre la primera y la segunda corriente; y
 un controlador (38) que está acoplado para recibir la señal de prueba y está configurado para incrementar un contador después de determinar que la señal de prueba ha excedido un límite predeterminado, y para reducir el contador después de determinar que la señal de prueba está por debajo del límite, donde el controlador está configurado para actuar de manera protectora desconectando el optointerruptor de la fuente de potencia cuando el contador alcanza un umbral predeterminado.
 15
2. El aparato (40) de acuerdo con la reivindicación 1, donde el optointerruptor (36) se usa en un dispositivo médico para prevenir fuga de corriente a un cuerpo de un paciente, y donde el circuito de prueba (70) y el controlador (38) están instalados en el dispositivo médico para actuar de manera protectora mientras el dispositivo médico está en contacto con el cuerpo.
 20
3. El aparato (40) de acuerdo con la reivindicación 2, donde el controlador (38) está configurado para determinar el límite midiendo la señal de prueba durante una etapa de calibración realizada mientras el dispositivo médico no está en contacto con el cuerpo.
 25
4. El aparato (40) de acuerdo con la reivindicación 1, y que también comprende un circuito de multiplexación (52, 54), que está configurado para acoplar la fuente de potencia (42) y el primer y segundo reóstato de detección (46, 56) a cada uno de la pluralidad de optointerruptores (36), y donde el controlador (38) está configurado para evaluar la señal de prueba por cada uno de los optointerruptores (36) que selecciona el circuito de multiplexación (52, 54).
 30
5. El aparato (40) de acuerdo con la reivindicación 4, donde el circuito de multiplexación (52, 54) está configurado para acoplar cada uno de una multiplicidad de pares de los optointerruptores (36) simultáneamente a una fuente de potencia (42) al primer y segundo reóstato (46, 56), de manera que el circuito de prueba (70) detecte la primera y segunda corriente para cada uno de los pares, y donde el controlador (38) está configurado para evaluar la señal de prueba debida a cada una de los pares.
 35
6. El aparato (40) de acuerdo con la reivindicación 1, donde el circuito de prueba (70) comprende un primer amplificador diferencial (72) acoplado a través del primer reóstato de detección (46) y que tiene una primera salida de potencia, un segundo amplificador diferencial (74) acoplado a través del segundo reóstato de detección (56) y que tiene una segunda salida de potencia, y un tercer amplificador diferencial (76) acoplado a través de la primera y segunda salida de potencia para generar la señal de prueba en respuesta a una diferencia entre la primera y la segunda corriente.
 40
7. Un método para probar un optointerruptor (36) en un dispositivo médico, comprendiendo el método:
 45 durante una etapa de calibración, medir una primera relación entre una primera corriente que fluye a una entrada lateral de corriente del optointerruptor (36) y una segunda corriente que fluye fuera de una salida lateral de corriente del optointerruptor (36), y generar una primera señal de prueba en respuesta a la primera relación;
 en respuesta a la primera señal de prueba, establecer un límite con respecto a una corriente de fuga a través del optointerruptor (36);
 50 durante el funcionamiento del dispositivo médico en contacto con un cuerpo de un paciente, generar una segunda señal de prueba en respuesta a una segunda relación entre la primera y la segunda corriente que fluyen respectivamente a la entrada lateral de corriente y fuera de la salida lateral de corriente del optointerruptor (36);
 incrementar un contador después de determinar que la segunda señal de prueba ha excedido el límite, reducir el contador después de determinar que la segunda señal de prueba está por debajo del límite y actuar de manera protectora desconectando el optointerruptor de la fuente de potencia cuando el contador alcanza un umbral predeterminado.
 55
8. El método de acuerdo con la reivindicación 7, donde la primera y la segunda relación comprenden respectivamente primeras y segundas diferencias entre la primera y la segunda corriente.
 60
9. El método de acuerdo con la reivindicación 7, donde el funcionamiento del dispositivo médico comprende la multiplexación entre una pluralidad de optointerruptores (36), y donde generar la segunda señal de prueba comprende evaluar la segunda señal de prueba debida a cada una de los optointerruptores (36) que selecciona la multiplexación.
 65
10. El método de acuerdo con la reivindicación 9, donde la multiplexación entre la pluralidad de optointerruptores (36) comprende seleccionar cada uno de una multiplicidad de pares de optointerruptores (36) y detectar la primera y

segunda corriente para cada uno de los pares, y donde la evaluación de la segunda señal de prueba comprende comprobar la segunda señal de prueba debida a cada uno de los pares.

- 5 **11.** El método de acuerdo con la reivindicación 9, donde establecer límites comprende encontrar un promedio de la primera señal de prueba sobre una pluralidad de los optointerruptores (36) y establecer el límite en respuesta al promedio.

10

15

20

25

30

35

40

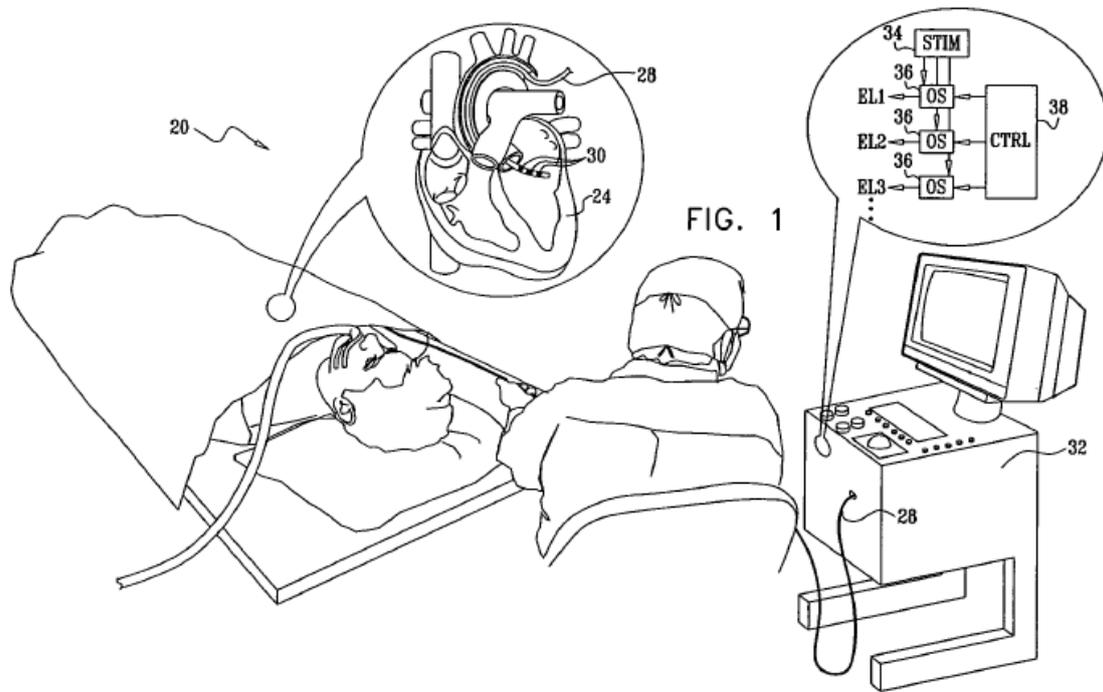
45

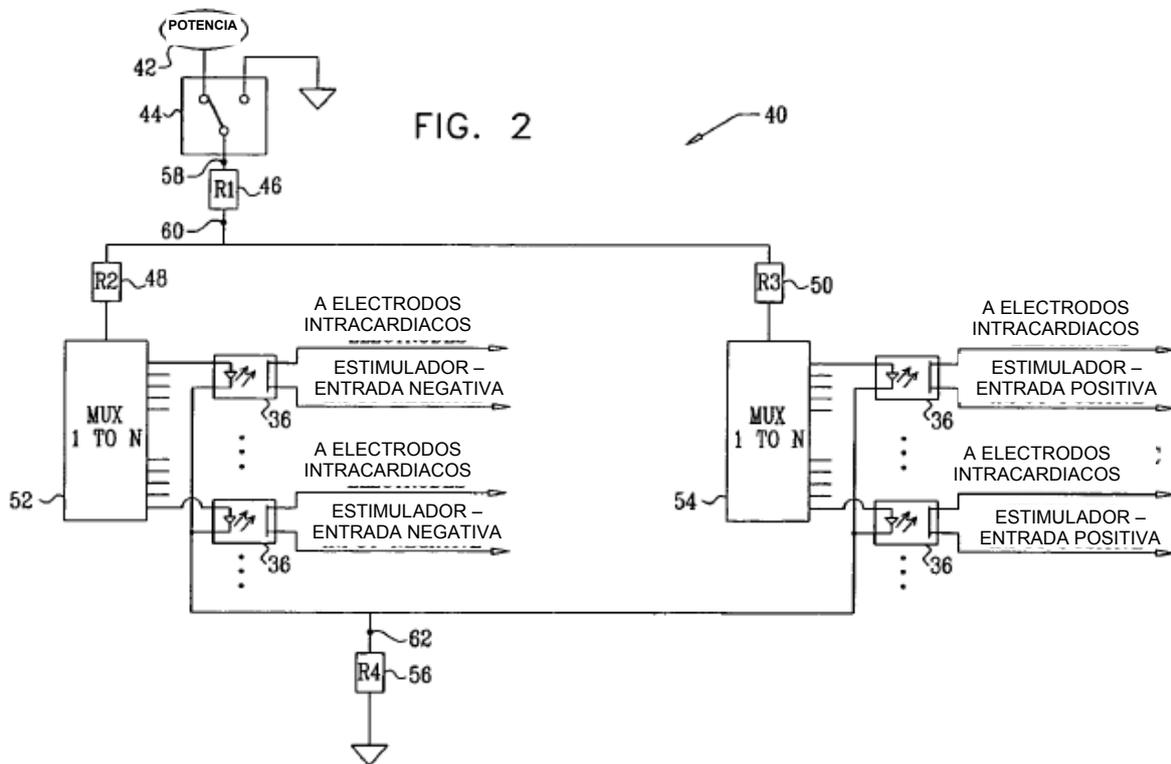
50

55

60

65





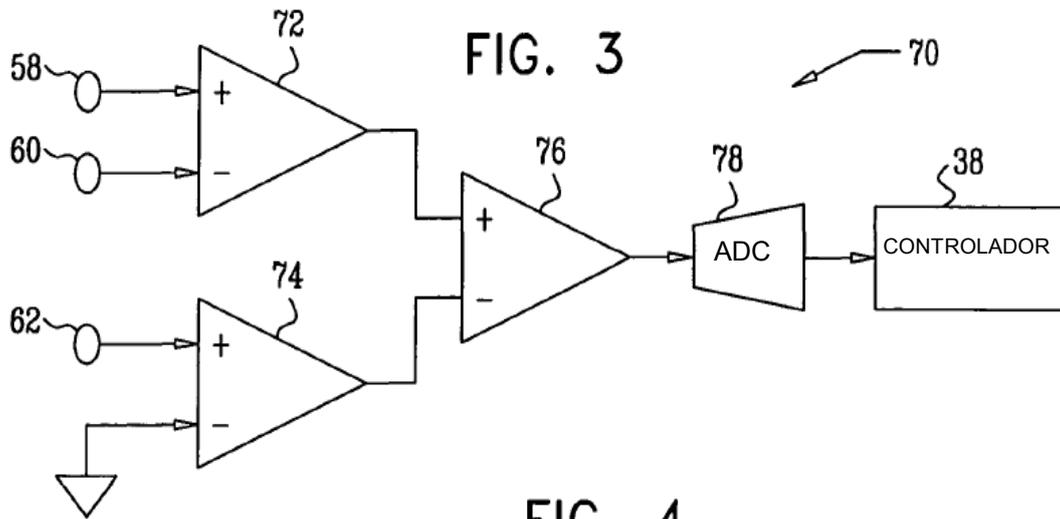


FIG. 4

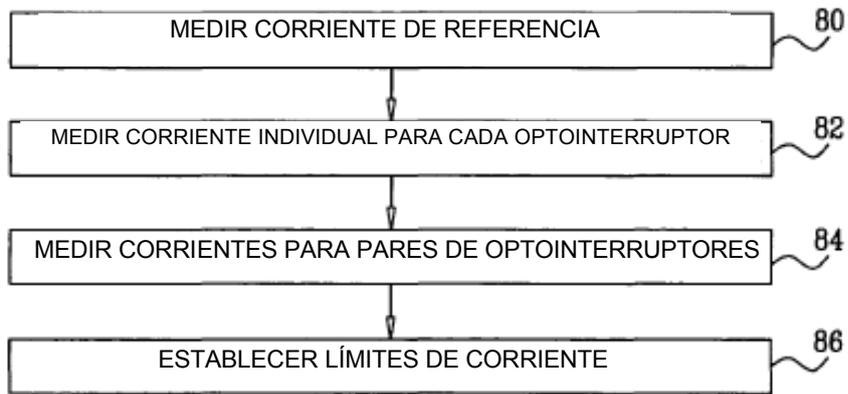


FIG. 5

