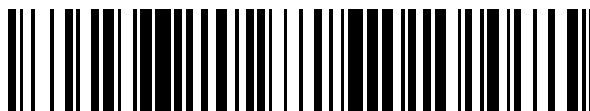


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 639 089**

51 Int. Cl.:

H01F 7/18 (2006.01)

H01H 47/22 (2006.01)

H01H 47/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.10.2011** **PCT/US2011/057766**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.05.2012** **WO12058245**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.10.2011** **E 11836970 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.06.2017** **EP 2633539**

54 Título: **Método y aparato de accionamiento de solenoide configurable**

30 Prioridad:

25.10.2010 US 406414 P

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

25.10.2017

73 Titular/es:

XIO, INC. (100.0%)
P.O. Box 219
Ross, CA 94957, US

72 Inventor/es:

SAGUES, PAUL;
BOTHA, MAURITZ y
BRASFIELD, LARRY

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 639 089 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

Método y aparato de accionamiento de solenoide configurable

Solicitudes relacionadas

Esta solicitud reivindica los beneficios de la Solicitud de Patente Provisional de los EE.UU. de Serie N° 61/406.414, presentada el 25 de octubre de 2010.

Campo de la invención

La presente invención se refiere generalmente a métodos y aparatos para excitar solenoides y, más particularmente, a un aparato provisto de conexiones y configurable para excitar una bobina de solenoide.

Antecedentes

Los solenoides son ampliamente utilizados en todo el mundo. Tales solenoides accionan relés o dispositivos de contacto que aplican potencia al motor de arranque de la mayoría de los coches. Los solenoides accionan el mecanismo de cierre en la mayoría de sistemas de puerta sin llave. La mayoría de válvulas automáticas, ya sean neumáticas o de fluido, emplean solenoides para accionar o pilotar la válvula. Los solenoides se encuentran en fábricas, edificios, coches y casas.

La Figura 1 representa un solenoide genérico 10, mostrando sus partes constituyentes principales. Los dos cables de contacto 2 transportan corriente eléctrica a la bobina 3 de solenoide, la cual genera un campo magnético. El circuito magnético de dicho solenoide 10 incluye la caja de metal 4 y el espacio de separación de aire 6. La armadura 5 se ve influida por el campo magnético y una fuerza tratará de mover o mantener la armadura 5 en la dirección del tope 8. Cuando dicha armadura 5 contacta y permanece en contacto con dicho tope 8, se dice que está cebada. Se añaden a menudo diversas características a dicha armadura 5, tales como el orificio 7, a fin de fijar un mecanismo a la armadura 5 y, con ello, completar la ligadura mecánica al mecanismo de solenoide. No se ha mostrado el mecanismo de retorno, tal como un resorte, que tiende a devolver dicho solenoide 10 a su posición abierta cuando se suprime la corriente eléctrica de dicho solenoide 10.

Los solenoides transforman el flujo de corriente eléctrica en movimiento a través de la fuerza que se aplica a la parte móvil del solenoide, denominada armadura. La armadura de un solenoide puede ser conectada a diversos mecanismos, por lo que, en un relé, el movimiento de la armadura abre o cierre contactos eléctricos, en tanto que, en una válvula accionada por solenoide, la armadura es, a menudo, directamente conectada a uno de los lados de un elemento de obturación de válvula. En válvulas más grandes, el solenoide hace funcionar una válvula más pequeña, denominada piloto, que emplea alguna amplificación de fluido o neumática, pero el funcionamiento básico de la válvula es iniciado por la acción del solenoide.

Por lo tanto, los solenoides son componentes esenciales en una amplia variedad de mecanismos que llevan a cabo, entre otras cosas, conmutación eléctrica, enganche, frenado, abrazamiento, accionamiento de válvulas, desviación o conexión.

El método más común de accionamiento de solenoides implica aplicar una tensión constante a la bobina, ya sea de CA (corriente alterna –“AC (alternating current)”–), ya sea de de CC (corriente continua –“DC (direct current)”–). La tensión hace que fluya una corriente por la bobina, y se genera un campo magnético correspondiente que ejerce una fuerza en la armadura de solenoide y mueve el mecanismo al que está fijado el solenoide. Sin embargo, como se describe en detalle más adelante, existen significativos desafíos asociados con la excitación de solenoides de una manera eficiente energéticamente y con circuitos que no creen, de por sí, problemas adicionales.

Las Figuras 2-4 proporcionan ejemplos de circuitos utilizados para excitar solenoides. La Figura 2 representa un circuito de excitación de solenoide de transistor común de la técnica anterior, que incluye un transistor 11, el cual es capaz de conducir corriente eléctrica en respuesta a una señal en su entrada. Dicha corriente eléctrica fluirá a través del solenoide 10. Cuando se hace que dicho transistor 11 deje de conducir en respuesta a una señal en su entrada, un diodo de retorno 14 conduce corriente eléctrica con el fin de evitar que la componente inductiva de dicho solenoide 10 aumente la tensión vista por dicho transistor 11 y, posiblemente, destruya dicho transistor 11. Una vez que la energía contenida en dicho solenoide 10 se ha agotado por el proceso de recirculación, dicha corriente cesa y dicho solenoide 10 se queda, por tanto, sin energía.

La Figura 3 representa un circuito integrado 12 de excitación de solenoide, tal y como se encuentra a disposición en el mercado por parte de diversos fabricantes, y que emplea modulación en anchura de impulsos (PWM –“pulse width modulation”–) de la tensión de alimentación, a fin de reducir la corriente de mantenimiento hacia el solenoide 10. Conectado a dicho dispositivo de excitación 12 de solenoide, se encuentra dicho solenoide 10 así como dos de los componentes externos que se requieren por lo común, un diodo de retorno 14 y un diodo conectado en serie 13, destinados tanto a prevenir daños en dicho circuito integrado de excitación 12 como a reducir en cierta medida la radiación eléctrica originada en los transitorios de conmutación de PWM. Dicho circuito integrado 12 de excitación de solenoide es de una configuración fija y no puede ser reconfigurado para otros propósitos tales como la medición o

la producción de tensiones o corrientes distintas de las requeridas para la limitada tarea de excitar el solenoide en un corto tiempo.

La Figura 4 representa un típico módulo de salida de sumidero de configuración fija 17 de la técnica anterior, capaz de excitar el solenoide 10. Como es típico en la técnica anterior, dicho módulo de salida 17 no proporciona energía para la excitación del solenoide 10 sino que, en lugar de ello, basa su funcionamiento en conectar y desconectar energía proporcionada por una fuente de suministro de energía 18 de dispositivo externo. Además de ello, como es habitual para dichos módulos de salida de configuración fija 17, se emplean unos bloques terminales 19 para efectuar la conexión de cables a dicho solenoide 10. Además de ello, como se acostumbra para dichos módulos de salida, se instala un diodo de retorno protector 14 para reducir las tensiones producidas por dicho solenoide 10 durante el proceso de agotamiento de la energía.

Como es ampliamente conocido de las personas expertas en la técnica del diseño de mecanismos excitados por solenoide, existe un delicado equilibrio entre el hecho de proporcionar una fuerza de solenoide suficiente a una distancia deseada de desplazamiento, y que se genere un consumo de energía y un calentamiento excesivos en la bobina de solenoide. La magnitud de la corriente eléctrica requerida para mover el solenoide hasta su posición cerrada es alta en comparación con la corriente eléctrica requerida para mantener el solenoide cerrado —o *cebado*, como es el término en la técnica—. Así, pues, un solenoide que ha de permanecer cebado durante un largo periodo de tiempo tiende a calentarse y a consumir una gran cantidad de energía, en comparación con la que se necesita para mantener meramente el solenoide cebado. El delicado equilibrio para el diseñador de mecanismos accionados por solenoide consiste en construir un solenoide que se mueva de forma fiable una cierta distancia hasta la posición cebada mientras, al mismo tiempo, no consume excesiva energía eléctrica ni sufre un sobrecalentamiento a pesar la aplicación constante de energía a la bobina de solenoide.

El desafío por lo que respecta al diseño básico del solenoide agranda el problema que ha de ser resuelto por esta invención y, por tanto, está justificada una descripción más detallada de la causa de este desafío de diseño, a fin de explicar los méritos de esta invención.

Mientras el solenoide está transformando el flujo de corriente eléctrica en fuerza sobre la armadura, dicha fuerza no es una función constante de la corriente eléctrica. Cuando el solenoide está cebado, no hay esencialmente espacio de separación de aire dentro del circuito magnético, de manera que el flujo magnético es relativamente grande para una corriente eléctrica dada. Sin embargo, cuando el solenoide está completamente abierto, existe un espacio de separación de aire dentro del circuito magnético, que aumenta significativamente la reluctancia eléctrica del circuito, siendo dicha reluctancia la relación entre la fuerza magnetomotriz (MMF —“magnetomotive force”—) y el flujo magnético desarrollado. De esta forma, para dicha corriente eléctrica dada, la fuerza sobre la armadura completamente abierta puede ser significativamente más pequeña que cuando la armadura se encuentra en la posición cebada. A fin de mover la armadura de forma fiable, por lo tanto, es necesario suministrar más corriente eléctrica que la que se requiere cuando el solenoide está cebado. Y para hacer las cosas más difíciles, el requisito de alta corriente para cebar el solenoide tan solo dura una fracción de segundo, en tanto que el solenoide se deja a menudo en su estado cebado, conduciendo, indefinidamente. Se está desperdiciando energía.

Los expertos de la técnica se dieron cuenta hace mucho tiempo de que, para una corriente de solenoide dada, la fuerza ejercida sobre la armadura aumenta conforme la armadura se mueve más cerca de su posición cebada o cerrada, debido a que la reluctancia disminuye al acortarse el espacio de separación de aire. Estas mismas personas razonaron que, variando la corriente o la tensión administrada al solenoide, podían proporcionar una fuerza inicialmente más grande para cebar el solenoide y, subsiguientemente, reducir la corriente o la tensión al objeto de mantener el solenoide cebado, debido a que la fuerza que se ejerce sobre una armadura de solenoide cebada es mucho más grande que la fuerza sobre un solenoide abierto, dada una misma corriente o tensión eléctrica. Al emplear esta estrategia de variar la corriente o la tensión, es posible reducir el calentamiento de la bobina de solenoide al tiempo que se proporciona la gran fuerza necesaria para cerrar el solenoide.

En la Patente de los EE.UU. Nº 7.262.950 B2 (de Suzuki), Suzuki preconiza la construcción de un circuito de control de corriente que es capaz de permitir el recorte o reducción de la corriente hacia la bobina del relé una vez que el relé se ha cerrado. Desgraciadamente, el circuito de Suzuki requiere que un transistor con sus cables conectados en serie estrangule la corriente hacia la bobina del relé, con lo que se genera calor y se reduce considerablemente el posible ahorro de energía. Por consiguiente, la invención de Suzuki reduce en cierta medida el calentamiento del solenoide, pero trasladando algo de la generación de calor a un transistor. Por ejemplo, si Suzuki redujera la corriente de mantenimiento de solenoide a $\frac{1}{2}$ de la corriente de puesta en marcha inicial, entonces el sistema de Suzuki vería cómo el consumo de energía del solenoide cae hasta $\frac{1}{4}$ de la cantidad previa. Desgraciadamente, otro $\frac{1}{4}$ de dicha energía se agota en pérdidas óhmicas en el transistor. Además de ello, Suzuki no menciona ninguna estrategia para tratar el efecto de la inductancia de la bobina de relé durante el apagado del relé. Es bien comprendido en la técnica el hecho de que emplear un transistor para eliminar la energía de un inductor tiene como resultado una gran oscilación de la tensión, que en general ha de ser mitigada insertando un camino para que fluya la corriente, de manera que se evite, así, un aumento peligroso de la tensión en el circuito. Generalmente, se emplea un diodo que permitirá que circule la corriente de la bobina del relé durante el apagado.

Otros han tratado de evitar el desperdicio de la mitad de la reducción de la energía. Otros han razonado que el

empleo de la modulación en anchura de impulsos (PWM) de la tensión del solenoide podría reducir las pérdidas en el transistor mediante tecnología de conmutación de potencia bien comprendida, en la que el transistor es rápidamente encendido y apagado, con lo que se evita en gran medida su zona lineal. Esta estrategia funciona bien para circuitos inductivos, en los que fluye inicialmente una corriente pequeña durante el cierre del transistor.

Afortunadamente, un solenoide es altamente inductivo, por lo que la PWM funciona bien. Desgraciadamente, sin embargo, la PWM puede generar fácilmente radiación eléctrica disruptiva, a menos que se adopten precauciones especiales. En una aplicación de sistema de control industrial, es casi impensable establecer restricciones en el usuario de un solenoide.

Entonces, también, una clase de circuitos integrados, como el Texas Instruments DRV102 PWM Valve/Solenoid Driver (Dispositivo de accionamiento de válvula / solenoide con PWM de Texas Instruments DRV102), ha tenido el objetivo de producir un circuito eléctrico fijo y dedicado, o de uso exclusivo, capaz de excitar el solenoide con una tensión plena, y, en consecuencia, con una corriente plena, y, subsiguientemente, reducir dicha corriente llevando a cabo PWM de la señal de potencia suministrada al solenoide. Desgraciadamente, dichos circuitos integrados pueden producir interferencia eléctrica indeseable, como se ha descrito anteriormente. Por ejemplo, una nota de aplicación para el DRV102 de Texas Instruments establece: "Las tensiones y corrientes de conmutación de PWM pueden causar radiación electromagnética". La nota sugiere, adicionalmente, que la determinación del emplazamiento de componentes de reducción del ruido "puede desafiar la lógica", es decir, puede resultar difícil de predecir y requerir un ensayo empírico repetitivo. Además, tales circuitos integrados por lo común requieren la adición de un cierto número de componentes externos y son de configuración fija: el conector al que se asegura el solenoide tan solo puede excitar un solenoide. La presente invención, tal y como se expone más adelante, proporciona aplicaciones y flexibilidad adicionales de que no se dispone utilizando estos dispositivos de la técnica anterior.

La técnica anterior no se ha ocupado adecuadamente de un desafío de diseño significativo a la hora de excitar un solenoide: cómo determinar si un solenoide está cebado. Un solenoide puede fallar a la hora de alcanzar o permanecer en su posición cerrada o cebada con la aplicación de corriente eléctrica, por diversas razones. El solenoide puede estar atascado o ser incapaz de moverse inicialmente en ninguna dirección. La bobina de solenoide puede estar abierta o no tener continuidad eléctrica y, por tanto, ser incapaz de generar el campo magnético requerido. La bobina de solenoide puede estar en cortocircuito. El solenoide puede estar expuesto a vibración que ejerce una fuerza suficiente sobre el solenoide para descebarlo. O bien puede haber una pérdida momentánea de la corriente eléctrica que dé como resultado que la fuerza de mantenimiento del solenoide se reduzca brevemente. O bien la corriente que se aplica a la bobina de solenoide puede ser ligeramente menor que la necesaria para mantener de forma fiable la armadura del solenoide cebada bajo toda clase de variables físicas, como la temperatura ambiental. La técnica anterior tan solo enseña una única solución a este dilema de determinar el estado del solenoide, y es hacer que el solenoide cierre una conexión eléctrica cuando está cebado. La Figura 5 representa el aparato de la técnica anterior para determinar el estado del solenoide, ya sea cebado o abierto. En este sistema de la técnica anterior, el controlador 90 gobierna una bobina 91 de solenoide para que se cierre. Una vez que se ha dado al solenoide 91 tiempo suficiente para cebarse, el controlador 90 detecta entonces el estado del contacto auxiliar 92 que está mecánicamente ligado al mecanismo del solenoide. Basándose en el estado de dicho contacto auxiliar 92, dicho controlador 90 puede deducir el estado del solenoide 91. Sin embargo, si el solenoide 10 no es un relé, entonces dicho solenoide 10 ha de ser conectado mecánicamente a dicho contacto auxiliar 92, siendo semejante conexión problemática y costosa. Incluso en el caso de que el solenoide forme parte de un relé, esta estrategia requiere utilizar un conjunto de contactos para este procedimiento de supervisión. Se requieren circuitos eléctricos adicionales para supervisar este contacto extra, y, para sistemas que emplean una corriente de mantenimiento reducida, la secuencia de actuación debe ser repetida. En el caso de que el solenoide no forme parte de un relé, ha de añadirse entonces un conjunto de contactos al mecanismo del solenoide. Esta necesidad resulta prohibitiva, excepto para los sistemas de solenoide más críticos.

El documento DE 100 03 531 A1 divulga un método de conmutación de carga.

Compendio de la invención

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un método según la reivindicación 1. De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un módulo conforme a la reivindicación 11.

Ciertas realizaciones proporcionan un método y un aparato provistos de conexiones y configurables, destinados a excitar una bobina de solenoide, capaces de proporcionar una fuerza suficientemente grande para mover el solenoide desde su posición completamente abierta hasta su posición cebada. Pueden reducir también el consumo de energía y el calentamiento de la bobina de solenoide cuando el solenoide está cebado. La presente invención reduce la energía sin las continuas pérdidas originadas en un transistor o resistencia de estrangulamiento en serie. La invención facilita la detección de una bobina de solenoide que está abierta o en cortocircuito, y puede reducir la corriente que pasa por un solenoide en el que la armadura está atascada, a fin de reducir el consecuente sobrecalentamiento de la bobina. La presente invención elimina el requisito de utilizar PWM como método de excitación, y se encarga del comportamiento de apagado de la bobina sin necesidad de componentes adicionales, tales como diodos. La presente invención simplifica las conexiones a uno o más relés o solenoides sin necesidad de fuentes de suministro de energía externas. La presente invención permite la determinación acerca de si un solenoide se ha cebado sin necesidad de contactos eléctricos auxiliares, y puede utilizar información acerca del estado no

cebado del solenoide para aumentar de forma esencialmente instantánea la fuerza sobre la armadura del solenoide, a fin de hacer que la armadura retorne a su posición cebada antes de que la armadura se haya movido significativamente.

La presente invención extiende las enseñanzas de las Patentes de los EE.UU. Nos. 6.892.265, 7.216.191 y 7.822.896, y de la Solicitud de Patente de los EE.UU. N° 13/069.292, publicada como Publicación de Solicitud de Patente N° US 2011/0231176. En las invenciones previas, se describe un sistema provisto de conexiones y configurable en el que cualquier patilla conectadora de tal sistema puede ser configurada para una amplia variedad de funciones eléctricas, tales como la medición de una tensión, la generación de una tensión, la medición de una corriente, la generación de una corriente, la generación de varias magnitudes de potencia o incluso el manejo de información de frecuencia, tal como datos de comunicación en serie.

Un producto de una única versión construido haciendo uso de estas enseñanzas ha resuelto numerosos problemas de los controles industriales. Cuando se compara con módulos de entrada / salida de control industrial convencionales, el módulo de entrada / salida provisto de conexiones y configurable reduce drásticamente el número de componentes adicionales necesarios, tales como fuentes de suministro de energía y bloques terminales. El sistema de entrada / salida provisto de conexiones y configurable suprime la necesidad de muchos módulos de configuración fija diferentes, en virtud de su capacidad de para cambiar la configuración eléctrica de sus patillas conectadoras.

La presente invención permite modificar la configuración de las patillas del módulo de entrada / salida durante el funcionamiento normal, por lo que, sin hay un solenoide conectado entre dos de dichas patillas, la tensión a través del solenoide puede ser modificada sin que haya componentes añadidos o sin que se requiera el uso de PWM. Debido a que la presente invención permite modificar la configuración de las patillas de una fuente de suministro de energía a otra, o variar la magnitud de tensión de cualquiera de dichas múltiples fuentes de suministro de energía, la invención hace posible el uso de fuentes de suministro de energía de alta eficiencia. Por lo tanto, no se necesita ningún estrangulamiento ni PWM para reducir la tensión a través del solenoide, si bien nada excluye el uso de PWM en la presente invención, en caso de que se determine, por alguna razón, que esta es beneficiosa. Además de ello, la presente invención también proporciona dos maneras de manejar la corriente inductiva en el apagado. En primer lugar, el módulo provisto de conexiones y configurable puede estrangular la corriente gradualmente al tiempo que mantiene la tensión de la bobina dentro de una magnitud aceptable. En segundo lugar, la primera de las dos patillas del solenoide puede ser, de nuevo, reconfigurada para la misma tensión que la de la segunda patilla, con lo que se conectan, de esta forma, ambos lados de la bobina del solenoide a la misma fuente de suministro de energía, ya sea al lado de alta o al lado de baja. En ambos modos, se acomete el efecto de la inductancia de la bobina durante el apagado o desconexión del circuito, y no se requieren componentes adicionales para proporcionar un funcionamiento seguro del circuito.

Además de ello, debido a que la presente invención hace posible la conexión de otros elementos de circuito de detección y de fuente de suministro a la patilla conectadora, es posible determinar si el solenoide está cebado. Dicha determinación se basa en el hecho de que la inductancia eléctrica del solenoide está inversamente relacionada con la reluctancia eléctrica, y dicha reluctancia disminuye a medida que el espacio de separación de aire del solenoide se reduce a cero. Dicha determinación es activada por la imposición de un cambio, ya sea periódico, ya sea en escalón, en la tensión a través del solenoide, y la medición del cambio resultante, periódico o en escalón, en la corriente. Dicha corriente resultante es una función de la inductancia del solenoide. O bien, alternativamente, dicha determinación puede conseguirse realizando bien un cambio en escalón o bien un cambio periódico en la corriente que pasa por el solenoide, y midiendo el cambio resultante en la tensión, si bien la realización preferida es el primer método de determinación. Dicha determinación incluye averiguar si el solenoide está cebado, abriéndose o abierto. Además de ello, en el caso de que el solenoide llegue a descebarse de manera fortuita, el método y el aparato de la presente invención son capaces de aumentar de forma esencialmente simultánea la corriente del solenoide para recebar el solenoide, con lo que se evita la apertura accidental del solenoide. Dicho recebado puede ser llevado a cabo sin necesidad de ningún aparato adicional de los que se encuentran en la presente invención.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una representación de un solenoide genérico que muestra sus partes constitutivas principales.

La Figura 2 es un aparato de circuito común en la técnica anterior, destinado a excitar una bobina de solenoide, y, en particular, muestra el diodo de retorno requerido.

La Figura 3 es un aparato de circuito común en la técnica anterior, destinado a excitar una bobina de solenoide que se sirve de modulación en anchura de impulsos (PWM –“pulse width modulation”–), y, en particular, muestra el necesario diodo con sus cables conectados en serie, así como el diodo de retorno adicional.

La Figura 4 representa un circuito de la técnica anterior que es común a un controlador lógico programable y a un módulo de salida industrial de configuración fija.

La Figura 5 representa el aparato de la técnica anterior para detectar el estado descebado de un solenoide.

La Figura 6 representa el aparato configurable de la presente invención.

La Figura 7 representa la conexión de un relé o una bobina de solenoide a un módulo provisto de conexiones y configurable de la presente invención.

5 Las Figuras 8A, 8B y 8C representan las formas o perfiles de onda de mando, tensión y corriente, respectivamente, de la presente invención a la hora de contener activamente las corrientes del solenoide en disminución hasta cero.

Las Figuras 9A, 9B y 9C representan los perfiles de onda de mando, de tensión y de corriente, respectivamente, de la presente invención cuando se permite que las corrientes del solenoide en disminución fluyan hasta cero.

10 La Figura 10 representa un modelo de los componentes constitutivos resistivos e inductivos del solenoide para el propósito de describir el método y el aparato de la presente invención, a fin de determinar el estado descebado de un solenoide.

Las Figuras 11A, 11B, 11C y 11D representan los perfiles de onda de la tensión y de la corriente que se emplean para medir la inductancia del solenoide y, con ello, determinar el estado descebado de dicho solenoide, de acuerdo con la presente invención.

15 Las Figuras 12A y 12B representan los perfiles de onda de la tensión y de la corriente para un método alternativo de la presente invención para la determinación del estado de un solenoide.

La Figura 13 es un ejemplo de un ASIC [circuito integrado específico de la aplicación –“Application Specific Integrated Circuit”–] configurado como aparato de interfaz de excitación de patilla, de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención.

Descripción detallada de la invención

20 La Figura 6 representa un diagrama de bloques funcional del módulo de entrada / salida provisto de conexiones y configurable 15 de acuerdo con la presente invención. Incluido dentro de dicho módulo 15 de la realización preferida, se encuentra un microprocesador 80 que es capaz de dirigir cualquiera de una pluralidad de señales a una o más patillas 16 que se van a conectar, subsiguientemente, a diversos sensores y dispositivos de accionamiento, tales como un solenoide, aunque no se limitan en modo alguno a solenoides. En particular, dicho módulo de entrada / salida provisto de conexiones y configurable 15 contiene una o más fuentes de suministro de energía 81 que pueden ser encaminadas de la misma manera que otras de la pluralidad de señales, a través de medios de conmutación 82, tales como R5 y R6, y conectarse a una o más patillas conectoras 16. Cuando se conecta un solenoide entre dos de tales patillas 16, el módulo de entrada / salida provisto de conexiones y configurable 15 puede producir una de una pluralidad de magnitudes de potencia hacia dicho solenoide, por lo que se ajusta la corriente que fluye a través del solenoide sin la necesidad de PWM.

30 El módulo de entrada / salida configurable 15 puede contener un número cualquiera de aparatos de interconexión 83. Cada aparato de interconexión 83 se conecta a un dispositivo conector 16 y, opcionalmente, a través de un conmutador con punto de cruce interno, a otro aparato de interconexión. (Véase la Figura 13 y la descripción relacionada.) La Figura 6 se ha estilizado en gran medida y está destinada a trasladar la esencia del módulo de la presente invención.

35 La Figura 7 representa el módulo de entrada / salida provisto de conexiones y configurable 15 de la presente invención, cuando se conecta a un solenoide 10. En esta configuración, dicho módulo 15 ha sido configurado por el microprocesador 80 para encaminar una pluralidad de magnitudes de potencia desde las fuentes de suministro de energía 81 a las patillas 1 y 2 de dicho módulo 15. Cualquiera de las 15 patillas mostradas en la Figura 7 puede haberse configurado para esta función, a diferencia de los módulos de salida de configuración fija de la técnica anterior. A diferencia del módulo de salida de configuración fija de la técnica anterior, en el que se requería una fuente de suministro de energía de un dispositivo externo, no es necesario ninguno por parte de la presente invención y ninguno se ha mostrado en la Figura 7. También a diferencia del módulo de salida de configuración fija de la técnica anterior, en el que se requiere un diodo de retorno para proteger el módulo de salida, no se requiere ninguno por parte de la presente invención y, por tanto, no se ha mostrado ninguno. El módulo de entrada / salida provisto de conexiones y configurable 15 de acuerdo con la presente invención es, por tanto, capaz de hacer que se aplique una de una pluralidad de tensiones al solenoide 10 conectado, con lo que se alcanzan las metas de la presente invención.

40 Las Figuras 8A, 8B y 8C representan los perfiles de onda de tensión y de corriente resultantes del accionamiento del solenoide 10 utilizando un método y un aparato de contención, y que se muestran como una señal de excitación de solenoide en la Figura 8A. Existen nueve fases para el perfil de onda de la tensión, que ahora se pasa a describir. Cada fase se ha numerado de la 21 a la 29 en la Figura 8A.

En la fase 21, la tensión del solenoide es cero, que es el estado libre del solenoide. El solenoide no ha recibido potencia y está listo para ser accionado.

En la fase 22, en respuesta a que la señal de accionamiento del solenoide se hace verdadera, según se indica por la referencia 30, el módulo de entrada / salida provisto de conexiones y configurable 15 conecta la tensión de magnitud de accionamiento al solenoide 10. En esta realización preferida, dicha tensión de magnitud de accionamiento es 24V. En respuesta a la tensión impuesta, la corriente por la bobina de solenoide se incrementa rápidamente, referencia 40, y el solenoide se mueve rápidamente debido a que la tensión impuesta es, preferiblemente, más grande que la tensión de bobina de estado estacionario sostenible. Sin embargo, variando la duración de la fase 23, es posible controlar la fuerza de accionamiento del solenoide.

En la fase 23, el módulo de entrada / salida provisto de conexiones y configurable 15 mantiene la tensión en la bobina del solenoide en la magnitud de puesta en marcha, y la corriente de la bobina se desplaza asintóticamente hasta el estado estacionario, según se indica por la referencia 41. La longitud de la porción de fase 23 se ha dimensionado de manera tal, que dicha corriente de solenoide puede no alcanzar el estado estacionario con el fin de controlar la fuerza de accionamiento del solenoide. Al final de la fase 41, el solenoide está, preferiblemente, en su posición cerrada o cebada.

En la fase 24, el módulo de entrada / salida provisto de conexiones y configurable 15 desconecta, esencialmente de forma simultánea, la tensión de magnitud de accionamiento del solenoide y conecta al solenoide la tensión de magnitud de sostenimiento. Alternativamente, la magnitud de tensión de una fuente de suministro de energía individual puede ser modificada para conseguir el mismo objetivo. La tensión de magnitud de sostenimiento se escoge para proporcionar una gran fuerza de mantenimiento para el solenoide, en tanto que dicha tensión de magnitud de sostenimiento puede no ser suficiente para poner en marcha de forma fiable el solenoide en todas las circunstancias. Dicha tensión de magnitud de sostenimiento puede, preferiblemente, ser ajustada por el microprocesador 80. Al iniciarse la fase 24, la corriente 42 de la bobina de solenoide comienza a decrecer en respuesta a la tensión aplicada, más baja. Dicha corriente de la bobina de solenoide disminuye hasta un estado estacionario 43 transcurrido un cierto periodo de tiempo que es función de las características eléctricas del solenoide.

En la fase 25, la tensión de magnitud de sostenimiento se mantiene aplicada al solenoide con el fin de mantener el solenoide cebado. La fase 25 se mantiene tanto tiempo como se requiera por el sistema de control. Este tiempo puede oscilar de milisegundos a meses, o ser aún mayor.

En la fase 26, se inicia el procedimiento de retirar potencia del solenoide en respuesta a que la señal de excitación del solenoide se hace falsa, referencia 31. El circuito de excitación de solenoide configurable no puede simplemente abrir sus transistores de excitación hacia el solenoide, debido a que la inductancia de la bobina de solenoide –que hace impracticable una rápida reducción de la corriente– haría que la tensión en la patilla 16 del módulo de entrada / salida provisto de conexiones y configurable se hiciera muy negativa con respecto a tierra y, probablemente, dañara o destruyera los medios de conmutación 82. Si la bobina del solenoide está equipada con un denominado diodo de retorno, entonces se proporciona un camino a dicha corriente de solenoide mientras la energía de la bobina es disipada. Sin embargo, si o hay diodo de retorno, entonces la tensión de la bobina pasará por cero voltios y se hará negativa. El módulo de entrada / salida provisto de conexiones y configurable 15 de la presente invención está, por tanto, configurado para comenzar a estrangular la corriente de la bobina y sujetar la tensión de la bobina a un cierto valor, el cual, en la realización preferida, es aproximadamente -5 V con respecto a tierra.

En la fase 27, el procedimiento de estrangulación continúa hasta que la tensión que la bobina es capaz de suministrar cae hasta ser menor que el valor sujetado de la tensión. Durante la fase 27, la corriente 44 de la bobina de solenoide disminuye linealmente.

En la fase 28, el módulo de entrada / salida provisto de conexiones y configurable 15 detiene el estrangulamiento activo de la corriente de la bobina de solenoide y, en lugar de ello, proporciona una excitación de puerta de transistor fija, con lo que disipa la energía remanente de la bobina de solenoide. La corriente del solenoide, según se indica por la referencia 45, cae exponencialmente a cero durante la fase 28, y la bobina de solenoide retorna a su estado libre.

En la fase 29, la bobina de solenoide se encuentra en el mismo estado en que estaba en la fase 21: la bobina está quieta, el solenoide no está acoplado, y el solenoide está de nuevo listo para ser accionado. La corriente del solenoide, según se indica por la referencia 46, es también nula.

Haciendo referencia a las Figuras 6 y 7, el aparato de interfaz 84 puede haberse configurado para conectar una de una pluralidad de fuentes de suministro de energía al conector 16 de dispositivo al que está conectado el solenoide 10. Por ejemplo, puede hacerse inicialmente que los medios de conmutación 82 conecten una fuente de suministro de energía de 24 VCC [voltios de corriente continua] a dicho dispositivo conector 16 con el fin de conseguir la fase de puesta en marcha del solenoide. De la misma manera, puede hacerse entonces que dicho aparato de interfaz 84 conecte una fuente de suministro de energía de 5 VCC a dicho conector 16 de dispositivo, a fin de conseguir la fase de sostenimiento del solenoide.

Las Figuras 9A, 9B y 9C son muy similares a las Figuras 8A, 8B y 8C, con la excepción de que, en lugar de estrangular la corriente del solenoide, las dos patillas del módulo de entrada / salida provisto de conexiones y

configurable 15 que se conectan al solenoide 10 se ajustan en la misma tensión, ya sea en el lado de alta o en el lado de baja. Al hacer esto, la corriente del solenoide fluye a través de dicho módulo 15 hasta que la corriente del solenoide se agota. De esta forma, la fase 27 de la Figura 9B permanece en cero voltios, no en -5 voltios como en la Figura 8B. Y la corriente de la Figura 9C decrece asintóticamente hasta cero en la fase 46.

5 En el contexto de la presente invención, la determinación del estado del solenoide, ya esté cebado, abriéndose o completamente abierto, se consigue midiendo la inductancia de la bobina de solenoide, ya que dicha inductancia es inversamente proporcional a la reluctancia, que es, en cuanto a esta, una función del espacio de separación de aire del solenoide: la reluctancia disminuye conforme se reduce el espacio de separación de aire, y decrece entonces
10 adicionalmente cuando el solenoide se ceba por completo y se suprime esencialmente el espacio de separación de aire. La presente invención proporciona diversos métodos y diversos aparatos para medir dicha inductancia. Se describirán dos métodos y dos aparatos, pero estos están destinados únicamente a propósitos ilustrativos. Son posibles métodos más simples o más apropiados que se sirven de otras características de la presente invención, pero esta descripción está destinada a trasladar la esencia de la invención.

15 La Figura 10 representa un modelo de circuito eléctrico común que se utiliza para describir la medición de la inductancia de la presente invención. Específicamente, el solenoide 10 se ha separado en dos partes constitutivas. Su componente resistivo 95 está conectado en serie a su componente inductivo 96. Este modelo facilitará la descripción del sistema de medición de la inductancia.

La Figura 11A representa la tensión de CC a través del solenoide. Dicha tensión puede ser cualquier valor apropiado que sea mayor o igual que cero voltios. La Figura 11B representa la corriente CC resultante, dada la tensión
20 aplicada representada en la Figura 11A, de manera que dicha corriente CC resultante es mayor o igual que cero. La Figura 11C representa una señal de tensión sinusoidal de una frecuencia adecuada, impuesta a la señal de tensión de CC de la Figura 11A, siendo dicha tensión sinusoidal un porcentaje de la tensión de CC suficientemente pequeño para no afectar el funcionamiento del solenoide, pero suficientemente grande para generar una corriente medible en dicho solenoide 10. Dicha señal de tensión sinusoidal se establece realizando pequeño cambios en el punto de
25 ajuste de la tensión de cualquiera de las múltiples fuentes de suministro de energía 81 conectadas al módulo de entrada / salida provisto de conexiones y configurable 15 de la presente invención. Dicha señal de tensión sinusoidal provocará una variación en la señal de corriente CC de la Figura 11B, que es también esencialmente sinusoidal. Dicha variación en la señal de corriente CC se muestra en la Figura 11D. La fase de la señal de la Figura 11D con respecto a la señal de tensión sinusoidal de la Figura 11C será función de las magnitudes relativas de los dos
30 elementos constitutivos representados en la Figura 10, los componentes resistivo 95 e inductivo 96 de dicho solenoide 10. Específicamente, si el elemento resistivo 95 de la Figura 10 hubiera de ser grande y el componente resistivo 96 de la Figura 10 hubiera de ser pequeño, entonces la fase de la señal de corriente de la Figura 11D con respecto a la señal de tensión de la Figura 11C sería pequeña y más cercana a 0 grados que a 90°. Si, por el contrario, el componente resistivo 95 de la Figura 10 hubiera de ser pequeño y el componente inductivo 96 de la
35 Figura 10 hubiera de ser grande, entonces la fase de la señal de corriente de la Figura 11D con respecto a la señal de tensión de la Figura 11C sería grande y más cercana a 90 grados que a 0 grados. Utilizando métodos bien conocidos de tratamiento de señal en los que pueden ser extraídas las componentes en cuadratura de la señal de corriente, es posible medir el componente inductivo del solenoide 10.

40 Pueden utilizarse métodos y aparatos alternativos para la medición de la inductancia, tales como la excitación de onda cuadrada periódica, en lugar de la excitación de onda senoidal periódica, con resultados similares y, quizá, una realización más simple y efectiva. Por otra parte, cambios en escalón en la tensión o en la corriente y la subsiguiente medición de la respuesta en la tensión o en la corriente pueden proporcionar mediciones de inductancia similares en una realización que puede ser más apropiada para los circuitos electrónicos que se emplean.

45 Un método alternativo para la determinación del estado del solenoide se basa en la observación de las respuestas ante los escalones, en lugar de observar la fase y la magnitud de la respuesta a una excitación periódica. La Figura 12A representa la tensión del solenoide para una secuencia típica de aporte y eliminación de energía, de tal manera que se utilizan impulsos de indagación de estado para determinar si el solenoide está cebado. La magnitud o la polaridad así como la duración de estos impulsos de indagación se han diseñado para evitar alterar el estado del solenoide. La Figura 12B representa la respuesta de corriente del solenoide a esta secuencia de la Figura 12A y sus
50 impulsos de indagación. Las tres tensiones impuestas a través del relé en este método serán, en una realización preferida, de la misma magnitud que se utiliza para el aporte de energía, el mantenimiento la eliminación de la energía, si bien este no es un aspecto crucial de la presente invención. Se describirá en detalle, a continuación, este método en el orden de sucesos o fases de la secuencia representada.

55 Inicialmente, el solenoide carece de energía, con corriente y tensión nulas. En este estado, pueden aplicarse impulsos de indagación de amplitud y duración suficientemente pequeñas para producir la respuesta de corriente 50 sin mover la armadura del solenoide. Muestreando dicha respuesta de corriente en su pico conocido, al final del impulso de indagación, es posible inferir la inductancia del solenoide con una sola muestra, siempre y cuando la duración del impulso de indagación sea corta en comparación con la constante de tiempos L/R del solenoide en su estado cebado o descebado, o entre estos estados. Como se ha descrito anteriormente, la inductancia indica el
60 estado del solenoide, lo que constituye un propósito de la invención.

En algún momento, se aporta energía al solenoide, lo que produce la respuesta de corriente 51 y una de las respuestas de corriente 52 o 53, dependiendo de si la armadura del solenoide se mueve o no. Debido a que la inductancia puede medirse para el estado carente de energía, y comoquiera que las respuestas 51 y 53 forman, ambas, parte de una exponencial real simple determinada por esa inductancia conocida y por la resistencia, conocida por otros medios, esta respuesta de patilla que no se mueve puede distinguirse fácilmente del par de respuestas 51 y 52, que exhiben trayectorias marcadamente diferentes. Esta distinción puede realizarse muestreando la corriente en instantes a lo largo de la respuesta cuya separación temporal sea corta en comparación con la constante de tiempos L/R, con lo que se permite una computación simple por parte del microprocesador 80 para detectar la desviación 52 de trayectoria con respecto a la exponencial real simple, desviación que indica el movimiento deseado de la armadura del solenoide. Este método representa una mejora sobre una invención anterior, la Patente de los EE.UU. N° 3.946.285, la cual se basa en la detección de la punta al final de la fase de respuesta 52, debido a que no está basado en una doble diferenciación o existencia de la punta que pueda ser suavizada o eliminada si la armadura del solenoide no se detiene bruscamente al final de su desplazamiento de acumulación de energía.

Tras una acumulación de energía satisfactoria, la tensión del solenoide se reduce hasta su magnitud de mantenimiento, lo que produce una respuesta de corriente 54, que finalmente se establece en la corriente de mantenimiento de baja potencia al comienzo de la respuesta de corriente 55.

Durante la acumulación de energía, se aplican impulsos de indagación a cualquier ritmo que sea apropiado para la aplicación, lo que produce una respuesta de corriente 55. Si bien esta es similar a la respuesta de corriente 50, el cambio en la corriente con respecto a la amplitud en escalón es más pequeño debido a la inductancia mucho más alta del solenoide en este estado. De nuevo, para la respuesta de corriente 50, puede utilizarse una única muestra del pico de respuesta 55 para inferir la inductancia del solenoide y, por tanto, su estado cebado o descebado. Debido a que la inductancia en el estado descebado es varias veces menor que la inductancia en el estado cebado, la amplitud de la respuesta de corriente 55 con respecto a su línea de base de corriente de mantenimiento distingue fácilmente los estados del solenoide.

En algún momento el solenoide se descarga de energía, produciendo la respuesta de corriente 56 y una de las respuestas de corriente 57 o 58, dependiendo de si la armadura del solenoide se mueve o no. Estas condiciones pueden ser distinguidas por los mismos criterios anteriormente mencionados para la detección de una carga de energía satisfactoria, a excepción de para detectar la descarga de energía satisfactoria.

Por último, se llega al estado descargado de energía, en el que los impulsos de indagación producen la respuesta de corriente 59 a cualquier ritmo que sea adecuado para la aplicación.

Ha de apreciarse que los impulsos de indagación indican la posición de la armadura del solenoide independientemente de si se ha detectado el movimiento de la armadura, al distinguir trayectorias de corriente. Para muchas aplicaciones, bastarán tan solo los impulsos de indagación para detectar fallos en el solenoide. Sin embargo, la detección del movimiento proporciona una indicación más temprana del éxito o del fallo, durante un tiempo en que los impulsos de indagación no pueden ser aplicados. Tal detección temprana puede ser importante en aplicaciones en las que otras acciones del sistema deberán seguir pronto a un cambio en el estado del solenoide, pero únicamente si ese cambio se produce según se ordena.

Dicha medición de la inductancia puede llevarse a cabo de forma constante por parte del sistema provisto de conexiones y configurable de la presente invención. Debido a que la medición no afecta al funcionamiento del solenoide, es preferible que la medición se haga primeramente cuando el solenoide no está cargado de energía, con una tensión de CC por encima de cero. Dicha primera medición se utiliza entonces como la inductancia de línea de base del solenoide.

Cuando se ordena, en primer lugar, al solenoide que se cebe por la acción del módulo de entrada / salida provisto de conexiones y configurable 15, sigue realizándose dicha medición de inductancia. Cuando el solenoide está cebado, la inductancia cebada medida será más alta que dicha primera medición de línea de base de la inductancia, debido a las características eléctricas previamente descritas de un solenoide. Dicha inductancia cebada medida se almacena por el microprocesador 80 del módulo 15 de entrada / salida provisto de conexiones y configurable, y es subsiguientemente utilizada para determinar el estado del solenoide, ya sea cebado, abierto o cerrado.

Dicha medición de la inductancia se lleva a cabo de forma continua durante el tiempo que se pretende que el solenoide permanezca cebado, tiempo durante el cual la tensión del solenoide se encuentra en su magnitud de mantenimiento más baja 25. Si, por alguna razón, dicho solenoide 10 se desceba, su inductancia se reducirá en consecuencia. Dicha medición de la inductancia detectará esta disminución en la inductancia. De forma esencialmente simultánea, el módulo de entrada / salida provisto de conexiones y configurable 15 aumentará la tensión del solenoide hasta su valor de puesta en marcha 23, a fin de recebar el solenoide 10. Al hacer esto, la presente invención puede evitar que la armadura del solenoide 5 se mueva lo bastante lejos como para afectar el estado mecánico del mecanismo al que está conectado el solenoide 10. Una vez recebado el solenoide 10, el módulo de entrada / salida provisto de conexiones y configurable 15 puede, entonces, rebajar de nuevo la tensión de solenoide aplicada hasta el valor de mantenimiento 25, al objeto de reducir de nuevo la energía consumida por el

solenoides 10. El método y el aparato de la presente invención pueden, opcionalmente, aumentar ligeramente la tensión de solenoide aplicada, a fin de aumentar ligeramente la fuerza de mantenimiento del solenoide para compensar el efecto que conducía al descebado del solenoide.

El método de apagado de contención según se ha descrito anteriormente con referencia a las Figuras 8A-8C, las variaciones descritas con referencia a las Figuras 9A-9C, el método para determinar el estado de un solenoide como se ha descrito con referencia a las Figuras 10 y 11A-11D, y las variaciones del mismo, pueden ser, todos ellos, implementados con el módulo de entrada / salida provisto de conexiones y configurable de la presente invención, y con un programa informático. El programa informático puede ser almacenado en memoria en el módulo y ejecutado por el microprocesador en el módulo. Alternativamente, el programa puede ser almacenado externamente al módulo –en un sistema de control, por ejemplo–, y se envían instrucciones al microprocesador del módulo para hacer funcionar los procedimientos. En una alternativa adicional, programas informáticos para algunos de los procedimientos de la presente invención pueden ser almacenados en memoria en el módulo, y otros, externos al módulo –en memoria, en el sistema de control, por ejemplo–. En la Figura 7 se muestra un ejemplo de un controlador 85 de sistema, conectado al módulo 15. La conexión entre el controlador de sistema y el módulo puede ser un cable estándar o una conexión de red (por ejemplo, Ethernet). La conexión puede ser un conector de placa de base –por ejemplo, el módulo puede ser enchufado en la placa de base de un PLC o de un controlador incorporado. La conexión puede ser también una conexión inalámbrica. Si apartarse de las enseñanzas de la presente invención, un módulo de entrada / salida provisto de conexiones y configurable puede: actuar como un denominado controlador incorporado; ser una placa de circuitos que forme parte de un sistema más grande; o funcionar, en sí mismo, como el controlador de sistema.

El aparato de interfaz 84, que incluye aparatos de interconexión 83 como los ilustrados en la Figura 6, puede haberse configurado como un circuito integrado (IC –“Integrated Circuit”–). El IC se repite dentro del módulo de I/O 15 para cada conector 16 de dispositivo. De esta forma, si hay 25 conectores 16 de dispositivo, entonces se emplearán 25 ICs. El módulo 15 puede contener cualquier número de ICs, al igual que cualquier módulo puede contener cualquier número de conectores 16 de dispositivo. Otra realización puede emplear una arquitectura de IC diferente en la que se manejan múltiples conectores 16 de dispositivo en cada IC o se utilizan múltiples ICs para manejar uno o más conectores de dispositivo. El resultado de utilizar un IC es una reducción drástica del tamaño y del coste de construir un módulo 15 en virtud de la miniaturización alcanzada por los modernos procedimientos de semiconductor.

La Figura 13 es un diagrama de bloques de un circuito integrado capaz de llevar a efecto el aparato de interfaz, según se indica por la referencia 84. El circuito integrado 198 ha sido específicamente diseñado para desempeñar el papel de aparato de interconexión, de forma que puede hacerse referencia a este como circuito integrado específico de la aplicación (ASIC –“Application Specific Integrated Circuit”–). Este ASIC se ha diseñado específicamente para proporcionar la capacidad funcional del aparato de interconexión 83. En algún momento en el futuro, tal ASIC podría convertirse en un producto estándar de un comercializador de circuitos integrados. En consecuencia, el término «ASIC», tal y como se utiliza en esta memoria, incluye un circuito integrado estándar diseñado para funcionar como aparato de interfaz. Por otra parte, la expresión «circuito integrado, (IC)», tal y como se utiliza en esta memoria, está destinada a cubrir el siguiente abanico de dispositivos: ASICs, ICs híbridos, ICs híbridos de cerámica conjuntamente calcinada a baja temperatura (LTCC –“low temperature co-fired ceramic”–), módulos de múltiples chips (MCMs –“multi-chips modules”–) y dispositivos de sistema en un paquete (SiP –“system in a package”–). Los ICs híbridos son circuitos electrónicos en miniatura que proporcionan la misma capacidad funcional que un IC (monolítico). Los MCMs comprenden al menos dos ICs; el aparato de interfaz de la presente invención puede ser llevado a la práctica por un MCM en el que las capacidades funcionales requeridas se dividen entre múltiples ICs. Un SiP, también conocido como MCM de Pila de Chips, consiste en un cierto número de ICs encerrados en un único paquete o módulo. Un SiP puede ser utilizado, en la presente invención, de forma similar a un MCM. En teoría, podrían utilizarse dispositivos lógicos programables para llevar a la práctica el aparato de interfaz de la presente invención. Sin embargo, los dispositivos lógicos programables actualmente disponibles, tales como las matrices de puerta programable por efecto de campo (FPGAs –“field programmable gate arrays”–), tienen diversas limitaciones funcionales que hacen su uso indeseable –por ejemplo, una FPGA no puede encaminar potencia o conexión a tierra a una patilla dada. En caso de que las FPGAs se desarrollasen hasta superar estas limitaciones funcionales, entonces estas FPGAs mejoradas podrían utilizarse como componentes para llevar a efecto el aparato de interfaz 84.

La Figura 13 representa un diagrama de bloques de un ASIC 198 de dispositivo de excitación de patilla. Cuando se conecta al microprocesador 80 por medio de un bus de comunicación en serie 206, tal como una interfaz SPI [interfaz periférica en serie –“Serial Peripheral Interface”–], el microprocesador 80 de las Figuras 6 y 7 puede gobernar el ASIC 198 para llevar a cabo las funciones de los circuitos del aparato de interconexión 83. Si bien los circuitos de la Figura 13 parecen diferentes del aparato de interconexión 83, el ASIC 198 es capaz de llevar a cabo las mismas funciones requeridas, o similares. Mientras que la Figura 6 es un diagrama algo idealizado con la intención de trasladar la esencia del módulo de la invención, la Figura 13 contiene más de los elementos de circuito que se podrían colocar dentro de un ASIC. En cualquier caso, la Figura 13 implementa todos los elementos de circuito de la Figura 6. Por ejemplo, la Figura 6 muestra un convertidor de digital a analógico (D/A o DAC –“digital-to-analog converter”–) conectable al conector de comunicación 16 del dispositivo. En la Figura 13, el convertidor de

digital a analógico 226 está conectado a la patilla de salida 208 a través del conmutador 220. La presente invención también incluye otras disposiciones de circuito para un ASIC 198, para el mismo o similar propósito. Los expertos de la técnica sabrán cómo diseñar una variedad de tales circuitos, de manera que estos estarán incluidos en la presente invención.

- 5 Se describirán, a continuación, brevemente características proporcionadas a modo de ejemplo del ASIC de la Figura 13. Puede aplicarse potencia a la patilla 208 mediante el cierre de un conmutador de alta corriente 222b y el ajuste del selector 227 de fuente de suministro en cualquiera de las tensiones de las fuentes de suministro de energía disponibles, tales como 24 voltios, 12 voltios, 5 voltios, tierra o 12 voltios negativos. Dichas tensiones de fuente de suministro de energía disponibles proporcionan las magnitudes de tensión de puesta en marcha y de sostenimiento
- 10 requeridas para excitar el solenoide.

El ASIC puede medir la tensión en la patilla 208 cerrando el conmutador de baja corriente 222 y leyendo la tensión obtenida por conversión por el convertidor de analógico a digital 216.

- 15 El ASIC puede medir la corriente suministrada a la patilla 208 por medio del conmutador de alta corriente 222b, mediante el uso de los múltiples limitadores de corriente programables 224, que contienen aparatos de medición de corriente. Dicha medición de corriente se utiliza para determinar la inductancia del solenoide así como para determinar si dicha bobina de solenoide está en cortocircuito o abierta.

- 20 La variación periódica en la tensión hacia el solenoide que se utiliza para determinar la inductancia del solenoide, se consigue, de la manera más fácil, variando ligeramente la tensión de la pluralidad de fuentes de suministro de energía 81, de tal modo que dicha fuente de suministro de energía apropiada se selecciona por el selector 227 de fuente de suministro de energía. El cambio en escalón de la tensión hacia el solenoide que se utiliza para determinar la inductancia del solenoide se consigue, de la manera más fácil, cambiando momentáneamente el selector 227 de fuente de suministro de energía para aumentar o reducir la tensión del solenoide, con el fin de aumentar o reducir la corriente del solenoide al objeto de efectuar la medición de la inductancia del solenoide.

- 25 El ASIC 198 tiene la facultad de medir la magnitud de la corriente que fluye hacia o desde el nodo 208 designado como "patilla" en la Figura 13. El circuito excitador 198 de patilla utiliza, en este caso, su convertidor de A/D 216 para medir la corriente que fluye hacia o desde el nodo 208 de patilla, con lo que se hace posible la detección de la corriente excesiva o se detecta si un dispositivo conectado al nodo 208 de patilla está funcionando o se ha cableado correctamente.

- 30 El ASIC 198 también tiene la facultad de supervisar la corriente de fluye hacia y desde el nodo 208 de patilla, a fin de desconectar unilateralmente el circuito 198, con lo que se protege el ASIC 198 de daños por cortocircuitos u otras condiciones potencialmente dañinas. El ASIC 198 emplea un denominado "circuito de detección de abusos" 218 para supervisar cambios rápidos en la corriente que podrían, potencialmente, dañar el ASIC 198. Los conmutadores de baja corriente 220, 221 y 222, así como el conmutador de alta corriente 222b, responden al circuito de detección de abusos 218 desconectando la patilla 208.

- 35 El circuito de detección de abusos 218 del ASIC 198 tiene la facultad de establecer un límite de corriente para la patilla 208, de tal manera que el límite de corriente se ajusta de forma programada por el microprocesador 80. Esto se indica por las selecciones 224.

- 40 El ASIC 198 puede medir la tensión en el nodo 208 de patilla con el fin permitir al microprocesador 80 determinar el estado de una entrada digital conectada al nodo de patilla. El umbral de una entrada digital puede, por tanto, ser programado en lugar de haberse fijado en el hardware. El umbral de la entrada digital es ajustado por el microprocesador 80 utilizando el convertidor de digital a analógico 226. La salida del convertidor de digital a analógico 226 es aplicado a uno de los lados de un comparador de enganche 225. La otra entrada al comparador de enganche 225 es encaminada desde la patilla 208 y representa la entrada digital. Por lo tanto, cuando la tensión de la entrada digital sobre la patilla 208 cruza el umbral establecido por el convertidor de digital a analógico, el
- 45 microprocesador 80 es capaz de determinar el cambio en la entrada y, por tanto, deducir que la entrada digital ha cambiado de estado.

- 50 El ASIC 198 puede medir una señal de corriente presentada en el nodo de patilla, siendo la señal de corriente producida por diversos dispositivos de control industrial. El ASIC 198 puede medir señales que varían sobre los intervalos estándar de 4 mA – 20 mA y de 0 mA a 20 mA. Estos medios de medición de corriente son llevados a efecto por el microprocesador 80, ya que este hace que el registro de almacenamiento intermedio 231 de tensión de ganancia seleccionable produzca una tensión conveniente, tal como cero voltios, en su terminal de salida. Al mismo tiempo, el microprocesador 80 hace que la resistencia 228 de fuente de suministro seleccionable presente una resistencia al camino de la corriente desde el dispositivo de control industrial y su salida de corriente. Esta corriente entra en el ASIC 198 a través de la patilla 208. La tensión impuesta en uno de los lados de una resistencia conocida
- 55 hará que la corriente, desconocida, procedente del dispositivo externo produzca una tensión en la patilla 208 que es entonces medida por medio del convertidor de analógico a digital 216, a través del conmutador de baja corriente 222. El microprocesador 80 hace uso de la ley de Ohm para resolver la corriente desconocida que se está generando por el dispositivo de control industrial.

El ASIC 198 incluye funciones según se ha descrito anteriormente con referencia al aparato de interfaz 84. Por ejemplo, un ASIC 198 puede incluir un aparato de interconexión 83 que incluye un convertidor de digital a analógico 226, de tal manera que el microprocesador 80 es programable para dirigir la recepción de una señal digital procedente del microprocesador 80 y hacer que la señal se convierta por el convertidor de digital a analógico 226 en una señal analógica, y para emplazar una copia de la señal analógica en la patilla 208. Véanse las Figuras 6 y 13.

El ASIC 198 puede también incluir un aparato de interconexión 83 que incluye un convertidor de analógico a digital 216, y en él el microprocesador 80 es programable para detectar una señal analógica en cualquier contacto 16 seleccionado y hacer que el convertidor de analógico a digital 216 convierta la señal en una señal digital y suministre como salida una copia de la señal digital al microprocesador 80.

El ASIC 198 puede también incluir un selector 227 de fuente de suministro y un conmutador de alta corriente 222b situado entre el selector 227 y la patilla 208. El microprocesador 80 es programable para hacer funcionar un selector 227 de fuente de suministro con el fin de hacer que una tensión de fuente de suministro de energía sea conectada a un primer contacto 16, y para hacer que un retorno de fuente de suministro de energía sea conectado a un segundo contacto 16.

Haciendo referencia a la Figura 13, hay un conmutador de punto de cruce de 2x8 210 que sirve para conectar un sensor a dos patillas adyacentes 208 que están, a su vez, conectadas a dos conectores de comunicación 16 de dispositivo adyacente. El conmutador de punto de cruce 210 permite que un sensor, tal como un termopar, sea conectado a un amplificador diferencial de precisión 212. El amplificador diferencial de precisión 212 puede ser conectado, a través del conmutador de baja corriente 222 y del conmutador de punto de cruce de 2x8 210, a la E/S [entrada / salida –“I/O (input / output)”–] de punto de cruce de 4 vías 214 y, a continuación, a otra E/S de punto de cruce de 4 vías 214 situada en un circuito integrado adyacente 19 (el circuito integrado para un contacto adyacente 16).

Otras mejoras de la presente invención incluyen la capacidad del módulo 15 para llevar a cabo un control independiente de los dispositivos conectados al módulo 15. Si, por ejemplo, se conecta un solenoide al módulo 15, entonces el microprocesador 80 puede llevar a cabo la medición periódica o continua requerida de la inductancia al hacer que la tensión del solenoide varíe ligeramente y medir entonces la corriente resultante utilizando los aparatos de medición de corriente de los limitadores de corriente programables 224. Además, dicho microprocesador 80 puede llevar a cabo las etapas requeridas para desactivar el solenoide estrangulando o haciendo recircular la corriente. El módulo 15 puede, con ello, llevar a cabo todas las funciones necesarias para accionar un solenoide y verificar su estado, ya sea cebado o abierto.

Haciendo referencia a las Figuras 6 y 7, el microprocesador 80 está generalmente configurado / programado por un controlador 85 para recibir instrucciones del controlador según se requiera para detectar un estado particular de un dispositivo seleccionado, tal como una inductancia de solenoide y/o accionar un dispositivo seleccionado, tal como el solenoide 10, y proporcionar los datos correspondientes al controlador del sistema. El microprocesador 80 puede también ser programado / dirigido por el controlador para hacer que una señal particular se aplique a cualquiera seleccionado de uno o más contactos 16. Además de ello, el microprocesador 80 se ha programado para responder al direccionamiento para enviar un tipo de señal seleccionado desde uno o más dispositivos al controlador de sistema. En otras palabras, el microprocesador controla la configuración del aparato de interfaz 84 y, generalmente, el microprocesador es controlado por el controlador de sistema. Alternativamente, el aparato de interfaz puede ser configurado en respuesta a un mensaje almacenado en la memoria del microprocesador 80 del módulo 15.

En algunas realizaciones, el microprocesador 80 tiene un servidor web incorporado. Una computadora personal puede conectarse al módulo 15 utilizando un cable de Ethernet o un dispositivo de comunicación inalámbrico, y, a continuación, a internet. Aquí, la computadora personal puede también ser un controlador de sistema. El servidor web incorporado proporciona páginas de configuración para cada dispositivo conectado al módulo 15. El usuario utiliza entonces un ratón u otras entradas de teclado para configurar la función del dispositivo y asignar patillas de entrada / salida. El usuario puede simplemente arrastrar y soltar iconos de la página de configuración para determinar un aparato de interconexión específico para cada uno de los contactos. En otras realizaciones, el microprocesador 80 se sirve de una conexión de red para acceder a un servidor situado en internet y recibir de dicho servidor instrucciones para determinar un aparato de interconexión específico para cada uno de los contactos.

Como ejemplo del funcionamiento del módulo 15, el microprocesador 80 puede haberse programado para reconocer datos de entrada particulares incluidos, por ejemplo, en un paquete de Ethernet o en un cable de red conectado a dicho microprocesador, que contiene instrucciones para accionar un solenoide particular conectado a dicho módulo 15.

Los aparatos (R1-R12) de conmutación de circuitos se han mostrado esquemáticamente como relés. En una realización, este aparato de conmutación se materializa como un circuito semiconductor. (Véase la Figura 13 y la descripción relacionada.) Es posible realizar un circuito semiconductor de una manera mucho menos costosa y que puede actuar más rápido que circuito de relé electromecánico. Se utiliza un relé electromecánico a fin de mostrar la esencia de la invención.

Si bien ciertas realizaciones representativas y detalles se han mostrado para propósitos de ilustrar la invención, resultará evidente para los expertos de la técnica que pueden realizarse diversos cambios en los métodos y aparatos divulgados en esta memoria sin apartarse del alcance de la invención, que se define en las reivindicaciones que se acompañan.

REIVINDICACIONES

1.- Un método para hacer funcionar una pluralidad de solenoides utilizando un módulo de entrada / salida provisto de conexiones y configurable (15), conectado eléctricamente a las bobinas de dichos solenoides, que comprende las etapas de:

- 5 (a) en respuesta a que una señal de excitación de solenoide se haga verdadera, conectar una tensión de accionamiento y establecer una corriente de accionamiento hacia la bobina por parte de dicho módulo (15), de tal manera que dicha tensión de accionamiento y dicha corriente de accionamiento hacen que dicho solenoide se cierre o cebe;
- 10 (b) al cerrar o cebar dicho solenoide, cambiar a una tensión sostenida y una corriente sostenida en la bobina por parte de dicho módulo (15), de tal manera que dicha tensión sostenida o corriente sostenida es menor que dicha tensión de accionamiento o corriente de accionamiento, y mantener dicho solenoide en una posición cerrada o cebada; y
- (c) mantener dichas tensión sostenida y corriente sostenida por parte de dicho módulo (15);

en el que dicho módulo (15) incluye:

- 15 (i) un aparato conector de comunicación de dispositivo, para conectar al menos un conductor entre dicho módulo y cada uno de dichos solenoides,
- (ii) un aparato de interfaz (84), para hacer que dicho módulo (15) sitúe cualquiera de una pluralidad de señales en cualquiera de una pluralidad de contactos (16) de dicho aparato conector de comunicación de dispositivo,
- (iii) al menos una fuente de suministro de energía (81), para dirigir potencia a dichos solenoides, y
- 20 (iv) un microprocesador (80), para hacer que dicho módulo (15) sitúe cualquiera de una pluralidad de señales en cualquiera de una pluralidad de contactos (16) de dicho aparato conector de comunicación de dispositivo;

25 en el cual cualquier contacto (16) de dicho aparato de comunicación de dispositivo puede haberse configurado para una amplia variedad de funciones eléctricas, incluyendo la medición de una tensión, la generación de una tensión, la medición de una corriente, la generación de una corriente, la generación de diversas magnitudes de potencia e incluso el manejo de información de frecuencia, tal como datos de comunicación en serie.

2.- El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual dicha etapa de cambiar incluye:

desconectar dichas tensión de accionamiento y corriente de accionamiento de dicho solenoide y conectar dichas tensión sostenida y corriente sostenida a dicho solenoide por parte de dicho módulo (15); o

cambiar la magnitud de tensión o de corriente de una fuente de suministro de energía individual.

30 3.- El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual la tensión sostenida o corriente sostenida es menor que el cincuenta por ciento de la tensión de accionamiento o corriente de accionamiento.

4.- El método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, adicionalmente, retirar la potencia de dicho solenoide cuando dicha señal de excitación de solenoide se hace falsa;

35 de manera que el método comprende además, preferiblemente, estrangular la corriente de bobina y sujetar la tensión de la bobina con el módulo (15);

en el cual dicho estrangulamiento preferiblemente continua hasta que la tensión que dicha bobina es capaz de aportar como fuente cae hasta ser menor que la tensión sujeta;

40 comprendiendo además el método, preferiblemente, tras dicho estrangulamiento, conectar dicha bobina a un dispositivo de excitación de transistor fijo por parte de dicho módulo, a fin de disipar la energía remanente de dicha bobina.

5.- El método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, adicionalmente, eliminar potencia de dicho solenoide cuando dicha señal de excitación de solenoide se hace falsa; de tal manera que dicho módulo (15) proporciona un camino conductor para disipar energía de dicha bobina mediante la conexión de ambos lados de dicho solenoide a la misma fuente de suministro de energía, ya sea el lado de alta o el lado de baja.

45 6.- El método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, adicionalmente, determinar el estado de dicho solenoide por parte de dicho módulo (15), de tal manera que dicho estado incluye un abanico de estados que va de abierto a cerrado o cebado.

7.- El método de acuerdo con la reivindicación 6, en el cual dicha determinación incluye medir la inductancia de la

bobina por parte de dicho solenoide (15).

8.- El método de acuerdo con la reivindicación 7, en el cual:

dicha determinación incluye medir la inductancia cuando dicho solenoide está abierto, medir la inductancia cuando dicho solenoide está cerrado o cebado, y almacenar las mediciones en una memoria de un microprocesador de dicho módulo (15);

siendo dicha medición continua o periódica;

de tal manera que dicha medición incluye aplicar una señal de tensión sinusoidal a dicha bobina por parte de dicho módulo (15) y medir, por parte de dicho módulo (15), la magnitud relativa y la fase relativa de la corriente de la bobina en reacción a la tensión sinusoidal aplicada;

de modo que dicha medición incluye aplicar una señal de tensión de onda cuadrada a dicha bobina por parte de dicho módulo (15) y medir, por parte de dicho módulo (15), la magnitud relativa y la fase relativa de la corriente de la bobina en reacción a la tensión de onda cuadrada aplicada; o

dicha medición incluye aplicar una serie de impulsos a dicha bobina por parte de dicho módulo, medir, por parte de dicho módulo, las respuestas en escalón a lo largo del tiempo de la corriente de la bobina en reacción a los impulsos de tensión aplicados, y computar dicha inductancia a partir de dichas respuestas en escalón.

9.- El método de acuerdo con la reivindicación 6, que comprende, adicionalmente, determinar de forma continua o periódica dicho estado de dicho solenoide cuando dicha señal de excitación de solenoide es verdadera o falsa;

de manera que el método comprende además, preferiblemente, en caso de que se determine que dicho solenoide no está cerrado o cebado, repetir dichas tensiones de conexión, mantenimiento y accionamiento y dicha corriente de accionamiento, cambiar y mantener dichas tensión y corriente sostenidas;

de tal modo que dicha tensión sostenida o corriente sostenida es, preferiblemente, incrementada durante dicha repetición.

10.- El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual dicho aparato de interfaz (84) incluye al menos un circuito integrado que proporciona un aparato de interconexión seleccionable a uno concreto de dichos contactos; de tal modo que dicho circuito integrado es, preferiblemente, un ASIC.

11.- Un módulo de entrada / salida provisto de conexiones y configurable (15), destinado a hacer funcionar una pluralidad de solenoides, de tal manera que dicho módulo (15) comprende:

(i) un aparato conector de comunicación de dispositivo, para conectar al menos un conductor entre dicho módulo y cada uno de dichos solenoides;

(ii) un aparato de interfaz (84), para hacer que dicho módulo (15) sitúe cualquiera de una pluralidad de señales en cualquiera de una pluralidad de contactos (16) de dicho aparato conector de comunicación de dispositivo;

(iii) al menos una fuente de suministro de energía, para dirigir potencia a dichos solenoides; y

(iv) una memoria, para almacenar un programa informático, y un procesador (80), para ejecutar dicho programa, de manera que dicho programa hace a dicho procesador:

(a) en respuesta a que una señal de excitación de solenoide se haga verdadera, conectar una tensión de accionamiento y establecer una corriente de accionamiento hacia la bobina por parte de dicho módulo, de tal manera que dichas tensión de accionamiento y corriente de accionamiento hacen que dicho solenoide se cierre o cebe;

(b) al cerrar o cebar dicho solenoide, cambiar a una tensión sostenida y una corriente sostenida en la bobina por parte de dicho módulo, de tal modo que dicha tensión sostenida o corriente sostenida es menor que dicha tensión de accionamiento o corriente de accionamiento, y mantener dicho solenoide en una posición cerrada o cebada; y

(c) mantener dichas tensión sostenida y corriente sostenida por parte de dicho módulo;

de tal manera que cualquier contacto (16) de dicho aparato de comunicación de dispositivo puede haberse configurado para una amplia variedad de funciones eléctricas, incluyendo medir una tensión, generar una tensión, medir una corriente, generar una corriente, generar diversas magnitudes de potencia e incluso manejar información de frecuencia, tal como datos de comunicación en serie.

12.- El módulo de acuerdo con la reivindicación 11, en el cual dicho programa hace que dicho procesador mida la inductancia de la bobina por medio de dicho módulo (15), a fin de determinar el estado de dicho solenoide, de tal

modo que dicho estado incluye un abanico de estados que va de abierto a cerrado o cebado.

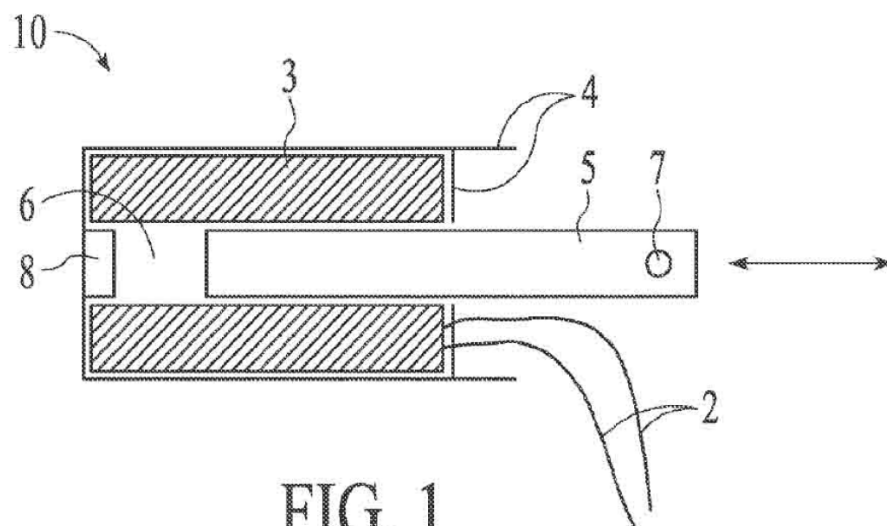


FIG. 1
(TÉCNICA ANTERIOR)

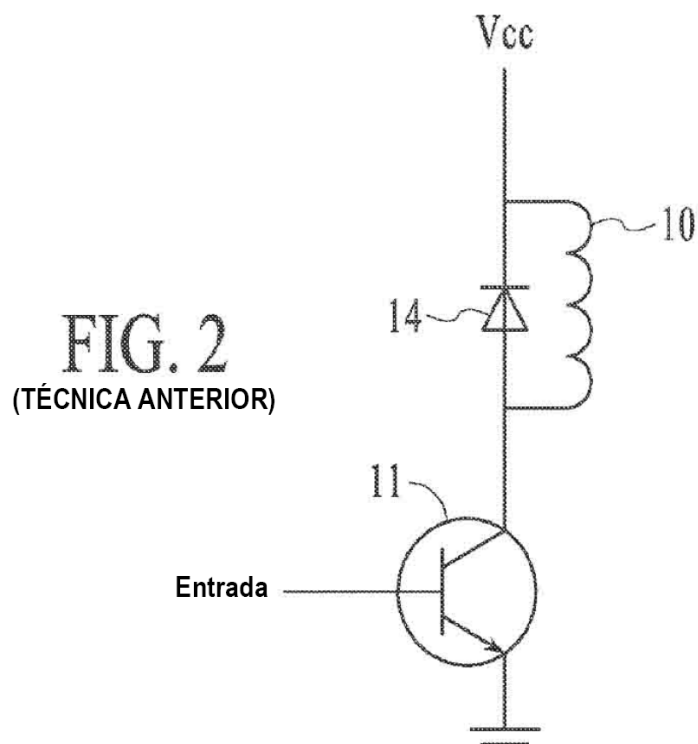
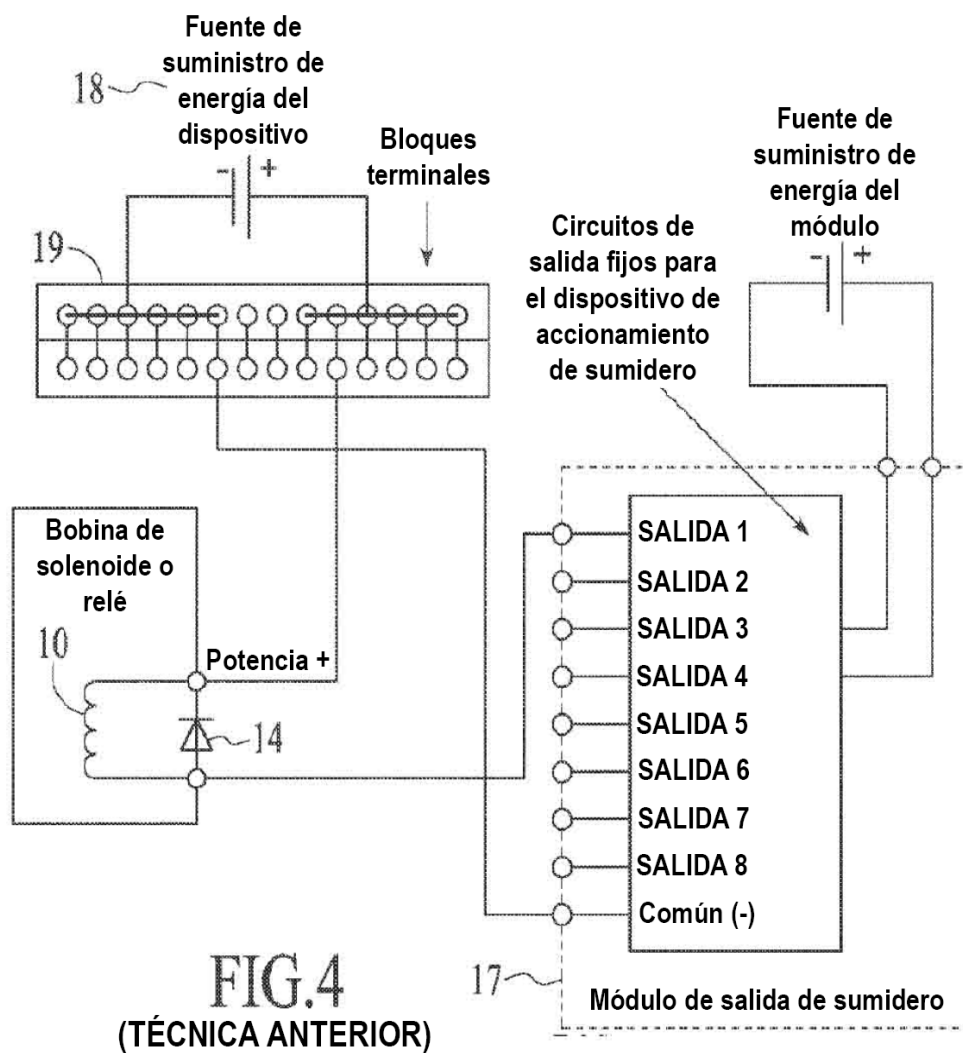
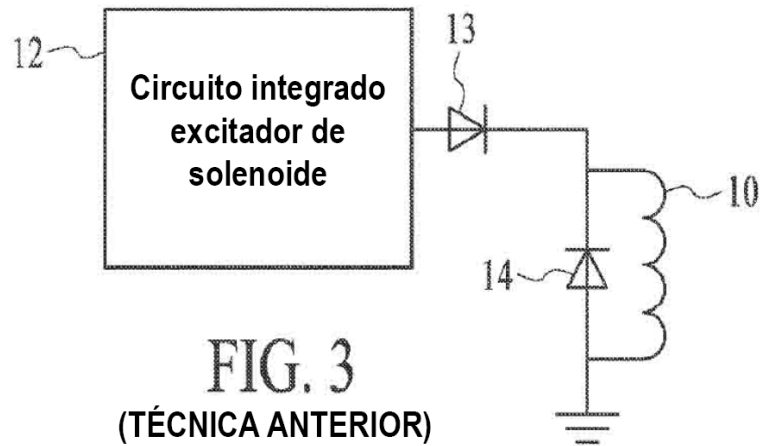


FIG. 2
(TÉCNICA ANTERIOR)



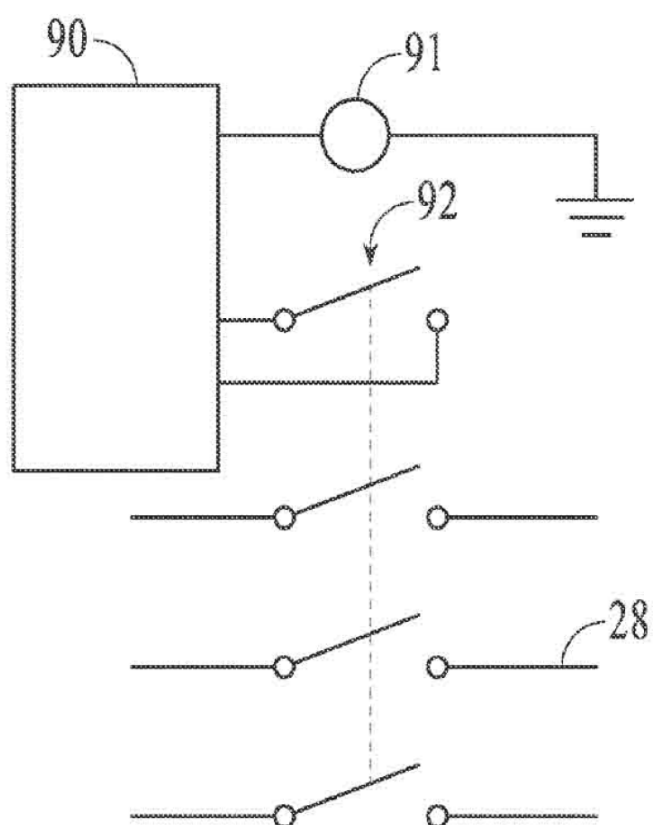


FIG. 5
(TÉCNICA ANTERIOR)

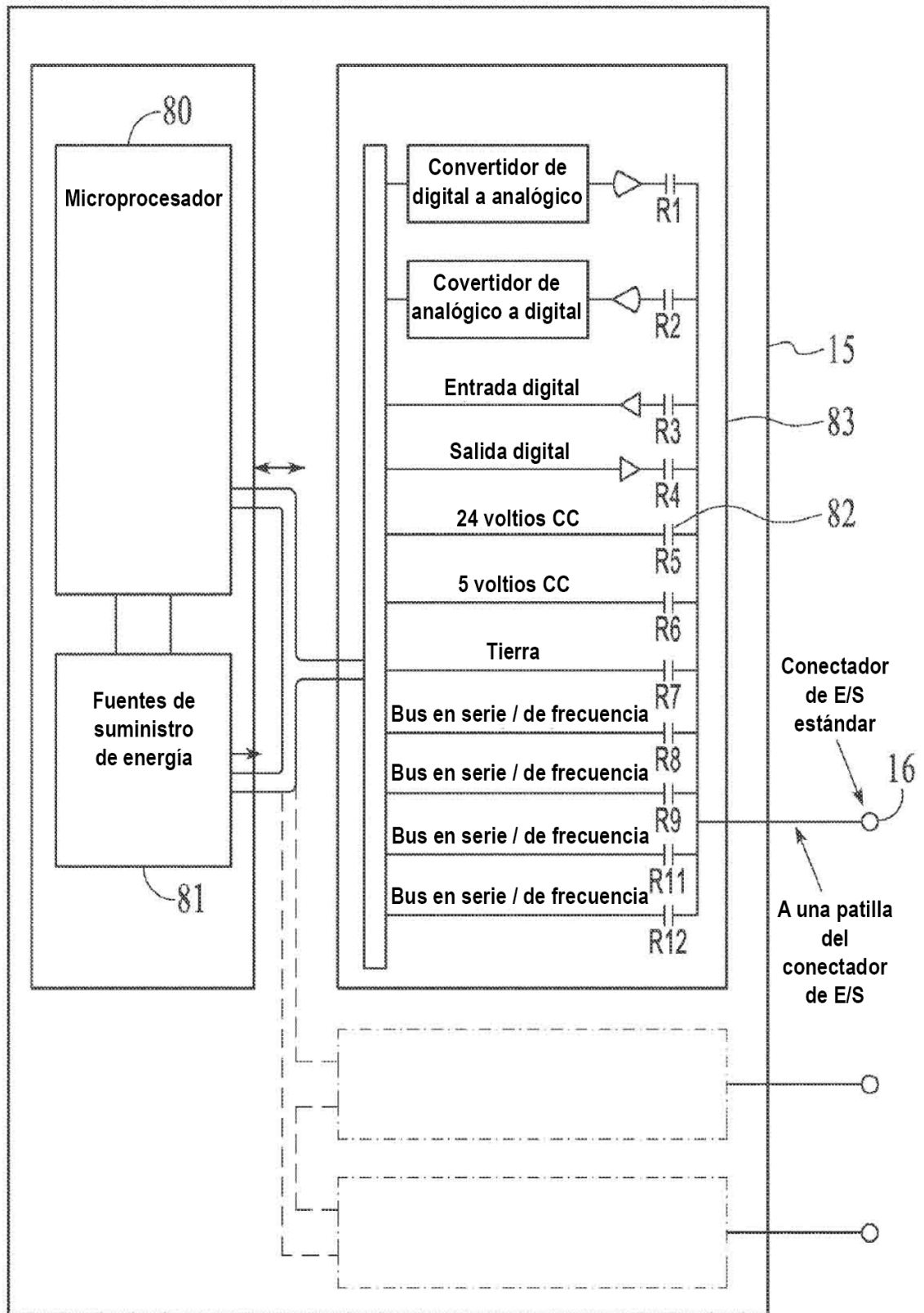


FIG. 6

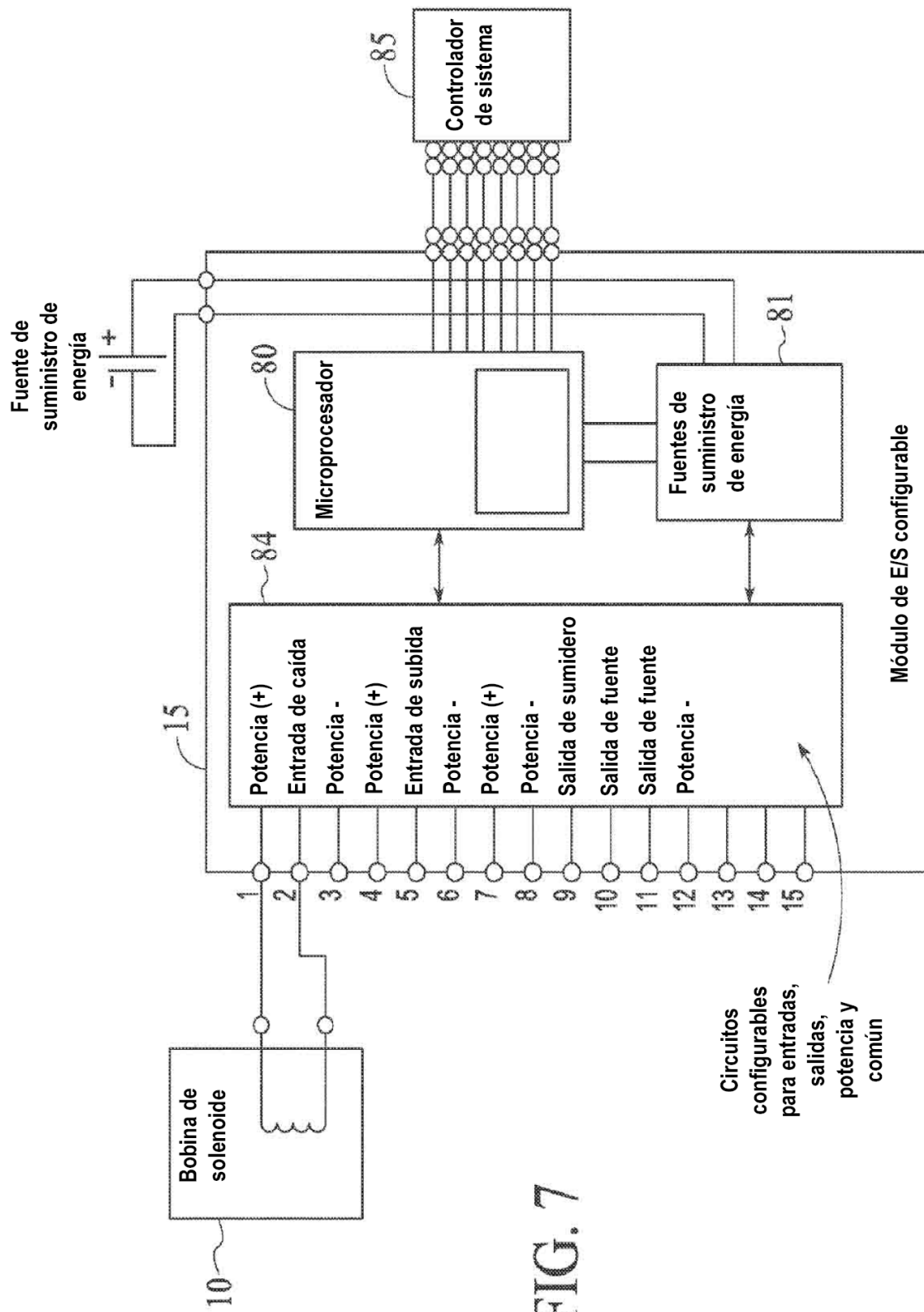
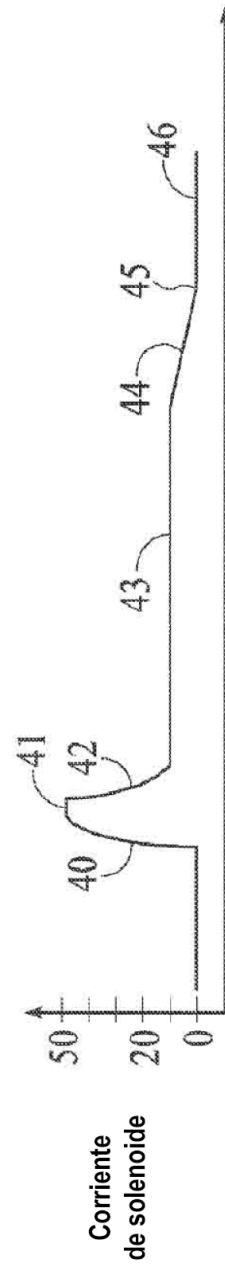
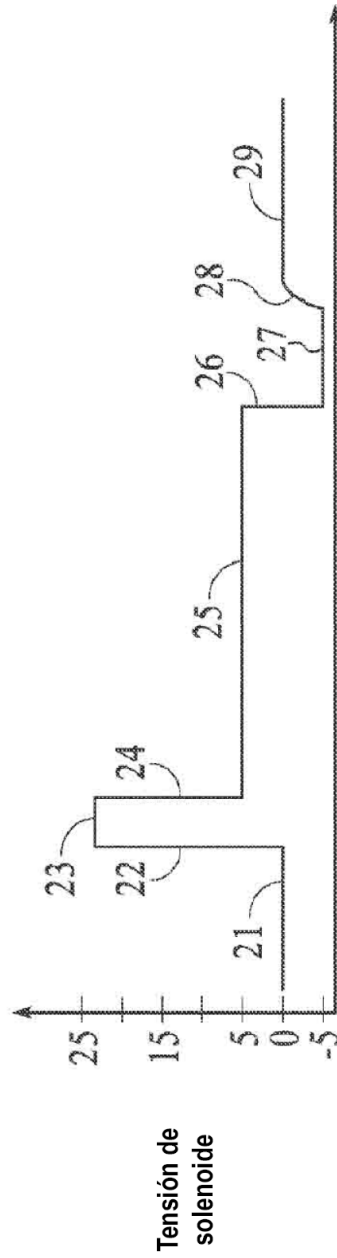
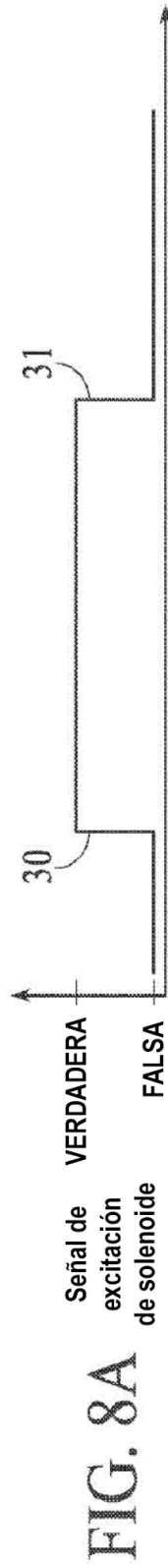
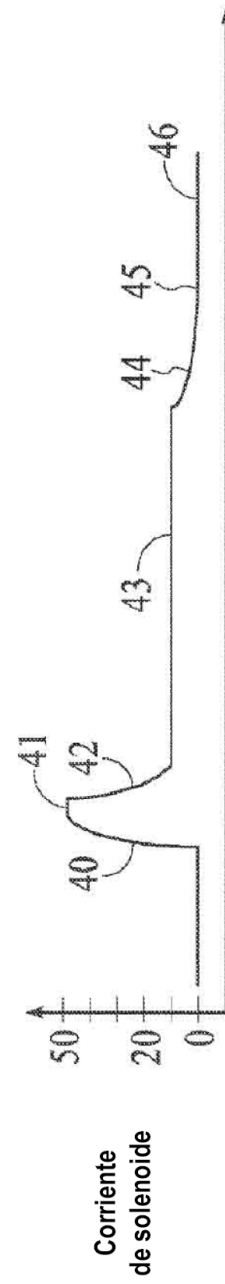
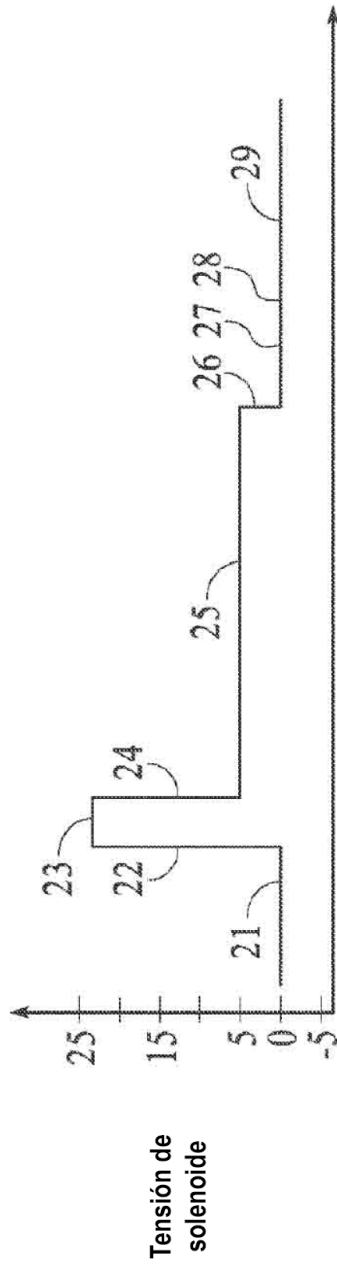


FIG. 7





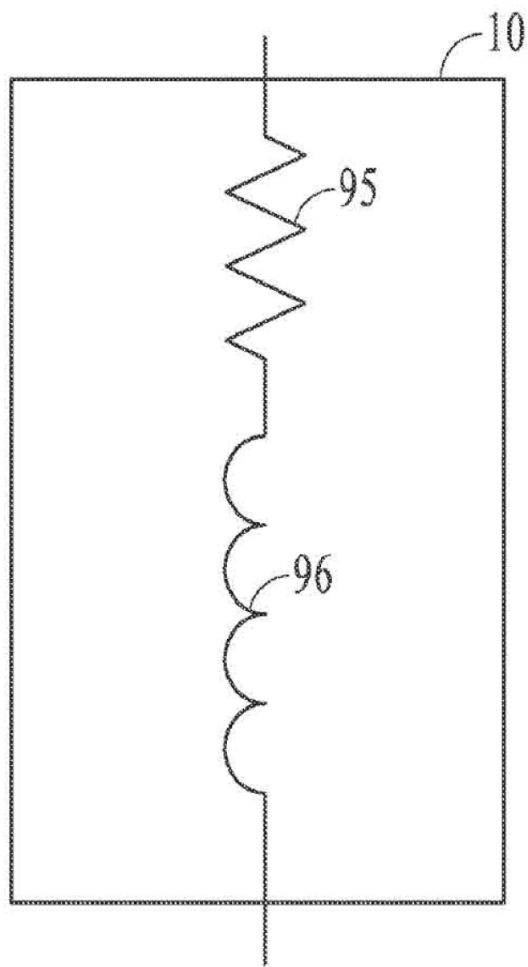


FIG. 10

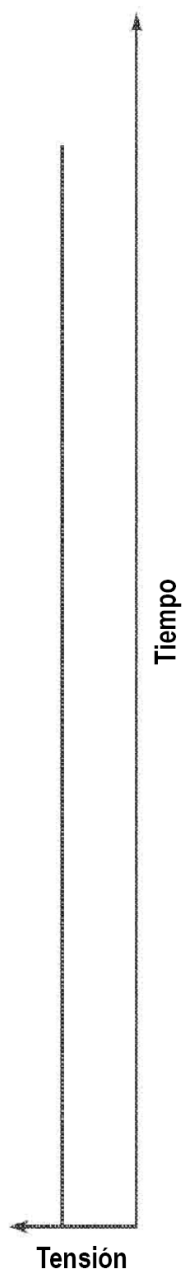


FIG. 11A

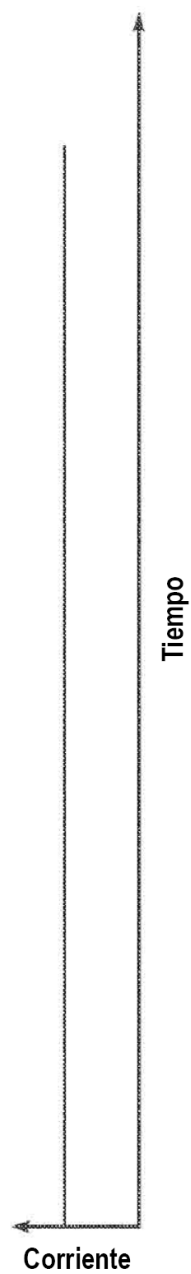


FIG. 11B

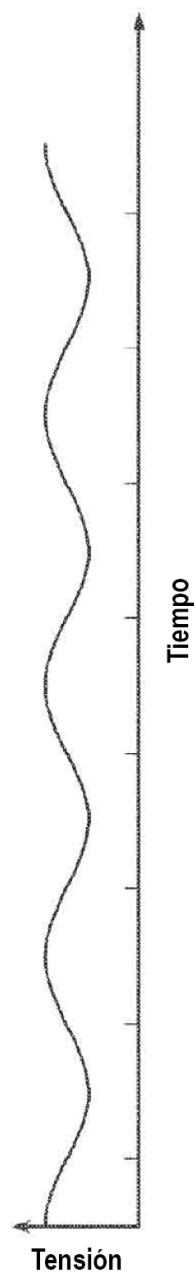


FIG. 11C

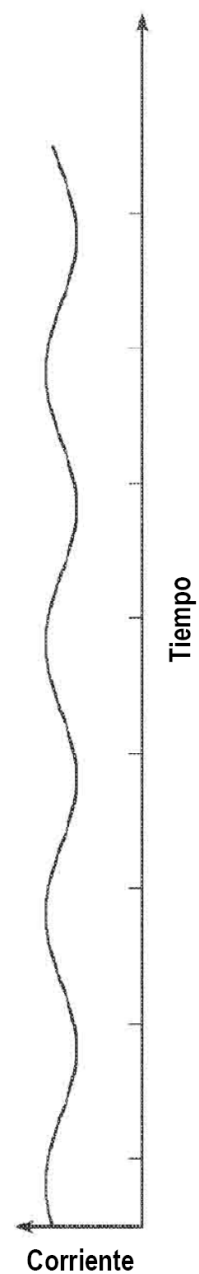


FIG. 11D

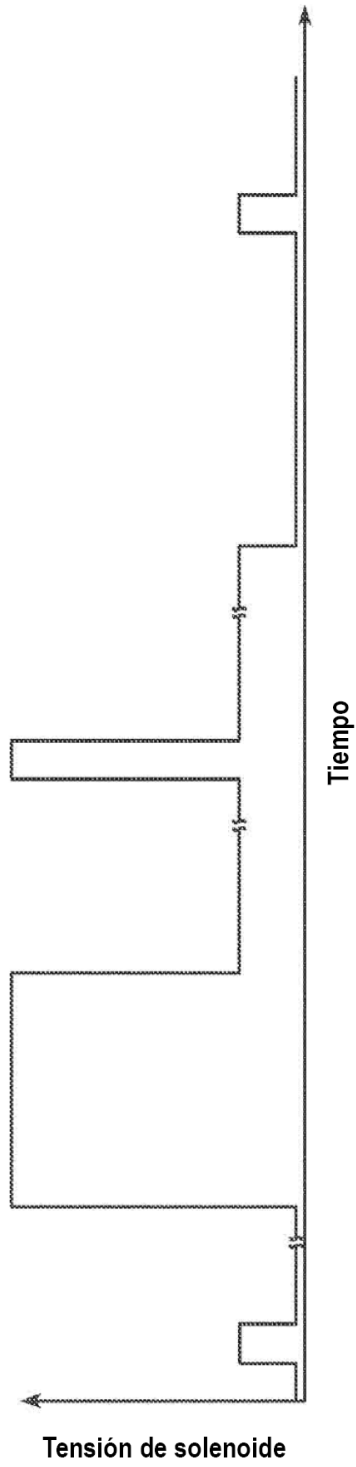


FIG. 12A

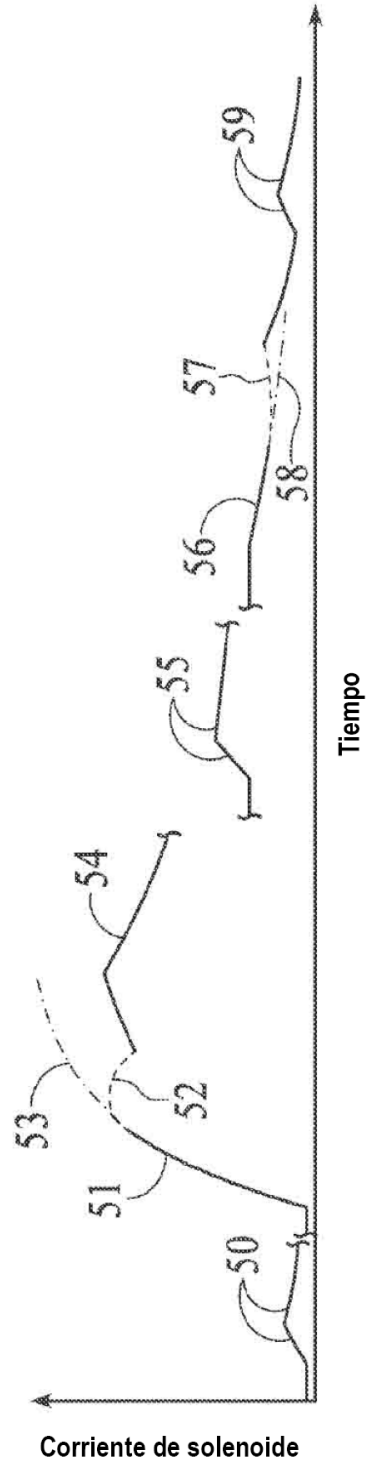


FIG. 12B

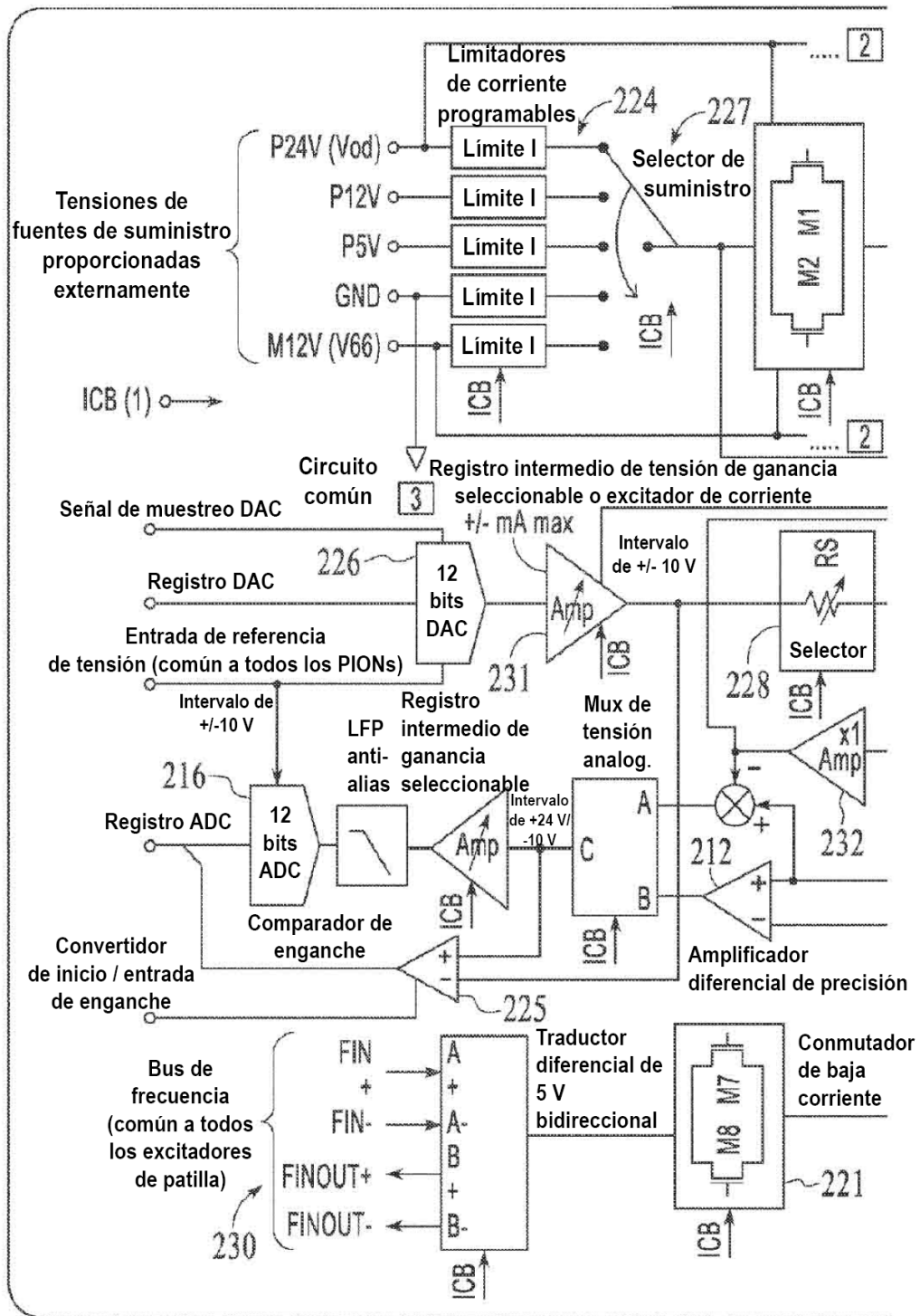


FIG 13/1

198

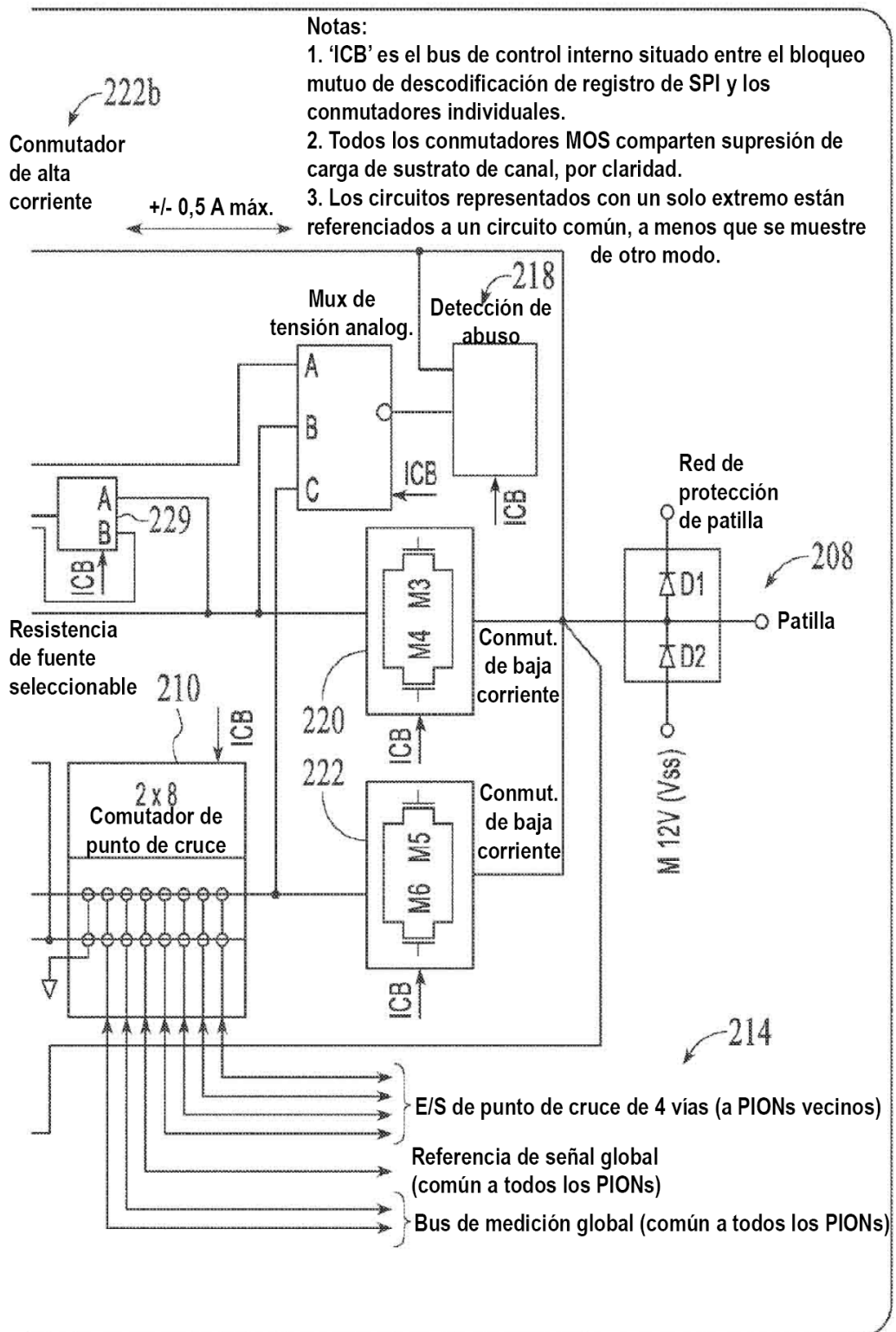


FIG. 13/2