

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 540 154**

21 Número de solicitud: 201431631

51 Int. Cl.:

G01R 17/02 (2006.01)

G01R 1/30 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

22 Fecha de presentación:

07.11.2014

43 Fecha de publicación de la solicitud:

08.07.2015

Fecha de la concesión:

15.02.2016

45 Fecha de publicación de la concesión:

22.02.2016

73 Titular/es:

SEAT, S.A. (100.0%)
Autovía A-2, km. 585
08760 Martorell (Barcelona) ES

72 Inventor/es:

GAITÁN PITRE, Jorge Eliécer y
PALLÀS ARENY, Ramón

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

54 Título: **Dispositivo y método para medir magnitudes eléctricas de sensores analógicos**

57 Resumen:

Dispositivo para medir magnitudes eléctricas de sensores analógicos en donde un controlador (3) conectado a una red de capacitancias (1), y a un circuito interfaz (2) conectado a un sensor analógico (21), y en donde dicha red de capacitancias (1): está conectada a dicho circuito interfaz (2) conectado al sensor analógico (21); comprende al menos dos condensadores eléctricos (11) de valor conocido, en donde la relación de la capacitancia entre al menos dos de dichos condensadores eléctricos (11) es de al menos 10:1. Dicho dispositivo es aplicable a la medida de tensiones eléctricas de sensores analógicos basados en un cambio de capacitancia, resistencia eléctrica o de inductancia, o que generen directamente una corriente eléctrica o una tensión. La invención también comprende el método de medida asociado.

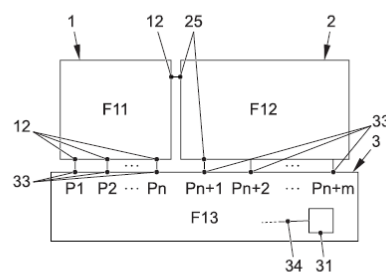


FIG. 1

ES 2 540 154 B2

DESCRIPCIÓN

Dispositivo y método para medir magnitudes eléctricas de sensores analógicos

5

OBJETO DE LA INVENCION

La presente solicitud de patente tiene por objeto un dispositivo y método para medir magnitudes eléctricas de sensores analógicos según las reivindicaciones 1 y 11, que
10 incorpora notables innovaciones y ventajas.

La presente invención se refiere, en general, a los sistemas de medida de sensores analógicos, incluidos aquellos que generan directamente una corriente o una tensión eléctrica.

15

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La señal de salida de los sensores analógicos suele ser una tensión eléctrica de baja
20 amplitud generada por el sensor, o por un circuito de interfaz que incorpora uno o más sensores y, si es necesario, una o más fuentes de tensión o de corriente eléctrica. Los métodos propuestos en el estado de la técnica para medir dicha tensión o corriente de salida de los sensores analógicos, o de sus circuitos de interfaz, son numerosos y actualmente todos persiguen la obtención de una salida digital, que se puede conseguir de forma directa
25 o indirecta.

La obtención directa de una salida digital a partir de la tensión generada por el sensor, o por el circuito de interfaz al que se conecta el sensor para obtener una tensión analógica de salida, se consigue mediante un convertidor de tensión analógica a digital (convertidor A/D o
30 CAD), que puede ser un circuito integrado específico, o un circuito embebido en otro circuito multifuncional, tal como un controlador digital. La salida de dicho convertidor analógico-digital es procesada digitalmente para extraer la información deseada, o bien para tomar una decisión. Para adaptar la señal de salida del sensor, o de su circuito de interfaz al rango de amplitudes de entrada del convertidor A/D, se añade un circuito acondicionador de señal
35 que incluye al menos un componente capaz de amplificar tensiones o corrientes.

Los circuitos de interfaz para sensores resistivos suelen estar basados en divisores de tensión, por ejemplo cuando el cambio de resistencia relativo a su valor inicial es grande, o en circuitos derivados del divisor de tensión, por ejemplo cuando el cambio de resistencia
5 relativo a su valor inicial es pequeño. Los puentes Wheatstone y los pseudopuentes de continua, tales como los descritos, por ejemplo, en la patente US3130578 y en las solicitudes de patente EP1397654 y US20130249574, pueden considerarse circuitos de interfaz derivados del divisor de tensión.

10 Los circuitos de interfaz para sensores capacitivos o inductivos también pueden estar basados en divisores de tensión, o bien consistir en puentes alimentados por una tensión alterna o en circuitos resonantes, tales como los descritos por ejemplo en la patente US2932970, y en la solicitud de patente US20130271158. Los sensores resistivos también pueden ser incorporados en circuitos resonantes.

15 Los sensores analógicos basados en una variación de resistencia, capacidad o inductancia pueden ser simples o diferenciales. En el primer caso se modelan como un único componente electrónico que cambia con la variable medida, mientras que los segundos se modelan como dos componentes electrónicos que tienen un nodo común, y en los que la
20 variable medida provoca un cambio de la misma magnitud pero de sentido opuesto.

En general, los divisores de tensión pueden incluir un sensor simple o un sensor diferencial, mientras que los puentes (de continua o de alterna) pueden incluir uno, dos, tres o cuatro sensores de impedancia variable, o varios sensores conectados en combinaciones en serie
25 y en paralelo, que se disponen en uno, dos, tres o cuatro brazos del puente. Los divisores de tensión tienen como mínimo tres terminales de conexión con el circuito de acondicionamiento de señal que exige el convertidor A/D: se aplica una tensión de excitación entre dos terminales y se mide la tensión entre el tercer terminal y uno de los dos terminales anteriores. Los puentes de sensores, en cambio, tienen como mínimo cuatro
30 terminales, que habitualmente se conectan por pares: a través de un par se excita el puente mediante una tensión o corriente eléctrica, y con el otro par se detecta la tensión o corriente de salida.

Así, el método convencional para medir magnitudes eléctricas de sensores analógicos de
35 forma directa es disponerlos en un circuito que obtenga una tensión eléctrica relacionada

con la magnitud detectada por el sensor, y digitalizar dicha tensión con un convertidor analógico-digital (CAD).

5 Como alternativa, los sensores basados en una variación de resistencia o de capacidad, se pueden poner en un circuito que genere una señal cuya duración depende del valor de la magnitud detectada por el sensor. Para tener una salida digital basta medir entonces la duración de aquella señal, para lo cual hace falta una señal de reloj, siendo entonces un proceso más económico que un convertidor analógico-digital (CAD).

10 Los fabricantes de componentes para automoción ofrecen soluciones integradas para medir parámetros físicos y químicos que incluyen un elemento sensor y los circuitos electrónicos necesarios para ofrecer una salida eléctrica normalizada (p.e. para un bus CAN). Si la salida eléctrica no es normalizada, el sensor se conecta a una unidad de control propia (ECUs, centralitas) que suelen aceptar varios sensores. Un ejemplo serían los circuitos electrónicos
15 que van conectados a un elemento sensor para medir el ángulo del volante. Hay sin embargo en la actualidad en el automóvil muchos otros sensores que podrían beneficiarse con el desarrollo de la invención. Algunos de estos podrían ser:

1. Sensores de posición y ángulo de rotación. Se basan en el cambio de resistencia eléctrica
20 de un potenciómetro angular o lineal, o en el cambio de resistencia eléctrica de una magnetoresistencia. Se utilizan para medir por ejemplo: la posición del pedal del acelerador, el recorrido y posición de la suspensión, la posición de las válvulas de mariposa, y la posición del plato sonda en el sistema de inyección.

25 En las siguientes patentes se puede apreciar que muchos fabricantes siguen proponiendo soluciones basadas en la estructura convencional de acondicionamiento y digitalización de la señal obtenida por el elemento sensor: "US844125282. Aparato de medición de ángulo de giro.", "DE102006032266A1. Componente sensor.", "DE60218016D1. Dirección asistida eléctrica.", y "DE102009032664A1. Pedal del acelerador para vehículos de motor:".

30 2. Sensores de presión absoluta y diferencial. Se basan en cambios de resistencia eléctrica debidos a una deformación mecánica. Se utilizan para medir presión del: combustible, líquido de frenos, aceite, y líquido refrigerante.

También para estos sensores, en las patentes de varios fabricantes se siguen proponiendo soluciones basadas en la estructura convencional de medida, descrita anteriormente.

Además, y según la exactitud y resolución deseadas, los circuitos acondicionadores de
5 señal previos al convertidor A/D, y que se conectan al circuito de interfaz de los sensores, pueden necesitar: transformadores de tensión; componentes activos, tales como amplificadores operacionales o de instrumentación, y comparadores de tensión; ajustes manuales o automáticos complejos.

Estos componentes y procedimientos encarecen el coste del producto final hasta un valor
10 que puede ser excesivo para determinadas aplicaciones o campos de aplicación.

En síntesis, el análisis de la información existente hasta la fecha evidencia que los métodos
actuales para medir magnitudes eléctricas de sensores analógicos adolecen de alguna de
esta limitaciones: (a) la necesidad de un convertidor analógico-digital y el circuito (activo) de
15 acondicionamiento para adaptar la tensión de salida del circuito de interfaz o del sensor al rango de amplitudes de entrada del convertidor analógico-digital; (b) la necesidad de un contador digital y una señal de reloj cuya frecuencia determina la resolución que se tendrá en la medición; y (c) la aplicabilidad limitada a un tipo de sensores, por ejemplo de la transferencia de carga a los sensores capacitivos.

20 Así pues, existe aún una necesidad de disponer de un dispositivo, y de un método asociado, para medir magnitudes eléctricas de sensores analógicos basados en un cambio de capacitancia, resistencia eléctrica o de inductancia, o que generen directamente una corriente eléctrica o una tensión del orden de milivoltios. Esto incluye numerosos sensores
25 de temperatura, iluminación, posición, proximidad, desplazamiento, fuerza, presión y otras magnitudes habituales en automoción, y en otros campos de la industria.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

De acuerdo con la presente invención, este cometido se soluciona mediante un dispositivo y método para medir magnitudes eléctricas de sensores analógicos según las reivindicaciones 1 y 11. Ventajas adicionales de la invención se presentan acompañando las características incluidas en las reivindicaciones dependientes, mencionadas en la descripción que se reseña a continuación.

El objeto de la presente solicitud de patente es un nuevo método para medir magnitudes eléctricas de sensores analógicos que estén basados en un cambio de resistencia eléctrica (resistivos), capacitancia (capacitivos), o inductancia (inductivos), o que generen directamente una corriente o una tensión eléctrica (generadores). Un segundo objeto es un dispositivo, basado en dicho método de medida, empleando para ello: una red de capacitancias de valor conocido y conexiones conmutables; un circuito que incluye: al menos a un sensor analógico y un circuito de interfaz pasivo; y un controlador digital.

La solución innovadora propuesta consiste en que el objeto de la presente invención se puede implementar empleando al menos dos condensadores eléctricos y un controlador, sin necesidad de ningún otro componente electrónico activo aparte de dicho controlador.

Así, y más concretamente, el dispositivo para medir magnitudes eléctricas de sensores analógicos comprende un controlador, preferentemente digital, conectado a una red de capacitancias, y a un circuito interfaz conectado a un sensor analógico, en donde dicha red de capacitancias: está conectada a dicho circuito interfaz conectado al sensor analógico, comprende al menos dos condensadores eléctricos de valor conocido (o cualquier otro elemento con propiedades capacitivas), en donde la relación de la capacitancia entre al menos dos de dichos condensadores eléctricos es de como mínimo 10:1.

De este modo, la conexión del circuito interfaz al controlador digital evita la necesidad de una fuente de alimentación externa, y posibilita conseguir la corriente necesaria para cargar como mínimo un primer condensador eléctrico de la red de capacitancias. Por otro lado el circuito interfaz que se propone, utiliza menos componentes electrónicos que los sensores disponibles actualmente, al conectar el elemento sensor directamente al microcontrolador, sin necesidad de circuitos integrados intermedios para el procesamiento y la digitalización de la señal que ofrece el elemento sensor. Sólo necesita algún componente pasivo (resistencias, condensadores eléctricos...). Esta ausencia de componentes activos y el

menor número de componentes pasivos necesarios conllevan un menor coste y una mayor fiabilidad.

5 Según otro aspecto de la invención, el circuito interfaz y la red de capacitancias y el controlador comprenden al menos un pin de conexión, en donde el circuito interfaz comprende al menos un circuito pasivo analógico entre el pin que conecta dicho circuito interfaz con la red de capacitancias, y al menos uno de los pines que conectan dicho circuito interfaz con el controlador. Por circuito pasivo analógico se entiende un circuito puramente resistivo, a modo de divisor de tensión, pero también puede ser un circuito RC, RL o R en
10 paralelo con un fotodiodo. El sensor, y los elementos de calibración, están en paralelo con una resistencia.

Como consecuencia, el al menos un circuito pasivo analógico está compuesto de una pluralidad de componentes electrónicos pasivos, pudiendo éstos ser elementos resistivos,
15 capacitivos, inductivos; o combinados entre ellos, RC o RL, incluyendo opcionalmente fotodiodos. De este modo se ofrecen diversas alternativas de implementación del circuito, así como la posibilidad de efectuar la medida de sensores con una propiedad eléctrica principal diferenciada, bien resistiva, bien capacitiva, bien inductiva. También permite la medida de graduaciones e intensidades de luz con un fotodiodo.

20 En una realización alternativa de la invención, el circuito interfaz comprende un puente de Wheatstone en el que como mínimo uno de los componentes de cada uno de los brazos es el sensor analógico, estando dicho puente de Wheatstone conectado con una pluralidad de componentes electrónicos pasivos. Con esta modalidad se establece una configuración
25 alternativa a la disposición serie-paralelo de los componentes eléctricos, y se aprovechan las ventajas de la disposición del puente de Wheatstone.

Según el principio de funcionamiento del dispositivo, el circuito interfaz está alimentado desde al menos uno de los pines de entrada/salida de dicho controlador. De este modo no
30 es necesaria una fuente de alimentación adicional e independiente, sino que se aprovechan las salidas del propio controlador.

Según otro aspecto de la invención, el controlador, preferentemente digital, comprende una memoria con una pluralidad de códigos que corresponden a los distintos intervalos de
35 valores de la magnitud medida. De este modo se establecen unos rangos de medida, y por

comparación, se determina en cuál de ellos está la medida efectuada, determinando la correspondiente información de salida del controlador en un formato y/o valores predeterminado.

- 5 Por otro lado, la red de capacitancias comprende al menos una conexión conmutable entre al menos dos condensadores eléctricos de valores conocidos. Así es posible eliminar opcionalmente del circuito componentes concretos, bien puenteándolos o bien desconectándolos del circuito al dejar al menos uno de sus bornes al aire.
- 10 Cabe mencionar que, en una realización preferida de la invención, la relación de la capacitancia entre al menos dos de dichos condensadores eléctricos es de como mínimo 100:1. De este modo es posible establecer una mayor precisión en la medida al ser necesario un mayor número de ciclos de redistribución de carga para la misma medida.
- 15 En otra realización preferida de la invención, la relación de la capacitancia entre al menos dos de dichos condensadores eléctricos es de como mínimo 1.000:1. De este modo es posible establecer una aún mayor precisión en la medida al ser necesario un mayor número de ciclos de redistribución de carga para la misma medida.
- 20 En aún otra realización preferida de la invención, la relación de la capacitancia entre al menos dos de dichos condensadores eléctricos es de como mínimo 10.000:1. De este modo es posible establecer una aún mayor precisión en la medida al ser necesario un mayor número de ciclos de redistribución de carga para la misma medida.
- 25 Es también objeto de la presente solicitud de patente el método para medir magnitudes eléctricas de sensores analógicos, que comprende las siguientes etapas:
 - a) generar una tensión en el sensor analógico y/o en el circuito interfaz al cual está conectado.
 - b) cargar con dicha tensión como mínimo un primer condensador eléctrico de dicha red de capacitancias, a base de conmutar las conexiones entre el controlador, la red de
 - 30 capacitancias, y el sensor analógico y/o el circuito interfaz.
 - c) redistribuir la carga acumulada en dicho primer condensador eléctrico en como mínimo un segundo condensador eléctrico de dicha red de capacitancias, a base de conmutar las conexiones entre el controlador y la red de capacitancias.

d) repetir los pasos a), b) y c) hasta que la tensión en bornes de dicho segundo condensador eléctrico de la red de capacitancias alcance un umbral de tensión prefijado.

5 Dicho método no necesita ni un convertidor analógico-digital (CAD), ni ningún medidor de tiempo, sino un simple contador de eventos. Se basa en utilizar una red de capacitancias que comprende al menos dos condensadores eléctricos de valor conocido, uno de los cuales es mucho mayor que el otro. Para medir la tensión generada por el circuito que incorpora el sensor, se carga al menos uno de los dos condensadores con dicha tensión, y luego se redistribuye la carga en ellos. El proceso se va repitiendo hasta que la tensión en
10 bornes de al menos uno de los condensadores alcanza un umbral de tensión prefijado VT. El número N de repeticiones del proceso de redistribución de carga depende entonces de la relación entre las capacidades de los dos condensadores, el umbral prefijado y la tensión del circuito que incorpora el sensor. Para aumentar el valor de N, y así mejorar la resolución del método, el tiempo de carga del condensador pequeño se puede limitar de forma que éste no
15 quede totalmente cargado.

Todas las funciones de conmutación de las conexiones entre condensadores, comparación con un umbral de tensión, control del tiempo de carga y contaje de eventos, se pueden realizar con un simple microcontrolador de bajo coste, que ofrezca una salida digital
20 estándar.

La obtención indirecta de una salida digital a partir de los cambios que experimenta el sensor en función de la magnitud que detecta, consiste en deducir el valor de esta magnitud a partir de un modelo (p. ej. una fórmula) que relaciona su valor con el de otra magnitud de
25 índole distinta, pero que no es una tensión o corriente eléctrica, y que está relacionada con aquella magnitud de interés. Este método es capaz, pues, de obtener una salida digital sin necesidad de dispositivos digitalizadores de tensión, es decir, sin un convertidor A/D.

La transferencia de carga de un condensador desconocido (sensor) a otro condensador de
30 valor conocido es un procedimiento habitual para medir magnitudes eléctricas de sensores capacitivos que son cargados a una tensión conocida. El método descrito en esta patente es distinto porque: (a) se necesita una red de capacitancias que comprende al menos de dos condensadores de valor conocido (o cualquier otro elemento con propiedades capacitivas) tales que la relación entre sus capacidades sea conocida, mientras que los procedimientos
35 conocidos de transferencia de carga se determina la capacidad de un condensador

desconocido; (b) la tensión V_x necesaria para cargar los elementos de la red de capacitancias no es una tensión conocida (como en los procedimientos conocidos de transferencia de carga) sino que es generada por el sensor o por un circuito donde el sensor está conectado a componentes pasivos; y (c) la tensión que cuando alcanza el valor V_T determina la finalización del proceso no es la tensión en bornes de un condensador específico, sino que es la obtenida en bornes de al menos dos condensadores de la red de capacitancias que depende de la estructura de esta red. Estas diferencias permiten obtener al menos cuatro ventajas de las que carecen los procedimientos conocidos de transferencia de carga utilizados hasta ahora para medir magnitudes eléctricas de sensores capacitivos:

(1) el método se puede aplicar tanto a sensores capacitivos, como resistivos, inductivos, o generadores de tensión o de corriente; (2) la resolución se puede mejorar controlando el tiempo durante el cual se aplica la tensión V_x a uno o más elementos de la red de capacitancias; (3) la resolución se puede mejorar también detectando caída de tensión en vez de incremento de tensión, por ejemplo en bornes de un condensador; y (4) la detección de tensión en bornes de al menos dos condensadores de la red de capacitancias se puede realizar en un nodo de baja impedancia a masa, y así reducir los efectos de interferencias capacitivas.

Ventajosamente, el controlador limita el tiempo de carga del primer condensador eléctrico de dicha red de capacitancias, de forma que dicho primer condensador eléctrico no quede totalmente cargado. De este modo, (limitando por ejemplo el tiempo de carga del condensador pequeño) aumenta el valor de N , y mejora así la resolución del método.

El principio de funcionamiento del método pasa por que el controlador cuenta el número de ciclos necesarios para conseguir una determinada tensión en bornes de dicho segundo condensador eléctrico, a base de redistribuir sucesivas veces una cantidad específica de carga del primer condensador eléctrico en dicho segundo condensador eléctrico. De este modo es posible realizar una medida de un modo tan sencillo como contar un número de ciclos de carga y descarga.

Según otro aspecto de la invención, el controlador determina la medida de la magnitud eléctrica del sensor analógico comparando el número de veces que se repite la redistribución de carga, con una serie de códigos almacenados previamente en una memoria de dicho controlador, correspondientes a distintos intervalos de valores de la magnitud medida. De este modo se establecen unos rangos de medida, y por comparación

determinar en cuál de ellos está la medida efectuada, determinando la correspondiente información de salida del controlador en un formato y/o valores predeterminado.

Según aún otro aspecto de la invención, el controlador determina la medida de la magnitud eléctrica comparando el número de veces que se repite la redistribución de carga, con una serie de códigos almacenados previamente en una memoria de dicho controlador, correspondientes a unos coeficientes de una curva de calibración de al menos un componente electrónico pasivo de referencia. De este modo, y mediante un simple cálculo, se llega a la magnitud medida durante el procesamiento de la medición.

En los dibujos adjuntos se muestra, a título de ejemplo no limitativo, un dispositivo para medir magnitudes eléctricas de sensores analógicos, constituido de acuerdo con la invención. Otras características y ventajas de dicho dispositivo, y del método asociado, para medir magnitudes eléctricas de sensores analógicos, objeto de la presente invención, resultarán evidentes a partir de la descripción de una realización preferida, pero no exclusiva, que se ilustra a modo de ejemplo no limitativo en los dibujos que se acompañan, en los cuales:

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Figura 1.- Muestra un diagrama de bloques del dispositivo propuesto, de acuerdo con la presente invención;

Figura 2a.- Muestra una primera posible realización de la red de capacitancias, de acuerdo con la presente invención;

Figura 2b.- Muestra una segunda posible realización de la red de capacitancias, de acuerdo con la presente invención;

Figura 2c.- Muestra una tercera posible realización de la red de capacitancias, de acuerdo con la presente invención;

Figura 3.- Muestra una realización preferente del aparato propuesto en la figura 1, donde el circuito interfaz comprende un sensor resistivo simple Rx conectado a otros componentes pasivos, de acuerdo con la presente invención;

Figura 4.- Muestra una tabla que resume el estado lógico de los pines del controlador durante la secuencia de operaciones para medir Rx en la realización preferente en la figura 3, de acuerdo con la presente invención;

Figura 5.- Muestra una realización preferente del dispositivo propuesto en la figura 1, donde el circuito interfaz comprende un sensor capacitivo simple Cx conectado a otros componentes pasivos, de acuerdo con la presente invención;

Figura 6.- Muestra una tabla que resume el estado lógico de los pines del controlador durante la secuencia de operaciones para medir Cx en la realización preferente en la figura 5, de acuerdo con la presente invención;

Figura 7.- Muestra una realización preferente del aparato propuesto en la figura 1, en donde el circuito interfaz comprende un sensor inductivo simple Lx conectado a otros componentes pasivos, de acuerdo con la presente invención;

Figura 8.- Muestra una realización preferente del aparato propuesto en la figura 1, en donde el circuito de interfaz comprende cuatro sensores resistivos simples (R3, R4, R5, y R6) conectados para formar un puente de Wheatstone 23, de acuerdo con la presente invención;

Figura 9.- Muestra una realización preferente del aparato propuesto en la figura 1, en donde el circuito interfaz comprende un fotodiodo (sensor) D conectado a otros componentes pasivos, de acuerdo con la presente invención;

Figura 10.- Muestra una tabla que resume el estado lógico de los pines del controlador durante la secuencia de operaciones para medir D en la realización preferente en la figura 9.

20 DESCRIPCIÓN DE UNA REALIZACIÓN PREFERENTE

A la vista de las mencionadas figuras y, de acuerdo con la numeración adoptada, se puede observar en ellas un ejemplo de realización preferente de la invención, la cual comprende las partes y elementos que se indican y describen en detalle a continuación.

25

Así, tal como se aprecia en la figura 1 y 3, el dispositivo para medir magnitudes eléctricas de sensores analógicos que comprende un controlador 3 conectado a una red de capacitancias 1, y a un circuito interfaz 2 conectado a un sensor analógico 21, caracterizado porque dicha red de capacitancias 1: está conectada a dicho circuito interfaz 2 conectado al sensor analógico 21, comprende al menos dos condensadores eléctricos 11 de valor conocido, en donde la relación de la capacitancia entre al menos dos de dichos condensadores eléctricos 11 es de como mínimo 10:1.

30

Concretamente, el dispositivo concebido se basa en un controlador digital 3 al cual están conectados una red de capacitancias 1 y un circuito interfaz 2 conectado a al menos un

35

sensor analógico 21, en su caso, a componentes pasivos 24. La figura 1 es un diagrama de bloques del dispositivo de medición propuesto, donde la red de capacitancias 1 comprende al menos dos condensadores 11 de valor conocido (uno de ellos mucho mayor que los demás) y conexiones conmutables 13; el controlador digital 3 dispone de un número finito (m) de pines de entrada/salida (I/O) ($P_1, P_2, \dots, P_n, P_{n+1}, P_{n+2}, \dots, P_m$) a los cuales están conectados varios nodos de la red de capacitancias 1 y del circuito interfaz 2. La estructura interna del circuito conectado a estos pines de I/O permite establecer tres estados lógicos: (a) salida en "0"; (b) salida en "1"; y (c) entrada o estado de alta impedancia de entrada (HZ), que es un estado adecuado a la magnitud que se va a detectar (tensión) y que puede habilitarse para que se interrumpa el proceso de medición cuando se alcanza un determinado nivel de tensión. Los niveles de tensión de I/O en cada uno de estos pines dependen de la tecnología microelectrónica en que esté fabricado el controlador digital 3. Cada uno de estos estados lógicos son necesarios para que el controlador digital 3 realice unas funciones de conexión en la red de capacitancias 1 y en el circuito interfaz 2, un control del tiempo de carga, un conteo de los ciclos de carga, y una comparación con un umbral de tensión; todo ello sin necesidad de circuitos de medida de tensión o del tiempo, embebidos en el controlador digital 3 o externos a dicho controlador digital 3. El controlador digital 3 puede usarse además para otras funciones, tales como almacenar, representar o comunicar las lecturas de la medición, de forma conjunta o separada, con independencia del sensor o elemento que se mide.

Las figuras 2a, 2b y 2c muestran tres posibles realizaciones de la red de capacitancias 1, en lo sucesivo: red 1 (figura 2a), red 2 (figura 2b), y red 3 (figura 2c). La red 1 consiste en tres condensadores C_1 , C_2 , y C_3 , conectados C_1 y C_2 en serie, y C_3 en paralelo con la conexión en serie de C_1 y C_2 . La red 2 consiste en dos condensadores C_1 y C_2 conectados en serie. La red 3 consiste en cuatro condensadores C_1 , C_2 , C_3 y C_4 conectados como sigue: C_1 y C_2 conectados en serie entre sí, C_3 y C_4 conectados en paralelo entre sí y también en paralelo con la conexión en serie de C_1 y C_2 . En cada una de estas realizaciones: a) los condensadores tienen una relación de valor conocido; b) C_1 es mucho mayor que los otros condensadores; c) el nodo o pin 12 conecta la red de capacitancias 1 al circuito interfaz 2; d) el resto de nodos o pines 12, según la realización, conectan la red de capacitancias 1 al controlador digital 3; y e) la comparación con el umbral de tensión prefijado se puede hacer en los tres primeros nodos o pines 12 por la izquierda (P_1 - P_3), lo cual permite, primero, que la detección se haga en un punto de baja impedancia, y así reducir los efectos de interferencias capacitivas, y segundo, que el margen de umbral de

tensión sea mayor si se detecta caída de tensión en vez de un incremento de tensión. Estas realizaciones son simples ejemplos para facilitar la comprensión de la patente de invención, pero no son exhaustivas en cuanto al detalle de los circuitos.

- 5 Adicionalmente, tal como se aprecia en las figuras 3, 5, 7 y 9, el circuito interfaz 2 y la red de capacitancias 1 y el controlador 3 comprenden al menos un pin 12, 25, 33 de conexión 13, 26, 34, y en donde el circuito interfaz 2 comprende al menos un circuito pasivo analógico 22 entre el pin 12, 25 que conecta dicho circuito interfaz 2 con la red de capacitancias 1, y al menos uno de los pines 25, 33 que conectan dicho circuito interfaz 2 con el controlador 3.
- 10 En una realización preferente de la invención, el controlador 3 dispondrá de 4 pines 33 para ser conectados al circuito interfaz 2 y/o a la red de capacitancias 1.

Cabe mencionar, tal como se aprecia en las figuras 3, 5, 7 y 9, que el al menos un circuito pasivo analógico 22 está compuesto de una pluralidad de componentes electrónicos pasivos

15 24.

Por otro lado, tal como se aprecia en la figura 8, el circuito interfaz 2 comprende un puente de Wheatstone 23 en el que como mínimo uno de los componentes 23a de cada uno de los brazos es el sensor analógico 21, estando dicho puente de Wheatstone 23 conectado con

20 una pluralidad de componentes electrónicos pasivos 24.

Según otro aspecto de la invención, tal como se aprecia en las figuras 1, 3, 5, 7 y 9, el circuito interfaz 2 está alimentado desde al menos uno de los pines 33 de entrada/salida de dicho controlador 3.

25 Según una realización preferente de la invención, tal como se aprecia en las figuras 1, 3, 5, 7 y 9, el controlador 3 comprende una memoria 31 con una pluralidad de códigos 32 que corresponden a los distintos intervalos de valores de la magnitud medida.

30 Más en particular, tal como se aprecia en las figuras 2a, 2b y 2c, la red de capacitancias 1 comprende al menos una conexión 13 conmutable entre al menos dos condensadores eléctricos 11 de valores conocidos.

Según una realización preferente de la invención, la relación de la capacitancia entre al menos dos de dichos condensadores eléctricos 11 es de como mínimo 100:1.

35

Según otra realización preferente de la invención, la relación de la capacitancia entre al menos dos de dichos condensadores eléctricos 11 es de como mínimo 1.000:1.

- 5 Según aún otra realización preferente de la invención, la relación de la capacitancia entre al menos dos de dichos condensadores eléctricos 11 es de como mínimo 10.000:1.

Es también objeto de la invención el método para medir magnitudes eléctricas de sensores analógicos 21 que comprende las siguientes etapas:

- 10 a) generar una tensión en el sensor analógico 21 y/o en el circuito interfaz 2 al cual está conectado.
- b) cargar con dicha tensión como mínimo un primer condensador eléctrico 11 de dicha red de capacitancias 1, a base de conmutar las conexiones entre el controlador 3, la red de capacitancias 1, y el sensor analógico 21 y/o el circuito interfaz 2.
- 15 c) redistribuir la carga acumulada en dicho primer condensador eléctrico 11 en como mínimo un segundo condensador eléctrico 11 de dicha red de capacitancias 1, a base de conmutar las conexiones entre el controlador 3 y la red de capacitancias 1.
- d) repetir los pasos a), b) y c) hasta que la tensión en bornes 11a de dicho segundo condensador eléctrico 11 de la red de capacitancias 1 alcance un umbral de tensión
- 20 prefijado.

- Así pues, dicho método consiste en contar el número de ciclos necesarios para conseguir una determinada tensión VT en una red de capacitancias 1 a base de redistribuir (sucesivas veces) una cantidad específica de carga entre sus elementos; carga que se obtiene al
- 25 conectar uno o más de estos elementos, durante un tiempo programable, a una tensión desconocida Vx generada por el circuito interfaz 2, que incluye: 1) al menos a un sensor analógico y 2) un circuito de interfaz pasivo; conectados ambos al controlador digital 3. Cuanto más breve sea dicha conexión de Vx a la red de capacitancias 1, menor será la carga acumulada en los componentes de dicha red, y mayor será el número de veces que
- 30 habrá que repetir el proceso, con lo cual mejorará la resolución de la medida. Dicha red de capacitancias 1 requiere al menos dos condensadores 11 (u otro elemento con propiedades capacitivas), uno de los cuales debe tener una capacitancia mucho mayor que los otros, y conexiones conmutables. El número N de veces que se repite el proceso de redistribución de carga depende de la relación entre los elementos de la red de capacitancias 1 y la
- 35 tensión VT; por consiguiente, para determinar el cambio que experimenta el sensor

analógico 21 basta conocer el valor de estos parámetros. El método se puede implementar mediante un controlador digital 3, sin necesidad de ningún otro componente electrónico activo externo o embebido en el propio controlador 3, como podrían ser un convertidor analógico-digital o un circuito para medir tiempo mediante una señal de reloj y un contador de pulsos de tensión.

La magnitud medida se determina mediante comparación del número N de veces que se repite el proceso de redistribución de carga con una serie de códigos digitales, correspondientes a distintos intervalos de valores de la magnitud medida, estando dispuestos dichos códigos digitales en una tabla. Otra forma para determinar la magnitud medida es medir uno o más elementos pasivos de referencia para generar los coeficientes de una curva de calibración y obtener la magnitud medida mediante cálculo. Dicha tabla y los coeficientes de la curva de calibración son almacenados en la memoria 31 del controlador digital 3 para utilizarlos durante el procesamiento de la medición.

El método de medición expuesto se puede realizar de distintas formas, las cuales implican un número distinto de elementos y de interconexiones en la red de capacitancias 1 y en el circuito interfaz 2. Sea cual fuere la forma, la secuencia de operaciones que realiza el controlador digital 3, el método consta al menos de tres etapas: una primera etapa para poner a cero cualquier carga en la red de capacitancias 1; una segunda etapa para aplicar a la red de capacitancias 1 la tensión generada por el circuito interfaz 2, donde está el sensor 21; y una tercera etapa para redistribuir entre uno o más elementos de la red de capacitancias 1 la carga eléctrica aportada en la etapa anterior. Algunas de estas secuencias de operaciones se describen al final de la memoria, en las realizaciones preferentes del aparato de medición propuesto.

Cabe mencionar que la red de capacitancias está formada por al menos dos capacitancias, una de ellas mucho mayor que las demás. Se debe precisar sin embargo que la segunda etapa no es necesariamente para cargar la menor de las capacitancias sino una de ellas. Se puede detectar un umbral de tensión en al menos dos nodos o pines 12 diferentes de la red de capacitancias 1. Por tanto no siempre se mide la tensión en bornes de la capacitancia de mayor valor.

A modo de ejemplo, en la Figura 2b, C1 es la mayor de las capacitancias, y se carga a la tensión entre sus bornes, que depende de la tensión de salida del sensor analógico 21 y/o del circuito interfaz 2 al cual está conectado.

- 5 Según otro aspecto de la invención, el controlador 3 limita el tiempo de carga del primer condensador eléctrico 11 de dicha red de capacitancias 1, de forma que dicho primer condensador eléctrico 11 no quede totalmente cargado.

10 Así, el número N de repeticiones del proceso de redistribución de carga depende entonces de la relación entre las capacidades de los dos condensadores, el umbral prefijado y la tensión del circuito que incorpora el sensor 21. Para aumentar el valor de N, y así mejorar la resolución del método, el tiempo de carga del condensador pequeño se puede limitar de forma que éste no quede totalmente cargado.

15 A continuación va un ejemplo de fórmula matemática de dicha relación, si bien no hay una única fórmula matemática que se ajuste a cada una de las realizaciones preferentes propuestas. Cada ecuación depende de los componentes que formen el circuito interfaz y del sensor 21. La ecuación que se muestra rige para obtener Nx en el circuito de la Figura 3.

20

$$N_x = \frac{\ln \left\{ 1 - V_T \left[V_{OH} \frac{R_x}{R_x + R_R} \left(1 - e^{-T \frac{(R_x + R_R)(C_1 + C_3)}{R_x R_R [C_1(C_2 + C_3) + C_2 C_3]}} \right) \right] \right\}}{\ln \left[\frac{C_1^2}{(C_1 + C_2)(C_1 + C_3)} \right]}$$

donde V_{OH} es la tensión de salida del cuarto pin por la izquierda del controlador 3 durante de la etapa de carga, V_T es la tensión de umbral del pin, y T es el tiempo durante el cual el cuarto pin mantiene la tensión V_{OH}.

25 Más concretamente, el controlador 3 cuenta el número de ciclos necesarios para conseguir una determinada tensión en bornes 11a de dicho segundo condensador eléctrico 11, a base de redistribuir sucesivas veces una cantidad específica de carga de dicho primer condensador eléctrico 11 en dicho segundo condensador eléctrico 11.

30

Según otro aspecto de la invención, el controlador 3 determina la medida de la magnitud eléctrica del sensor analógico 21 comparando el número de veces que se repite la redistribución de carga, con una serie de códigos 32 almacenados previamente en una memoria 31 de dicho controlador 3, correspondientes a distintos intervalos de valores de la magnitud medida.

Según aún otro aspecto de la invención, el controlador 3 determina la medida de la magnitud eléctrica comparando el número de veces que se repite la redistribución de carga, con una serie de códigos 32 almacenados previamente en una memoria 31 de dicho controlador 3, correspondientes a unos coeficientes de una curva de calibración de al menos un componente electrónico pasivo 24 de referencia.

Se describen a continuación cinco realizaciones preferentes de la invención, donde: (a) el circuito interfaz 2 comprende al menos un sensor analógico 21 y un elemento pasivo de referencia; (b) el controlador 3 es un microcontrolador común de 8 bit de muy bajo coste que no incorpora ningún convertidor analógico-digital ni otros circuitos periféricos analógicos o digitales; (c) los pines 33 son pines de I/O (entrada/salida) del controlador 3, cuya estructura interna de estos pines 33 de I/O (entrada/salida) permite establecer tres estados lógicos: (a) salida en "0", con una tensión de salida V_0 ; (b) salida "1", con una tensión de salida V_1 ; y (c) entrada o HZ, que puede habilitarse para interrumpir el proceso de medición cuando se consigue una determinada tensión; (d) C1 y C2 son dos condensadores eléctricos de valor conocido, cuya relación es 10.000:1. En cada una de estas realizaciones el controlador 3 realiza una secuencia de operaciones para medir el sensor 21 o un elemento de referencia. Así, pues, resulta un número N_i de ciclos de carga para el sensor 21 o el elemento de referencia medido. De aquí, usando la ecuación que para cada circuito interfaz 2 relaciona V_x con el valor del sensor 21, se puede determinar el valor de la magnitud medida.

La figura 3 muestra una primera realización preferente del aparato de la figura 1, donde la red de capacitancias 1 es la red 1 y el circuito interfaz 2 comprende un sensor resistivo simple R_x y una resistencia R_R de valor conocido, dispuestos en un divisor de tensión resistivo. R_1 y R_2 son dos resistencias de referencia, conocidas y estables, necesarias para calcular los coeficientes de una curva de calibración y obtener R_x mediante cálculo. C3 es un condensador de valor conocido, cuya relación con C1 es 100.000:1. La secuencia de operaciones que realiza el controlador 3 para medir tanto R_x como R_1 y R_2 consta de tres etapas: (1) puesta a cero, (2) carga, y (3) redistribución y lectura. El conjunto específico de

operaciones para medir R_x es como sigue. Inicialmente, siete primeros pines 33 (P1-P7) del controlador 3 se configuran como HZ para evitar que al poner en marcha el sistema estos pines 33 queden configurados de alguna forma no deseada. A continuación, en la etapa (1), siete primeros pines 33 (P1-P7) se configuran como salida en "0"; por lo tanto, cualquier

5 carga eléctrica acumulada en los elementos del circuito interfaz 3 se drena a masa. Luego, en la etapa (2), tercer y quinto pin 33 (P3, P5) permanecen en su estado anterior, mientras que cuarto pin 33 (P4) se configura como salida en "1" y primer, segundo, tercer, sexto y séptimo pin 33 (P1, P2, P3, P6 y P7) se configuran como HZ; por consiguiente, C2 se va cargando, y si cuarto pin 33 (P4) se mantiene en el estado "1" (tensión V_1) durante un

10 tiempo suficientemente largo respecto a la constante de tiempo T_c del circuito RC que resulta, finalmente alcanzará la tensión V_x del divisor de tensión formado por R_x y R_R . Si en cambio cuarto pin 33 (P4) se mantiene en el estado "1" durante un tiempo inferior, la tensión en bornes de C2 será una fracción de V_x , de modo que la carga acumulada en él será menor. Nótese que con esta disposición de pines, se carga también C3 a la tensión V_2 que

15 resulta en el segundo pin 33, y C1 se carga a la diferencia de tensión V_{12} en sus bornes. Finalmente, en la etapa (3), primer, tercer, sexto y séptimo pines 33 (P1, P3, P6 y P7) permanecen en su estado anterior, cuarto y quinto pines 33 (P4 y P5) se configuran como entrada, segundo pin 33 (P2) se configura como salida en "0". Con esta nueva disposición de los pines 33, la carga acumulada en C2 se redistribuye con C1, y primer pin 33 (P1)

20 actúa como un comparador de tensión con umbral TTL/CMOS y alta impedancia de entrada; el resultado es un incremento de tensión ΔV_{C1} en los bornes de C1 proporcional a la carga redistribuida, y por lo tanto a V_x , que a su vez depende de R_x . Las etapas (2) y (3) se repiten hasta que la tensión entre los bornes de C1 sea igual o superior a la tensión umbral V_T en primer pin 33 (P1). El programa de control cuenta los ciclos de carga necesarios para

25 alcanzar dicho umbral, sin necesidad de ningún temporizador o contador de pulsos de tensión integrado en el controlador 3. Al final de la secuencia, resulta un número N_x de ciclos de carga relacionados con el cambio de impedancia del sensor 21. N_x será tanto mayor, y por lo tanto la resolución de medida será mejor, cuando más breve sea el tiempo durante el cual se mantenga el cuarto pin 33 (P4) en el estado "1". Una alternativa a la

30 secuencia de operaciones anterior es detectar la caída de tensión ΔV_{C3} en bornes de C3 (en el segundo pin 33 P2), que depende de la carga que se acumula en C1 durante un ciclo de medición previo. Así, pues, se puede detectar un umbral de tensión en al menos dos nodos o pines 12 diferentes de la red de capacitancias 1.

La figura 4 es una tabla que resume el estado lógico de los pines del controlador 3 durante un ciclo de la secuencia para medir Rx en la realización de la figura 3. La secuencia de operaciones que realiza el controlador 3 para medir R1 y R2 es similar a la que se realiza para medir Rx; la diferencia es que los pines 33 sexto y séptimo (P6 y P7) realizan, para cada medida, la función que antes realizaba el pin 33 quinto (P5), mientras que los pines 33 que no intervienen en la medida se configuran como HZ. Así, pues, el valor Ni de ciclos de carga que resulta para cada resistencia medida es N1 y N2. De aquí, usando la ecuación que relaciona la tensión Vx del circuito interfaz 2 con el valor de Rx, se puede determinar Rx con independencia de VT y RR. Los cambios en estos elementos y parámetros no deberían afectar la medición, sino que ésta pasa a depender de R1 y R2, las cuales deben ser suficientemente estables.

La figura 5 muestra una segunda realización preferente del aparato de la figura 1, donde la red de capacitancias 1 es la red 3 y el circuito interfaz 2 comprende un sensor 21 capacitivo simple Cx y una resistencia Rc conocida, dispuestos en un circuito RC. C4 y C5 son dos condensadores 11 de referencia, cuya relación entre sus capacidades es conocida y estables, necesarios para determinar Cx. La secuencia de operaciones que realiza el controlador 3 para medir tanto Cx, como C4 y C5 consta de cuatro etapas: (1) puesta a cero, (2) carga, (3) descarga-carga y lectura, y (4) redistribución. El conjunto específico de operaciones para medir Cx es como sigue. Inicialmente, siete primeros pines 33 (P1-P7) se configuran como HZ. A continuación, en la etapa (1), siete primeros pines 33 (P1-P7) se configuran como salida en "0". Luego, en la etapa (2), P7 permanece en su estado anterior, P6 se configura como salida en "1", y P1 a P5 se configuran como HZ; esta disposición de pines 33 se mantiene durante un tiempo suficientemente largo respecto a la constante de tiempo Tc del circuito RC formado por Rc y Cx. Así, pues, Cx se carga a través de Rx a la tensión V1 de P6. Cabe resaltar que esta etapa de la secuencia de medición no es para cargar la red de capacitancia 1, sino para aplicar una carga fija al sensor 21. Después, en la etapa (3), P1, P3, P4, P5, y P7 permanecen en HZ, P2 y P6 se configuran como salida en "0" (tensión V0); por consiguiente, Cx se descarga hacia V0 y la red 3 se carga a una fracción de la tensión de descarga Vx en los bornes de Cx. La duración de esta disposición de pines debe ser suficientemente corta respecto a Tc y determina la resolución que se tendrá en la medición. En esta misma etapa, se detecta y compara el nivel de tensión entre los bornes de C2 a través de P1. Finalmente, en la etapa (4), P2, P3, P4, P5 permanecen en su estado anterior, P1 se configura como salida en "0", y P6 y P7 se configuran como HZ. Las etapas (2), (3), y (4) se repiten hasta que la tensión entre los bornes de C2 sea igual o

superior a la tensión umbral V_T P1. Al final de la secuencia, resulta un número N_x de ciclos de carga relacionados con el cambio de impedancia del sensor 21. Nótese que la tensión V_T se consigue entre los bornes de C2 durante la etapa (3) de descarga-carga. Sin embargo, podría conseguirse también entre los bornes C1 durante la etapa (4) de redistribución. La figura 6 es una tabla que resume el estado lógico de los pines del controlador 3 durante un ciclo de la secuencia para medir C_x en la realización de la figura 5.

La secuencia de operaciones que realiza el controlador 3 para medir C_3 y C_4 es similar a la que se realiza para medir C_x ; la diferencia es que los pines 33 P4 y P5 realizan, para cada medida, la función que antes realizaba el pin P7, mientras que los pines 33 que no intervienen en la medida se configuran como HZ. Así, pues, el valor N_i de ciclos de carga que resulta para cada resistencia medida es N_3 y N_4 . De aquí, usando la ecuación que relaciona la tensión V_x del circuito interfaz 2 con C_x , se puede determinar C_x con independencia de V_T y R_c .

La figura 7 muestra una tercera realización preferente del aparato en la figura 1, donde la red de capacitancias 1 es la red 1 y el circuito interfaz 2 comprende un sensor 21 inductivo simple L_x y un resistor R_L conocido, dispuestos en un circuito RL. L_1 y L_2 son dos inductores de referencia, conocidos y estables, necesarios para determinar L_x . La secuencia de operaciones que realiza el controlador 3 para medir L_x , L_1 y L_2 es casi la misma que realiza para medir, respectivamente, R_x , R_1 y R_2 en la realización preferente de la figura 3. Se diferencia en que el tiempo que se aplica para cargar C2 a V_x está determinado ahora por la constante de tiempo de la red RL.

La figura 8 muestra una cuarta realización preferente del aparato en la figura 1, donde la red de capacitancias 1 es la red 2 y el circuito interfaz 2 comprende un máximo de cuatro sensores 21 basados en un cambio de resistencia (R_3 , R_4 , R_5 , y R_6) conectados formando un puente de Wheatstone 23, y una resistencia R_P de valor conocido. El pin P1 se usa como nodo de medida. Se supone que todos los sensores 21 experimentan el mismo cambio relativo de resistencia x , que puede ser positivo o negativo. La secuencia de operaciones que realiza el controlador 3 para medir el cambio de relativo x de cada sensor 21 permite analizar el circuito interfaz 2 como un conjunto de divisores de tensión formados, respectivamente, por R_P y las resistencias equivalentes Req_1 , Req_2 , y Req_3 vistas, cada una, desde P5, P6 y P7 hacia P1. Así, pues, x depende de la caída de tensión en estos divisores de tensión. Siguiendo la secuencia de operaciones para medir R_x descrita en la

primera realización, pero utilizando ahora un camino distinto de carga determinado por la configuración de los tres pines que conectan el puente con el controlador 3 se obtienen tres valores distintos de N . De aquí, usando la ecuación que describe el valor de las resistencias equivalentes R_{eq1} , R_{eq2} , y R_{eq3} , se puede determinar x con independencia de V_T y R_P .

5

La figura 9 muestra una quinta realización preferente del aparato en la figura 1, donde la red de capacitancias 1 es la red 2 y el circuito de interfaz 2 comprende un fotodiodo D (sensor) y una resistencia R_F conocida, con un nodo común 25. El circuito eléctrico equivalente del fotodiodo permite analizar el circuito formado por D y R_F como un circuito RC , cuya constante de tiempo depende de la intensidad de la radiación electromagnética incidente sobre el fotodiodo. R_7 y R_8 son dos resistencias conocidas que se emplean para controlar la constante de tiempo y así mejorar la resolución en la medición. La secuencia de operaciones que realiza el controlador 3 para medir la variación de impedancia que experimenta D es similar a la que realiza el controlador 3 para medir C_x en la realización preferente de la figura 5. Las principales diferencias son las disposiciones de pines 33 del controlador 3 y el tiempo que se aplica para cargar C_2 a V_x , que está determinado ahora por la constante de tiempo del circuito formado por D y R_F .

10

15

La figura 10 es una tabla que resume el estado lógico de los pines del controlador 3 durante un ciclo de la secuencia para medir D en la realización de la figura 9, cuando D se polariza en inversa a través de R_F . La secuencia de operaciones que realiza el controlador 3 para medir D cuando se polariza en inversa a través de R_7 y R_8 es similar a la que se realiza a través de R_F ; la diferencia es que los pines P_6 y P_7 realizan, para cada medida, la función del pin P_4 , mientras que los pines que no intervienen en la medida se configuran como HZ . La magnitud medida se determina mediante comparación del número N de veces que se repite el proceso de redistribución de carga con una serie de códigos digitales, correspondientes a distintos intervalos de valores de la magnitud medida, dispuestos en una tabla en el programa de control del controlador 3.

20

25

La descripción anterior de las realizaciones preferentes incluye varios detalles específicos de la invención que pueden facilitar su comprensión, pero no es exhaustiva ni en cuanto a las realizaciones posibles, ni en cuanto al detalle del circuito donde esté incorporado el sensor 21. Así mismo, los detalles, las formas, las dimensiones y demás elementos accesorios, así como los componentes empleados en la implementación de dicho dispositivo, y método asociado, para medir magnitudes eléctricas de sensores analógicos

30

35

podrán ser convenientemente sustituidos por otros que sean técnicamente equivalentes, y no se aparten de la esencialidad de la invención ni del ámbito definido por las reivindicaciones que se incluyen a continuación de la siguiente lista.

5 Lista referencias numéricas:

	1	red de capacitancias
	11	condensador eléctrico
	11a	borne (del condensador eléctrico)
10	12	pin (red de capacitancias)
	13	conexión (red de capacitancias)
	2	circuito interfaz
	21	sensor analógico
	22	circuito pasivo analógico
15	23	punto de Wheatstone
	23a	componente (punto de Wheatstone)
	24	componente electrónico pasivo
	25	pin (circuito interfaz)
	26	conexión (circuito interfaz)
20	3	controlador
	31	memoria
	32	código
	33	pin (controlador)
	34	conexión (controlador)
25		

Lista de referencias usadas como abreviaciones del texto dentro de las figuras

	F11	Red de capacitancias
30	F12	Sensor y circuito interfaz
	F13	Controlador digital
	F41	Etapa
	F42	Secuencia para medir Rx
	F61	Etapa
35	F62	Secuencia para medir Cx

F101 Etapa

F102 Secuencia para medir D

REIVINDICACIONES

- 1- Dispositivo para medir magnitudes eléctricas de sensores analógicos que comprende un controlador (3) conectado a una red de capacitancias (1), y a un circuito interfaz (2) conectado a un sensor analógico (21), caracterizado porque dicha red de capacitancias (1):
- está conectada a dicho circuito interfaz (2) conectado al sensor analógico (21),
- comprende al menos dos condensadores eléctricos (11) de valor conocido, en donde la relación de la capacitancia entre al menos dos de dichos condensadores eléctricos (11) es de como mínimo 10:1.
- 2- Dispositivo según la reivindicación 1 caracterizado porque el circuito interfaz (2) y la red de capacitancias (1) y el controlador (3) comprenden al menos un pin (12, 25, 33) de conexión (13, 26, 34), y en donde el circuito interfaz (2) comprende al menos un circuito pasivo analógico (22) entre el pin (12, 25) que conecta dicho circuito interfaz (2) con la red de capacitancias (1), y al menos uno de los pines (25, 33) que conectan dicho circuito interfaz (2) con el controlador (3).
- 3- Dispositivo según la reivindicación 2 caracterizado porque el al menos un circuito pasivo analógico (22) está compuesto de una pluralidad de componentes electrónicos pasivos (24).
- 4- Dispositivo según la reivindicación 1 caracterizado porque el circuito interfaz (2) comprende un puente de Wheatstone (23) en el que como mínimo uno de los componentes (23a) de cada uno de los brazos es el sensor analógico (21), estando dicho puente de Wheatstone (23) conectado con una pluralidad de componentes electrónicos pasivos (24).
- 5- Dispositivo según la reivindicación 1 caracterizado porque el circuito interfaz (2) está alimentado desde al menos uno de los pines (33) de entrada/salida de dicho controlador (3).
- 6- Dispositivo según la reivindicación 1 caracterizado porque el controlador (3) comprende una memoria (31) con una pluralidad de códigos (32) que corresponden a los distintos intervalos de valores de la magnitud medida.
- 7- Dispositivo según la reivindicación 1 caracterizado porque la red de capacitancias (1) comprende al menos una conexión (13) conmutable entre al menos dos condensadores eléctricos (11) de valores conocidos.

8- Dispositivo según la reivindicación 1 caracterizado porque la relación de la capacitancia entre al menos dos de dichos condensadores eléctricos (11) es de como mínimo 100:1.

5 9- Dispositivo según la reivindicación 1 caracterizado porque la relación de la capacitancia entre al menos dos de dichos condensadores eléctricos (11) es de como mínimo 1.000:1.

10- Dispositivo según la reivindicación 1 caracterizado porque la relación de la capacitancia entre al menos dos de dichos condensadores eléctricos (11) es de como mínimo 10.000:1.

10

11- Método para medir magnitudes eléctricas de sensores analógicos según la reivindicación 1 que comprende las siguientes etapas:

a) generar una tensión en el sensor analógico (21) y/o en el circuito interfaz (2) al cual está conectado.

15

b) cargar con dicha tensión como mínimo un primer condensador eléctrico (11) de dicha red de capacitancias (1), a base de conmutar las conexiones entre el controlador (3), la red de capacitancias (1), y el sensor analógico (21) y/o el circuito interfaz (2).

c) redistribuir la carga acumulada en dicho primer condensador eléctrico (11) en como mínimo un segundo condensador eléctrico (11) de dicha red de capacitancias (1), a base de conmutar las conexiones entre el controlador (3) y la red de capacitancias (1).

20

d) repetir los pasos a), b) y c) hasta que la tensión en bornes (11a) de dicho segundo condensador eléctrico (11) de la red de capacitancias (1) alcance un umbral de tensión prefijado.

25

12- Método según la reivindicación 11 caracterizado porque el controlador (3) limita el tiempo de carga de dicho primer condensador eléctrico (11) de dicha red de capacitancias (1), de forma que dicho primer condensador eléctrico (11) no quede totalmente cargado.

13- Método según la reivindicación 11 caracterizado porque el controlador (3) cuenta el número de ciclos necesarios para conseguir una determinada tensión en bornes (11a) de dicho segundo condensador eléctrico (11), a base de redistribuir sucesivas veces una cantidad específica de carga de dicho primer condensador eléctrico (11) en dicho segundo condensador eléctrico (11).

30

14- Método según la reivindicación 13 caracterizado porque el controlador (3) determina la medida de la magnitud eléctrica del sensor analógico (21) comparando el número de veces que se repite la redistribución de carga, con una serie de códigos (32) almacenados previamente en una memoria (31) de dicho controlador (3), correspondientes a distintos intervalos de valores de la magnitud medida.

15- Método según la reivindicación 13 caracterizado porque el controlador (3) determina la medida de la magnitud eléctrica comparando el número de veces que se repite la redistribución de carga, con una serie de códigos (32) almacenados previamente en una memoria (31) de dicho controlador (3), correspondientes a unos coeficientes de una curva de calibración de al menos un componente electrónico pasivo (24) de referencia.

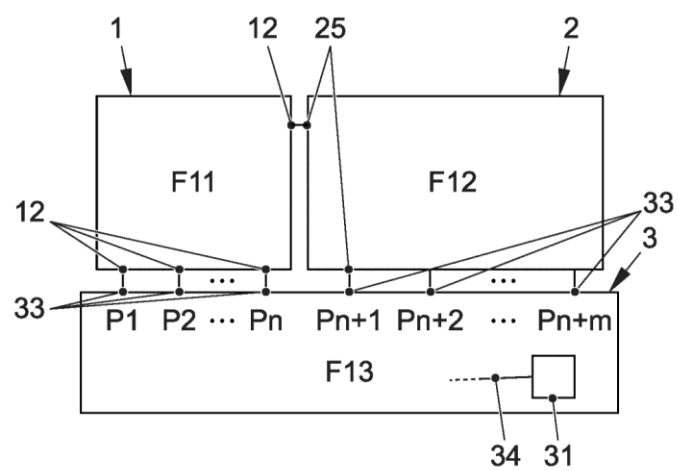


FIG. 1

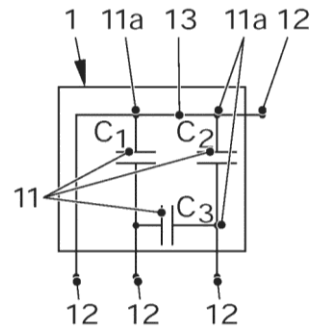


FIG. 2a

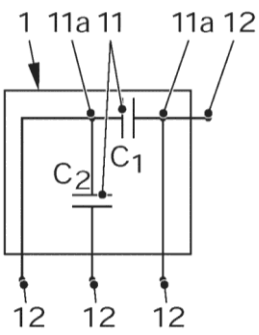


FIG. 2b

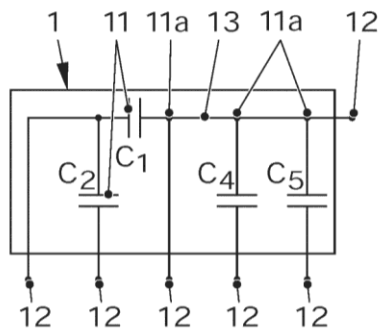


FIG. 2c

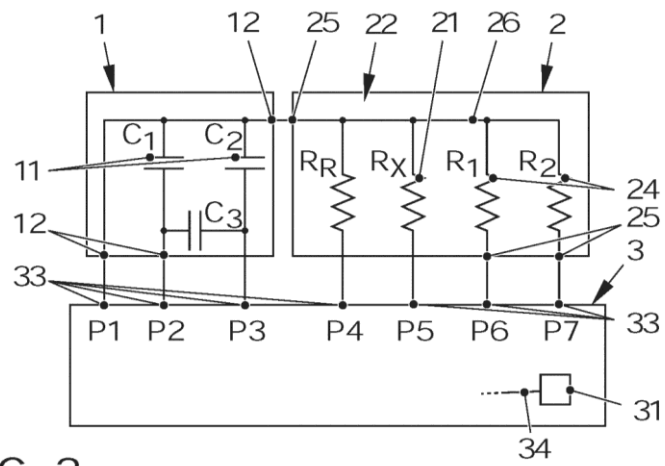


FIG. 3

	F 42						
F 41	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
1	O	O	O	O	O	O	O
2	HZ	HZ	O	1	O	HZ	HZ
3	HZ	O	O	HZ	HZ	HZ	HZ

FIG. 4

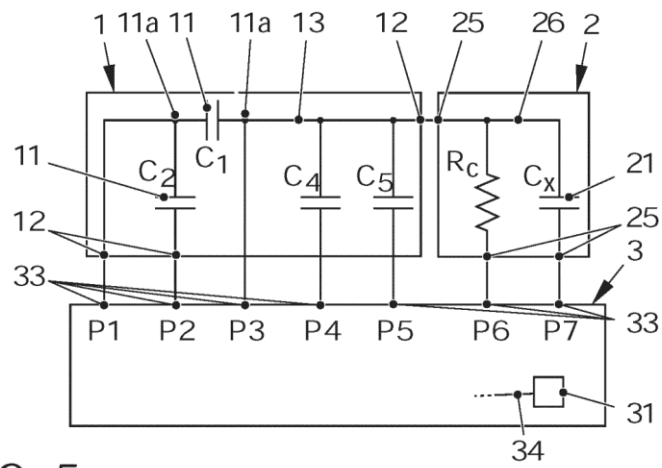


FIG. 5

F 62							
F 61	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
1	0	0	0	0	0	0	0
2	HZ	HZ	HZ	HZ	HZ	1	0
3	HZ	0	HZ	HZ	HZ	0	0
4	0	0	HZ	HZ	HZ	HZ	HZ

FIG. 6

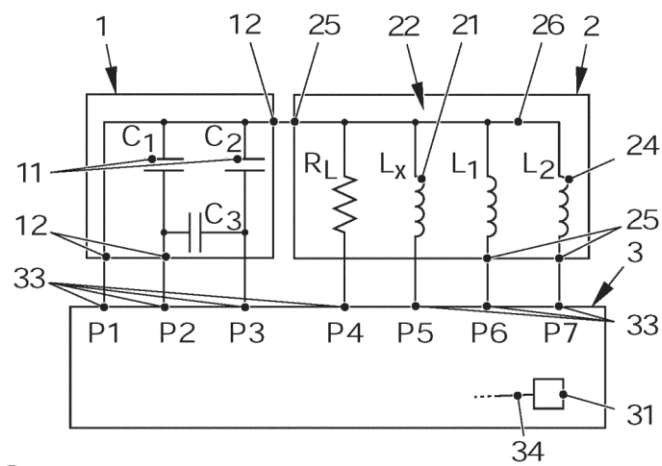


FIG. 7

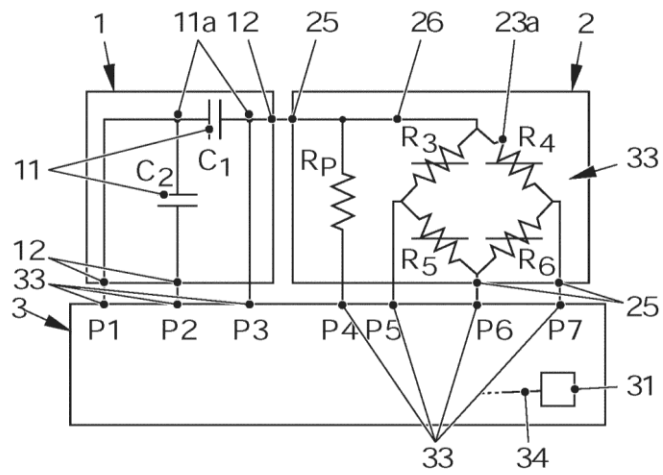


FIG. 8

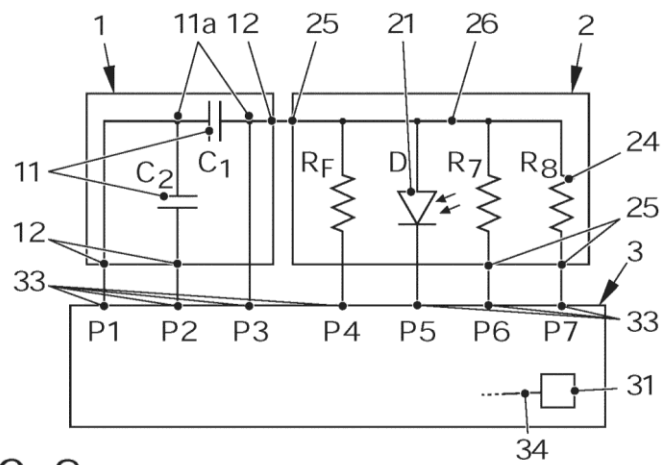


FIG. 9

	F102						
F101	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
1	0	0	0	0	0	0	0
2	HZ	HZ	HZ	1	0	HZ	HZ
3	HZ	0	HZ	0	0	HZ	HZ
4	0	0	HZ	HZ	HZ	HZ	HZ

FIG. 10



- ②① N.º solicitud: 201431631
②② Fecha de presentación de la solicitud: 07.11.2014
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **G01R17/02** (2006.01)
G01R1/30 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 2009125179 A1 (MILLER GARRET et al.) 14.05.2009, párrafos [0009-0015]; reivindicación 1.	1-10
A		11-15
X	US 2011148393 A1 (DE BUDA ERIC GEORGE) 23.06.2011, figura 4; párrafo [0026]; resumen.	1-10
X	US 2014103905 A1 (JOHNSON KEVIN M et al.) 17.04.2014, reivindicaciones 1-33; resumen.	1-10

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
30.06.2015

Examinador
M. Argüeso Montero

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G01R

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 30.06.2015

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-15	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 11-15	SI
	Reivindicaciones 1-10	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 2009125179 A1 (MILLER GARRET et al.)	14.05.2009
D02	US 2011148393 A1 (DE BUDA ERIC GEORGE)	23.06.2011
D03	US 2014103905 A1 (JOHNSON KEVIN M et al.)	17.04.2014

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**- Reivindicación 1**

El documento D01 es el documento del estado de la técnica más próximo a la invención reivindicada.

En él (ver reivindicación 1) se describe un dispositivo para medir magnitudes eléctricas en sensores analógicos que comprende un controlador conectado a una red de capacitancias y a un circuito interfaz.

El circuito interfaz está conectado al sensor analógico y a la red de capacitancias.

Sin embargo, no se indica si la red de capacitancias tiene dos condensadores cuyas capacidades cumplen una relación de 10 a 1. No obstante, esta es una opción de diseño de la red de condensadores, pues en la descripción de la solicitud se explica que existen diversas alternativas de implementación del circuito. Es decir, el experto en la materia podría optar por alguna de esas alternativas sin el ejercicio de la actividad inventiva.

Por tanto, el documento D01 afecta a la actividad inventiva de la reivindicación 1, en el sentido del artículo 8 de la Ley de Patentes 11/1986, de 20 de marzo.

- Reivindicaciones 2-10

Las características técnicas de las reivindicaciones 2-10 están implícitamente incluidas en el documento D01 o se pueden deducir del mismo, sin el ejercicio de actividad inventiva.

Por tanto, el documento D01 afecta a la actividad inventiva de las reivindicaciones 2-10, en el sentido del artículo 8 de la Ley de Patentes 11/1986, de 20 de marzo.

- Reivindicaciones 11-15

El documento D01 es el documento del estado de la técnica más próximo a la invención reivindicada.

En él se describe un método para medir magnitudes eléctricas que comprende las etapas de cargar la tensión que se crea en el sensor analógico en un primer condensador eléctrico de la red de capacitancias y redistribuir la carga acumulada con un segundo condensador de la red de capacitancias.

La diferencia con la invención reivindicada es que en el documento D01 no se indica que se genere una tensión en el sensor analógico y/o en el circuito interfaz al que está conectado.

Tampoco se indica si se repiten los pasos anteriores hasta que la tensión en bornes del condensador alcance un umbral de tensión prefijado.

El resto de los documentos recuperados en la búsqueda tampoco reúnen todas las características técnicas de la invención reivindicada y estas no se podrían deducir mediante la combinación de estos documentos.

Por tanto, a la vista de los documentos recuperados en la búsqueda realizada, la invención de las reivindicaciones 11-15 es nueva e implica actividad inventiva en el sentido de los artículos 6 y 8 de la Ley de Patentes 11/1986, de 20 de marzo.