

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 999 101**

21 Número de solicitud: 202330708

51 Int. Cl.:

G01R 27/22 (2006.01)

G01N 27/06 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

24.08.2023

43 Fecha de publicación de la solicitud:

24.02.2025

71 Solicitantes:

**CEBI ELECTROMECHANICAL COMPONENTS
SPAIN, S.A. (100.00%)**

**Avda. de Villatuerta 35 BJ
31132 VILLATUERTA (Navarra) ES**

72 Inventor/es:

**DÍEZ GARCÍA, Sergio;
LANDATXE ZUGARRAMURDI, Jose Luis;
BRETÓN CRISTÓBAL, Enrique;
MACHÍN MINDÁN, Jorge y
GARCÍA IZAGUIRRE, Javier**

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

54 Título: **DISPOSITIVO DE MEDICIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN MEDIOS LÍQUIDOS**

57 Resumen:

Dispositivo de medición de la conductividad eléctrica que comprende: unos electrodos (700a, 700b); una fuente de corriente (100) configurada para inyectar una corriente eléctrica en un medio (600); un bloque de conmutación (200) configurado para producir una circulación de corriente a través del medio (600) desde el primer electrodo (700a) hacia el segundo electrodo (700b) o desde el segundo electrodo (700b) hacia el primer electrodo (700a); un bloque sensor (300) conectado al primer electrodo (700a) y/o al segundo electrodo (700b), configurado para amplificar una magnitud eléctrica del medio (600) generada en respuesta a la circulación de corriente en el medio (600), y; un bloque de realimentación (400) configurado para conectar el bloque sensor (300) a la fuente de corriente (100).

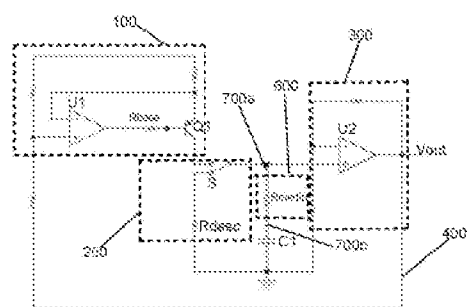


FIG. 1

DESCRIPCIÓN**DISPOSITIVO DE MEDICIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN MEDIOS
LÍQUIDOS**

5

Sector de la técnica

La presente invención tiene por objeto un dispositivo de medición de la conductividad eléctrica, especialmente indicado para la medición de la conductividad eléctrica de un medio líquido.

10

El dispositivo de medición de la conductividad eléctrica, objeto de la presente invención, permite medir y detectar la variación de la conductividad eléctrica de un medio líquido, con una alta resolución, para un rango de valores de conductividad muy amplio, minimizando o evitando los problemas asociados a la degradación de los electrodos de medida.

15

El dispositivo de medición de la conductividad eléctrica, objeto de la presente invención tiene aplicación en la industria dedicada al diseño y fabricación de aparatos electrónicos de medida y, más concretamente, de aparatos para la medida de la conductividad de medios líquidos.

20

Estado de la técnica

En el campo de los dispositivos de medición de la conductividad eléctrica, la técnica más frecuente consiste en insertar o sumergir dos electrodos en un medio (sólido o líquido) y hacer circular una determinada intensidad de corriente continua (DC) entre dichos electrodos, midiendo posteriormente la caída de tensión entre dichos electrodos para así inferir la conductividad eléctrica del medio.

Un problema asociado a la técnica mencionada en el párrafo anterior consiste en que, al aplicar una intensidad de corriente continua entre los electrodos, cuando éstos se encuentran sumergidos en un medio líquido, es frecuente que se produzcan reacciones electroquímicas entre los electrodos y el medio líquido, produciendo una degradación rápida de los electrodos.

Una solución al problema de la degradación de los electrodos consiste en emplear corriente alterna (AC) en lugar de corriente continua. En el documento ES 2684611 A1 se describe un dispositivo para detectar agua en filtros de gasóleo. Este dispositivo comprende dos

electrodos configurados para sumergirse en un medio líquido. El dispositivo comprende una fuente de corriente continua diseñada mediante la técnica de espejos de corriente. El dispositivo comprende también dos conmutadores configurados para abrirse y cerrarse de manera alternada, de forma que en todo momento, uno de los dos conmutadores se encuentra
5 abierto (impidiendo el paso de corriente eléctrica) y otro de los conmutadores se encuentra cerrado (permitiendo el paso de corriente eléctrica), de manera que entre los electrodos se produce una circulación de corriente en un sentido o en otro (corriente AC) en función de cuál de los conmutadores esté abierto y cuál de los conmutadores esté cerrado en cada momento.

10 Pese a que la circulación de corriente alterna entre los electrodos permite solucionar el problema de la degradación de los electrodos, existe un inconveniente adicional asociado a la medición de la conductividad en un medio, especialmente en un medio líquido.

En efecto, cuando se pretende inferir la conductividad eléctrica del medio inyectando en éste
15 una corriente constante y midiendo la caída de tensión que se produce entre electrodos, nos encontramos con una respuesta es no lineal que se asemeja a una curva exponencial, de forma que para valores reducidos de conductividad, la respuesta de variación de la caída de tensión entre electrodos ante una variación de conductividad es muy grande.

20 Al digitalizar esta señal de caída de tensión mediante un convertidor analógico-digital (ADC), obtenemos muy buena resolución ya que dicho convertidor ADC permite discriminar perfectamente entre los dos valores de caída de tensión (y por tanto entre los dos valores de conductividad) al estar dichos valores suficientemente alejados entre sí (si el convertidor ADC tiene un valor de sensibilidad superior a la diferencia de valor de caída de tensión).

25 Sin embargo, debido a que esta respuesta se asemeja a una curva exponencial, para valores elevados de conductividad del medio, la respuesta de variación de la caída de tensión entre electrodos ante una variación de conductividad es muy pequeña. En general, cuanto mayor es la conductividad eléctrica del medio, los aumentos en la conductividad eléctrica del medio
30 dan lugar a variaciones cada vez más pequeñas en la caída de tensión entre los electrodos.

Por tanto, se puede dar el caso de que la diferencia en la caída de tensión entre los electrodos ante una variación en la conductividad eléctrica del medio llegue a estar por debajo de la sensibilidad del convertidor ADC, dando lugar a un dispositivo sensor que ya no es útil (no
35 tiene suficiente resolución) para medir la variación en la conductividad eléctrica del medio.

Objeto de la invención

Con objeto de solucionar los inconvenientes anteriormente mencionados, la presente invención se refiere a un dispositivo de medida de la conductividad eléctrica.

5

El dispositivo de medición de la conductividad eléctrica, objeto de la presente invención, comprende:

o un primer electrodo y un segundo electrodo, estando ambos electrodos configurados para introducirse en un medio (preferentemente un medio líquido) para la medición de la conductividad eléctrica de dicho medio;

10

o una fuente de corriente configurada para inyectar una corriente eléctrica en el medio, y;

15

o un bloque de conmutación configurado para producir una circulación de corriente a través del medio desde el primer electrodo hacia el segundo electrodo o desde el segundo electrodo hacia el primer electrodo.

20 De manera novedosa, el dispositivo de medición de la conductividad objeto de la presente invención, adicionalmente comprende:

o un bloque sensor conectado al primer electrodo y/o al segundo electrodo, configurado para amplificar una magnitud eléctrica del medio generada en respuesta a la circulación de corriente en el medio, y;

25

o un bloque de realimentación configurado para conectar el bloque sensor a la fuente de corriente.

30 Por tanto, este dispositivo de medida de la conductividad eléctrica ofrece una respuesta nativa (antes de digitalización y procesamiento) que varía linealmente con la conductividad, es decir, para una misma variación de conductividad, el cambio inducido en la tensión de salida del sistema será el mismo independientemente del rango de conductividad en el que se encuentre el medio. Al digitalizar esta señal mediante un convertidor ADC, la resolución en términos de conductividad será igual en cualquier rango de conductividad.

35

La fuente de corriente puede comprender un primer amplificador operacional (U1) o un espejo de corriente.

5 El dispositivo está configurado para, mediante la realimentación a la fuente de corriente de la magnitud eléctrica amplificada, inyectar una corriente eléctrica en el medio cuyo valor de intensidad de corriente depende de la conductividad eléctrica del medio.

Mediante el dispositivo descrito, se le introduce al bloque sensor una señal de referencia que, por así decir, se resta a la respuesta interna del sistema. La diferencia es amplificada por el
10 bloque sensor (que comprende un segundo amplificador operacional (U2)) y se realimenta a la fuente de corriente regulable, ajustando ésta automáticamente para mantener constante la tensión entre los electrodos del medio y lograr que la diferencia entre señal y consigna se haga cero para cualquier valor de conductividad que tenga el medio. Dado que, para lograr esto, la tensión de salida producida por el bloque sensor habrá de ser diferente según varíe
15 la conductividad, se emplea dicha tensión de salida del bloque sensor como salida del sistema, la cual es lineal, transfiriéndose la no linealidad a la evolución de la corriente de electrodo en función de la conductividad que se esté midiendo. Al variar la tensión de salida linealmente con la conductividad, queda resuelto el problema de falta de resolución en los rangos altos de conductividad de que adolecen aquellas realizaciones en las que el medio es polarizado con
20 una corriente constante.

La fuente de corriente puede tratarse de una fuente de corriente alterna, evitando de esta manera la degradación de los electrodos.

25 No obstante, de manera preferente, según la presente invención, la fuente de corriente es una fuente de corriente continua.

La fuente de corriente puede estar configurada para inyectar corriente en el medio a través del primer electrodo, y donde el segundo electrodo está conectado a tierra a través de un
30 condensador de desacoplo (C1). De esta forma, se consigue una corriente alterna entre los electrodos mediante el bloque de conmutación y el condensador de desacoplo (C1).

Preferentemente, el bloque de conmutación comprende un interruptor (S) (que puede tratarse de un transistor), configurado para ser controlado mediante un microcontrolador, y donde
35 dicho interruptor (S) está conectado a tierra.

El interruptor (S) puede estar conectado a tierra a través de una resistencia de descarga (R_{desc}).

5 Según una primera forma de realización del dispositivo de medición de la conductividad, objeto de la presente invención, el interruptor (S) del bloque de conmutación está configurado para:

- adoptar una primera configuración, en la cual el interruptor (S) establece una conexión
10 entre la fuente de corriente y el primer electrodo, y;

- adoptar una segunda configuración, en la cual el interruptor desconecta el primer electrodo de la fuente de corriente y establece una conexión entre el primer electrodo y la tierra.

15

Alternativamente, según una segunda forma de realización del dispositivo de medición de la conductividad eléctrica, objeto de la presente invención, el interruptor (S) está conectado a tierra en paralelo al medio y en serie con una resistencia de descarga (R_{desc}) de valor inferior a la resistencia equivalente (R_{medio}) del medio.

20

En esta segunda forma de realización, el interruptor (S) puede estar realizado mediante un transistor de tipo MOSFET.

De manera preferente, en esta segunda forma de realización de la invención, el bloque sensor
25 tiene conectado a su entrada un divisor de tensión resistivo, formado por dos resistencias (R_{div1} , R_{div2}), de manera que a la entrada del bloque sensor se impone una tensión de referencia proporcional a una tensión de alimentación (V_{CC}) de la fuente de corriente.

También de manera preferente, en esta segunda forma de realización de la invención, el
30 dispositivo de medición de la conductividad eléctrica comprende un bloque de filtrado conectado entre el bloque sensor y el bloque de realimentación. Este bloque de filtrado está configurado para estabilizar la tensión a la salida del bloque sensor.

De manera preferente, el bloque de filtrado comprende un filtro RC.

35

Adicionalmente, el bloque de filtrado puede comprender al menos una primera rama RC en paralelo con el filtro RC.

También según la segunda forma de realización del dispositivo de medición de la conductividad eléctrica, el bloque sensor puede comprender una etapa de amplificación no inversora formada por un amplificador operacional (segundo amplificador operacional (U2)) en paralelo con un condensador de compensación.

En la segunda forma de realización del dispositivo de medición de la conductividad, objeto de la presente invención, se pueden implementar diferentes tipos de fuentes de corriente.

Por ejemplo, la fuente de corriente puede comprender un primer amplificador operacional (U1) conectado a un primer transistor (Q1) a través de una resistencia de polarización (R_{base}), donde la entrada no inversora del primer amplificador operacional (U1) está conectada al bloque de realimentación.

Alternativamente, la fuente de corriente puede comprender un espejo de corriente.

En la segunda forma de realización del dispositivo de medición de la conductividad eléctrica, objeto de la presente invención, el bloque de conmutación puede comprender una resistencia paralela (R_{par}) conectada en paralelo con el interruptor (S).

Mediante esta resistencia paralela (R_{par}), se puede conseguir aumentar el rango de valores de conductividad que es capaz de medir el dispositivo.

Alternativamente a esta resistencia paralela (R_{par}), se puede emplear una fuente de corriente que comprende un módulo conmutador de segundo rango de corriente. Mediante este conmutador de segundo rango de corriente, se puede conseguir también ampliar el rango de valores de conductividad que es capaz de medir el dispositivo de la invención. Ambos elementos, resistencia paralela (R_{par}) y conmutador de segundo rango, pueden ser empleados de forma alternativa o simultáneamente.

Descripción de las figuras

Como parte de la explicación de al menos una forma de realización de la invención se han

incluido las siguientes figuras.

Figura 1: Muestra una vista esquemática del circuito de medición de conductividad, según una primera forma de realización del dispositivo de medición de la conductividad eléctrica, objeto
5 de la presente invención.

Figura 2: Muestra un esquema de una toma de muestras de la conductividad del medio, durante el tiempo de inyección de corriente al medio.

10 Figura 3: Muestra un esquema de un circuito eléctrico de medición de la conductividad eléctrica del medio, según una primera variante de una segunda forma de realización del dispositivo de la invención.

Figura 4: Muestra un detalle de un circuito eléctrico de medición de la conductividad eléctrica del medio, según una segunda variante de la segunda forma de realización del dispositivo de
15 la invención.

Figura 5: Muestra un detalle de un circuito eléctrico de medición de la conductividad eléctrica del medio, según una tercera variante de la segunda forma de realización del dispositivo de
20 la invención.

Figura 6: Muestra un detalle de un circuito eléctrico de medición de la conductividad eléctrica del medio, según una cuarta variante de la segunda forma de realización del dispositivo de la
25 invención.

Figura 7a: Muestra una primera modalidad de fuente de que puede emplearse en el dispositivo de medición de la conductividad, según su segunda forma de realización.

Figura 7b: Muestra una segunda modalidad de fuente de que puede emplearse en el
30 dispositivo de medición de la conductividad, según su segunda forma de realización.

Figura 7c: Muestra una tercera modalidad de fuente de que puede emplearse en el dispositivo de medición de la conductividad, según su segunda forma de realización.

35 Figura 7d: Muestra una cuarta modalidad de fuente de que puede emplearse en el dispositivo

de medición de la conductividad, según su segunda forma de realización.

Figura 8: Muestra un esquema de un circuito eléctrico de medición de la conductividad eléctrica del medio, según una quinta variante de la segunda forma de realización del dispositivo de la invención.

Figura 9: Muestra un esquema de un circuito eléctrico de medición de la conductividad eléctrica del medio, según una sexta variante de la segunda forma de realización del dispositivo de la invención.

Figura 10: Muestra una gráfica de la variación en la tensión de salida digitalizada en función del cambio de la conductividad del medio, según una primera variante de la segunda forma de realización del dispositivo de la invención.

Descripción detallada de la invención

La presente invención se refiere, tal y como se ha mencionado anteriormente, a un dispositivo de medida de la conductividad eléctrica.

El dispositivo comprende un circuito de medición de la conductividad eléctrica de un medio (600), donde dicho circuito varía en algunas de sus características y elementos según las distintas formas de realización del dispositivo de la invención.

El medio (600) en el que se mide la conductividad eléctrica mediante el dispositivo de la invención se trata, típicamente, de un medio líquido.

En los circuitos de las Figuras, el medio (600) se representa mediante su resistencia equivalente (R_{medio}). El valor de la conductividad del medio (600) que se desea medir mediante el dispositivo objeto de la presente invención es la inversa de la resistencia equivalente del medio ($1/R_{\text{medio}}$).

El dispositivo comprende una fuente de corriente (100) configurada para inyectar corriente en el medio (600) en el que se pretende medir la conductividad eléctrica.

El dispositivo comprende también un bloque de conmutación (200), configurado para conectar

y desconectar la fuente de corriente (100) con el medio (600).

El dispositivo comprende un bloque sensor (300) de conductividad, configurado para recibir y amplificar una magnitud eléctrica del medio (600) en respuesta a la inyección de corriente eléctrica en el medio (600) por parte de la fuente de corriente (100).

El bloque sensor (300) está configurado para conectarse a un convertidor analógico-digital (ADC) (no representado en las Figuras) para la digitalización de la magnitud eléctrica amplificada del medio (600).

El dispositivo comprende un bloque de realimentación (400), que comprende un lazo (o línea) de realimentación que conecta la salida del bloque sensor (300) con la fuente de corriente (100).

El dispositivo puede comprender también un bloque de filtrado (500) y/o estabilización de la magnitud eléctrica del medio (600), configurado para estabilizar la medida de la magnitud eléctrica del medio (600) medida por el bloque sensor (300).

Según la presente invención, el dispositivo comprende dos electrodos (700a, 700b) configurados para disponerse inmersos en el medio (600). El dispositivo está configurado para inyectar una corriente eléctrica en el medio (600) mediante la fuente de corriente (100), a través de un primer electrodo (700a). El segundo electrodo (700b) está puesto a tierra a través de un condensador de desacoplo (C1).

El bloque de conmutación (200) comprende un interruptor (S) (o un transistor), configurado para controlarse mediante un microcontrolador (no representado en las Figuras), que permite controlar los pulsos de apertura y cierre así como el tiempo de apertura de dicho interruptor (S). El interruptor (S) tiene uno de sus polos conectados a tierra (por ejemplo, a través de una resistencia de descarga (Rdesc)).

En la Figura 1 se muestra un esquema de un circuito eléctrico de medición de la conductividad eléctrica del medio (600), según una primera forma de realización del dispositivo de la invención.

En esta primera forma de realización del dispositivo, la fuente de corriente (100) se basa en

un primer amplificador operacional (U1) conectado a un primer transistor (Q1) (por ejemplo, del tipo BJT) a través de una resistencia de polarización (R_{base}). A la entrada no inversora del primer amplificador operacional (U1) se le conecta una señal de control, proporcional a la tensión de salida del dispositivo, V_{out} .

5

Debido a que el bloque sensor (300) comprende un segundo amplificador operacional (U2), que produce a su salida la tensión de salida, V_{out} , del dispositivo (resultado de amplificar la magnitud eléctrica del medio (600)), esta tensión de salida, V_{out} , es proporcional a la caída de tensión entre los electrodos (700a, 700b) de medida, lo cual, habida cuenta de la configuración del circuito, hace que la tensión de salida, V_{out} , sea decreciente para valores de conductividad crecientes.

10

Así pues, mediante el bloque de realimentación (400), a la fuente de corriente (100) se le conecta una señal de control que es proporcional a la caída de tensión entre los electrodos (700a, 700b) con lo cual y habida cuenta del funcionamiento de dicha fuente (100), hace que dicha corriente sea creciente para valores de conductividad crecientes.

15

En esta primera forma de realización del dispositivo de medición de la conductividad, el interruptor (S) del bloque de conmutación (200) puede adoptar una primera configuración, en la cual el interruptor (S) establece una conexión entre la fuente de corriente (100) y el primer electrodo (700a), de manera que la fuente de corriente (100) inyecta corriente eléctrica al medio (600), y; una segunda configuración, en la cual el interruptor desconecta el primer electrodo (700a) de la fuente de corriente (100) y conecta el primer electrodo (700a) con la tierra (por ejemplo, a través de la mencionada resistencia de descarga (R_{desc})).

25

Así pues, cuando el interruptor (S) del bloque de conmutación (200) está en la segunda configuración, la fuente de corriente (100) ya no inyecta corriente al medio (600), y se produce una corriente de descarga desde el medio (600) hacia tierra a través del interruptor (S) (y a través de la resistencia de descarga (R_{desc}), en caso de existir).

30

De esta forma, alternando a intervalos de tiempo regulares el interruptor (S) controlado por el microprocesador entre sus dos configuraciones, gracias al condensador de desacoplo (C1) se produce una corriente alterna en el medio (600).

35

En la Figura 2 se muestra un diagrama esquemático de un intervalo de tiempo (que, a modo

de ejemplo, se muestra como un intervalo de 2 ms de duración) en el que se inyecta corriente eléctrica al medio (600) mediante la fuente de corriente (100) del dispositivo.

En el diagrama de la Figura 2, se muestra, a modo de ejemplo, que se toman 5 muestras (p1, p2, p3, p4, p5), tomadas a intervalos de 0,5 ms, de la medida de la magnitud eléctrica llevada a cabo mediante el dispositivo de la invención. Estas muestras pueden tomarse mediante un equipo que tiene instalado un software de medida de la conductividad, donde dicho equipo está conectado el dispositivo de la invención (típicamente con intermediación de un convertidor ADC).

De esta manera, una secuencia de operación fácilmente implementable mediante el microcontrolador podría consistir, por ejemplo, en un pilotaje del interruptor (S) mediante una señal lógica 0-1 establecida según un patrón de onda cuadrada, en la cual a cada intervalo de inyección de corriente le sucede otro intervalo de descarga de parecida duración, repitiéndose de forma ininterrumpida el ciclo inyección de corriente-toma de muestras-descarga, y reflejándose en consecuencia con gran inmediatez las variaciones de conductividad del medio (600) en la señal de salida.

En la Figura 3 se muestra un esquema de un circuito eléctrico de medición de la conductividad eléctrica del medio (600), según una primera variante de una segunda forma de realización del dispositivo de la invención.

En esta segunda forma de realización del dispositivo de medición de la conductividad, el interruptor (S) del bloque de conmutación (200) es un transistor de tipo MOSFET que está conectado en paralelo al medio (600) y está conectado a tierra a través de una rama que comprende una resistencia de descarga (Rdesc) de muy bajo valor comparado con la resistencia equivalente (Rmedio) del medio (600).

Así pues, en esta segunda forma de realización, cuando el interruptor (S) del bloque de conmutación (200) está en la primera configuración, la corriente generada por la fuente de corriente (100) se dirige al medio (600) a través del primer electrodo (700a) y, cuando el interruptor (S) del bloque de conmutación (200) está en la segunda configuración, el interruptor (S) conduce la corriente generada por la fuente de corriente (100) y permite igualmente que desde el medio (600) se dirija una corriente de descarga hacia el interruptor (S), descargándose el condensador de desacoplo (C1).

De esta forma, gracias al condensador de desacoplo (C1) y al interruptor (S) conmutado controlado por el microcontrolador, se produce una corriente alterna en el medio (600).

5 En esta segunda forma de realización, se ha incluido un divisor de tensión resistivo, formado por dos resistencias (Rdiv1, Rdiv2), a la entrada del bloque sensor (300). De esta forma, a la entrada del bloque sensor (300) se impone una tensión de referencia proporcional a la tensión de alimentación (VCC) de la fuente de corriente (100).

10 Debido a que el primer electrodo (700a) está conectado a la entrada no inversora del segundo amplificador operacional (U2) del bloque sensor (300), y debido a la ganancia del segundo amplificador operacional (U2) del bloque sensor (300), se trasladará dicha tensión de referencia a la entrada no inversora del segundo amplificador operacional (U2), o lo que es lo mismo, al nodo al que se encuentran conectados los electrodos (700a, 700b). Este nodo
15 permanecerá a esa tensión constante en el rango de conductividad definido para el que se haya dimensionado el sistema, pues de forma simultánea y automática se impondrá a la fuente de corriente (100) una tensión de control que resultará en una corriente de salida inversamente proporcional a la conductividad del medio (600), la que en cada momento sea necesaria para mantener ambas entradas del segundo amplificador operacional (U2) a la tensión de
20 referencia.

En esta segunda forma de realización existe un bloque de filtrado (500) conectado entre el bloque sensor (300) y el bloque de realimentación (400).

25 La segunda forma de realización del dispositivo de medición de la conductividad permite diferentes variantes, cada una de ellas referida a diversos aspectos de cada uno de los bloques del circuito de medición. Estas diferentes variantes pueden combinarse con el circuito de medición previamente descrito para esta segunda forma de realización del dispositivo de medición de la conductividad.

30

Así pues, según la primera variante (representada en la Figura 3) de la segunda forma de realización, el bloque de filtrado (500) consiste en un filtro RC configurado para estabilizar la tensión a la salida del bloque sensor (300), evitando las oscilaciones.

35 En la primera variante de la segunda forma de realización del dispositivo, la fuente de corriente

(100) se basa en un primer amplificador operacional (U1) conectado a un primer transistor (Q1) (por ejemplo, del tipo MOSFET) a través de una resistencia de polarización (Rbase). A la entrada no inversora del primer amplificador operacional (U1) se le conecta una señal de control, proporcional a la tensión de salida, Vout, del dispositivo, la cual a su vez es proporcional a la caída de tensión entre los electrodos (700a, 700b) de medida.

En la Figura 4 se muestra un esquema de un circuito eléctrico de medición de la conductividad eléctrica del medio (600), según una segunda variante de la segunda forma de realización del dispositivo de la invención.

En el circuito de medición de la conductividad representado en la Figura 4, se ha omitido la representación de la fuente de corriente (100) y del bloque de realimentación (400).

Tal y como puede observarse, en esta segunda variante de la segunda forma de realización del dispositivo de medición de la conductividad, el bloque de filtrado (500) comprende una primera rama RC adicional en paralelo con el filtro RC de la primera variante.

En la Figura 5 se muestra un esquema de un circuito eléctrico de medición de la conductividad eléctrica del medio (600), según una tercera variante de la segunda forma de realización del dispositivo de la invención.

En el circuito de medición de la conductividad representado en la Figura 5, se han representado en detalle exclusivamente el bloque sensor (300) y el bloque de filtrado (500).

Tal y como puede observarse, en esta tercera variante de la segunda forma de realización del dispositivo de medición de la conductividad, el bloque de filtrado (500) comprende una primera rama RC adicional y una segunda rama RC adicional, ambas en paralelo con el filtro RC de la primera variante.

Asimismo, tal y como puede observarse, en esta tercera variante de la segunda forma de realización del dispositivo de medición de la conductividad, el bloque sensor (300) comprende una etapa de amplificación no inversora, debido a la disposición de un condensador de compensación en paralelo con el segundo amplificador operacional (U2).

En la Figura 6 se muestra un esquema de un circuito eléctrico de medición de la conductividad

eléctrica del medio (600), según una cuarta variante de la segunda forma de realización del dispositivo de la invención.

5 En el circuito de medición de la conductividad representado en la Figura 6, se ha representado en detalle exclusivamente el bloque de conmutación (200).

10 Tal y como puede observarse, en esta cuarta variante de la segunda forma de realización del dispositivo de medición de la conductividad, el bloque de conmutación (200) comprende una resistencia paralela (R_{par}) conectada en paralelo con el interruptor (S).

Esta resistencia paralela (R_{par}) permite aumentar el rango de valores de conductividad del medio (600) que es posible medir mediante el dispositivo de medición.

15 La segunda forma de realización del dispositivo de medición de la conductividad permite utilizar una variedad de fuentes de corriente (100) distintas.

En la Figura 7a, en la Figura 7b, en la Figura 7c y en la Figura 7d se muestran distintas modalidades de fuentes de corriente (100) que pueden emplearse en el dispositivo de medición de la conductividad, según su segunda forma de realización.

20 En la Figura 7a se muestra una primera modalidad (100a1) de fuente de corriente (100) que se basa en el empleo de un primer amplificador operacional (U_1).

25 En la primera variante (mostrada en la Figura 3) de esta segunda forma de realización del dispositivo de medición de conductividad, se muestra la fuente de corriente (100) de acuerdo con esta primera modalidad (100a1) mostrada en la Figura 7a.

30 En la Figura 7b se muestra una segunda modalidad (100a2) de fuente de corriente (100) que también se basa en el empleo de un primer amplificador operacional (U_1). En este caso y debido a la forma concreta de operación de esta fuente (100), la tensión de salida del sistema, V_{out} , resultará creciente para valores de conductividad crecientes.

35 En la Figura 7c se muestra una tercera modalidad (100a3) de fuente de corriente (100) que también se basa en el empleo de un primer amplificador operacional (U_1). Igual que en el caso 7b la tensión de salida del sistema, V_{out} , resultará creciente para valores de

conductividad crecientes.

En la Figura 7d se muestra una cuarta modalidad (100b) de fuente de corriente (100) que se basa en el empleo de un espejo de corriente.

5 En la Figura 8 se muestra un esquema de un circuito eléctrico de medición de la conductividad eléctrica del medio (600), según una quinta variante de la segunda forma de realización del dispositivo de la invención.

10 En el circuito de medición de la conductividad representado en la Figura 8, se ha representado en detalle exclusivamente la fuente de corriente (100).

Tal y como puede observarse, en esta quinta variante de la segunda forma de realización del dispositivo de medición de la conductividad, la fuente de corriente (100) comprende un módulo realizado según la primera modalidad (100a1) de fuente de corriente (100), así como un
15 módulo conmutador de segundo rango de corriente (100').

En la Figura 9 se muestra un esquema de un circuito eléctrico de medición de la conductividad eléctrica del medio (600), según una sexta variante de la segunda forma de realización del dispositivo de la invención.

20 En el circuito de medición de la conductividad representado en la Figura 9, se ha representado en detalle exclusivamente la fuente de corriente (100).

Tal y como puede observarse, en esta sexta variante de la segunda forma de realización del dispositivo de medición de la conductividad, la fuente de corriente (100) comprende un módulo
25 realizado según la cuarta modalidad (100b) de fuente de corriente (100), así como un módulo conmutador de segundo rango de corriente (100').

El empleo, dentro de la fuente de corriente (100), de un módulo conmutador de segundo rango de corriente (100') según la quinta variante y la sexta variante de la segunda forma de
30 realización del dispositivo de medición de conductividad de la presente invención, permite aumentar el rango de valores de conductividad del medio (600) que es posible medir mediante el dispositivo de medición.

35 Por último, en la Figura 10 se muestra una gráfica que representa la variación en la tensión

de salida, Vout, tras su digitalización, en función del cambio de la conductividad del medio (600), según una segunda forma de realización del dispositivo de la invención como la mostrada en la Figura 7d.

- 5 En esta gráfica puede observarse como se produce una linealidad en la señal de salida, Vout, de forma que la relación entre el cambio de conductividad del medio (600) y la variación del voltaje de salida es lineal. Con ello, puede apreciarse como para valores altos en la conductividad del medio (600), sigue pudiendo medirse el cambio de tensión al evitar las curvas no lineales producidas.

10

Las diferentes líneas de la gráfica corresponden a las líneas obtenidas según el intervalo de tiempo entre la conmutación y la toma de muestra, es decir, al modificar el tiempo en el que se mide la tensión Vout en el nodo de salida tras inyectar la corriente al medio (600), según se ilustra en la Figura 2.

15

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de medición de la conductividad eléctrica que comprende:

- 5 ○ un primer electrodo (700a) y un segundo electrodo (700b), estando ambos electrodos (700a, 700b) configurados para introducirse en un medio (600) para la medición de la conductividad eléctrica de dicho medio (600);
- 10 ○ una fuente de corriente (100) configurada para inyectar una corriente eléctrica en el medio (600), y;
- un bloque de conmutación (200) configurado para producir una circulación de corriente a través del medio (600) desde el primer electrodo (700a) hacia
- 15 el segundo electrodo (700b) o desde el segundo electrodo (700b) hacia el primer electrodo (700a);

donde el dispositivo está **caracterizado** por que adicionalmente comprende:

- 20 ○ un bloque sensor (300) conectado al primer electrodo (700a) y/o al segundo electrodo (700b), configurado para amplificar una magnitud eléctrica del medio (600) generada en respuesta a la circulación de corriente en el medio (600), y;
- 25 ○ un bloque de realimentación (400) configurado para conectar el bloque sensor (300) a la fuente de corriente (100);

donde el dispositivo está configurado para, mediante la realimentación de la tensión de la salida del bloque sensor (300) a la fuente de corriente (100), inyectar una

30 corriente eléctrica en el medio (600) cuyo valor de intensidad de corriente es inversamente proporcional a la conductividad eléctrica del medio (600), de forma que la tensión de salida del bloque sensor (300) varía linealmente con la conductividad.

2. Dispositivo de medición de la conductividad eléctrica según la reivindicación 1, en el

35 que la fuente de corriente (100) está configurada para inyectar corriente en el medio

(600) a través del primer electrodo (700a), y donde el segundo electrodo (700b) está conectado a tierra a través de un condensador de desacoplo (C1).

3. Dispositivo de medición de la conductividad eléctrica según la reivindicación 1 ó 2, en el que el bloque de conmutación (200) comprende un interruptor (S), configurado para ser controlado mediante un microcontrolador, y donde uno de los polos de dicho interruptor (S) está conectado a tierra.

4. Dispositivo de medición de la conductividad eléctrica según la reivindicación 3, en el que uno de los polos del interruptor (S) está conectado a tierra a través de una resistencia de descarga (Rdesc).

5. Dispositivo de medición de la conductividad eléctrica según la reivindicación 3 ó 4, en el que el interruptor (S) del bloque de conmutación (200) está configurado para:

- adoptar una primera configuración, en la cual el interruptor (S) establece una conexión entre la fuente de corriente (100) y el primer electrodo (700a), y;
- adoptar una segunda configuración, en la cual el interruptor desconecta el primer electrodo (700a) de la fuente de corriente (100) y establece una conexión entre el primer electrodo (700a) y la tierra.

6. Dispositivo de medición de la conductividad eléctrica según la reivindicación 3, el interruptor (S) está conectado a tierra en paralelo al medio (600) y en serie con una resistencia de descarga (Rdesc) de valor inferior a la resistencia equivalente (Rmedio) del medio (600).

7. Dispositivo de medición de la conductividad eléctrica según la reivindicación 6, en el que el bloque sensor (300) tiene conectado a su entrada un divisor de tensión resistivo, formado por dos resistencias (Rdiv1, Rdiv2), de manera que a la entrada del bloque sensor (300) se impone una tensión de referencia proporcional a una tensión de alimentación (V_{CC}) de la fuente de corriente (100).

8. Dispositivo de medición de la conductividad eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un bloque de filtrado (500) conectado entre el bloque sensor (300) y el bloque de realimentación (400), donde el bloque de

filtrado (500) está configurado para estabilizar la tensión a la salida del bloque sensor (300).

9. Dispositivo de medición de la conductividad eléctrica según la reivindicación 8, en el que el bloque de filtrado (500) comprende un filtro RC.

10. Dispositivo de medición de la conductividad eléctrica según la reivindicación 9, en el que el bloque de filtrado (500) comprende al menos una primera rama RC en paralelo con el filtro RC.

11. Dispositivo de medición de la conductividad eléctrica según la reivindicación 10, en el que el bloque sensor (300) comprende una etapa de amplificación no inversora formada por un amplificador operacional en paralelo con un condensador de compensación.

12. Dispositivo de medición de la conductividad eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la fuente de corriente (100) comprende un primer amplificador operacional (U1) conectado a un primer transistor (Q1) a través de una resistencia de polarización (Rbase), donde la entrada no inversora del primer amplificador operacional (U1) está conectada al bloque de realimentación (400).

13. Dispositivo de medición de la conductividad eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que la fuente de corriente (100) comprende un espejo de corriente.

14. Dispositivo de medición de la conductividad eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el bloque de conmutación (200) comprende una resistencia paralela (Rpar) conectada en paralelo con el interruptor (S).

15. Dispositivo de medición de la conductividad eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en el que la fuente de corriente (100) comprende un módulo conmutador de segundo rango de corriente (100').

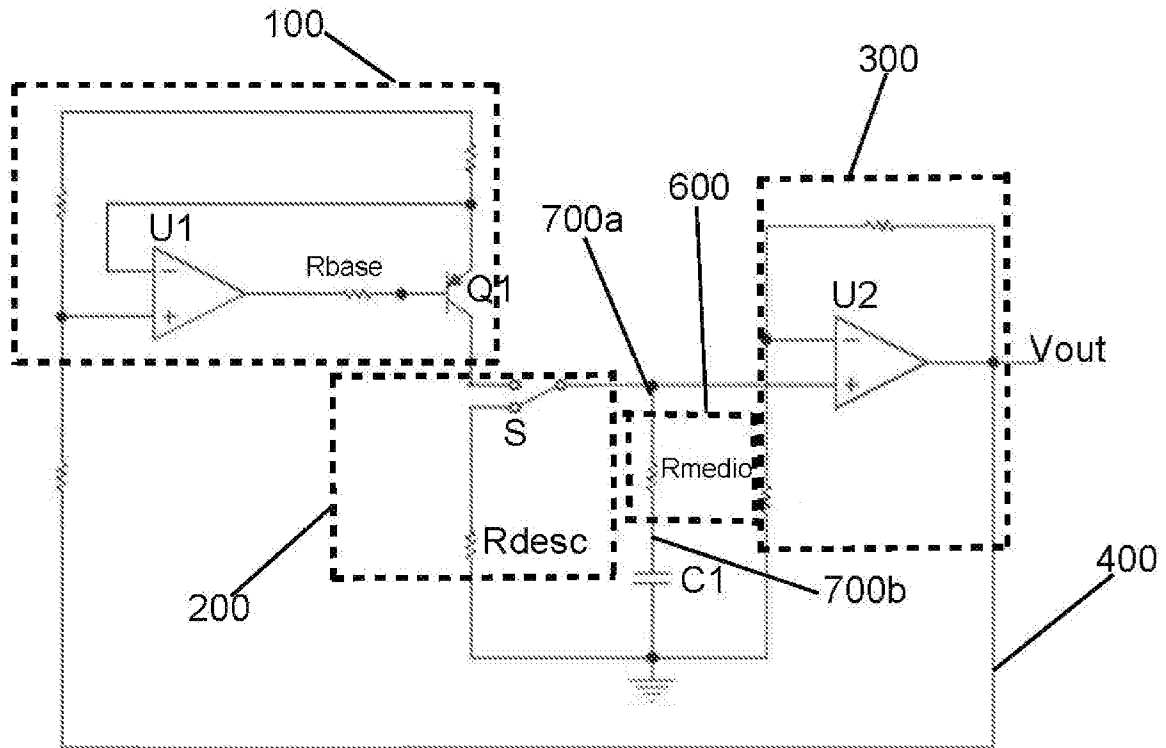


FIG. 1

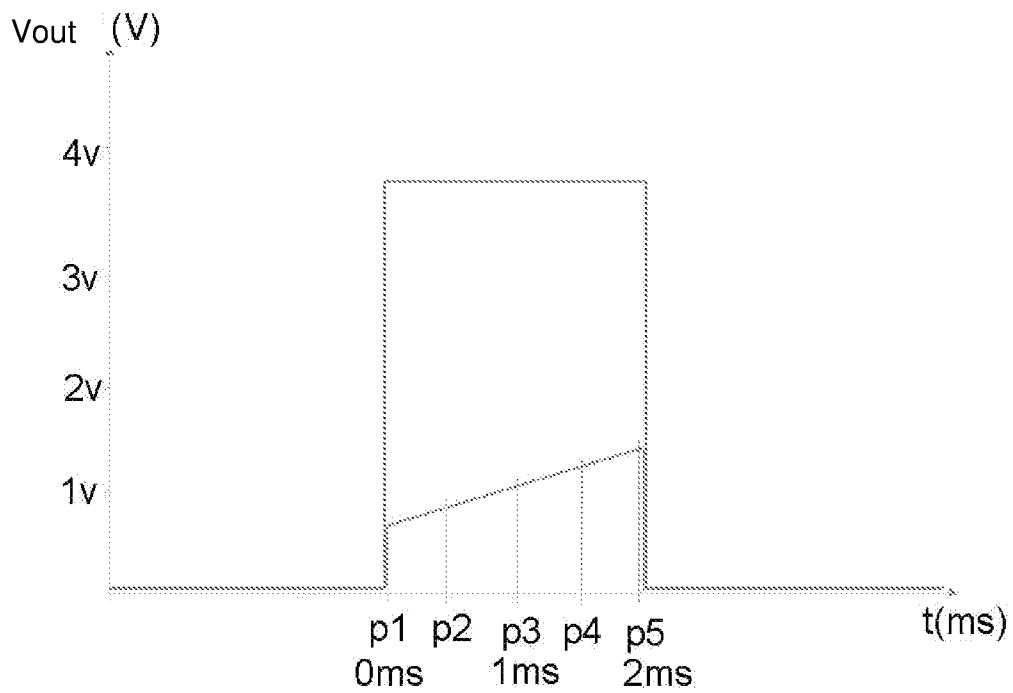
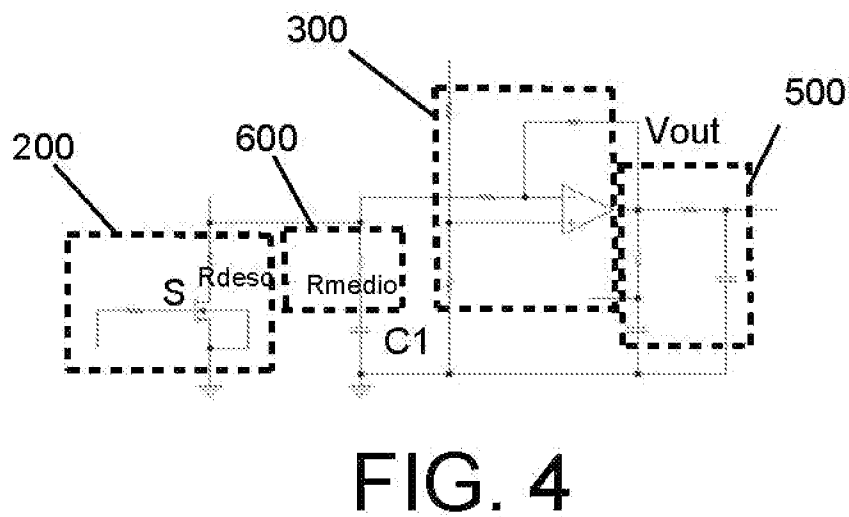
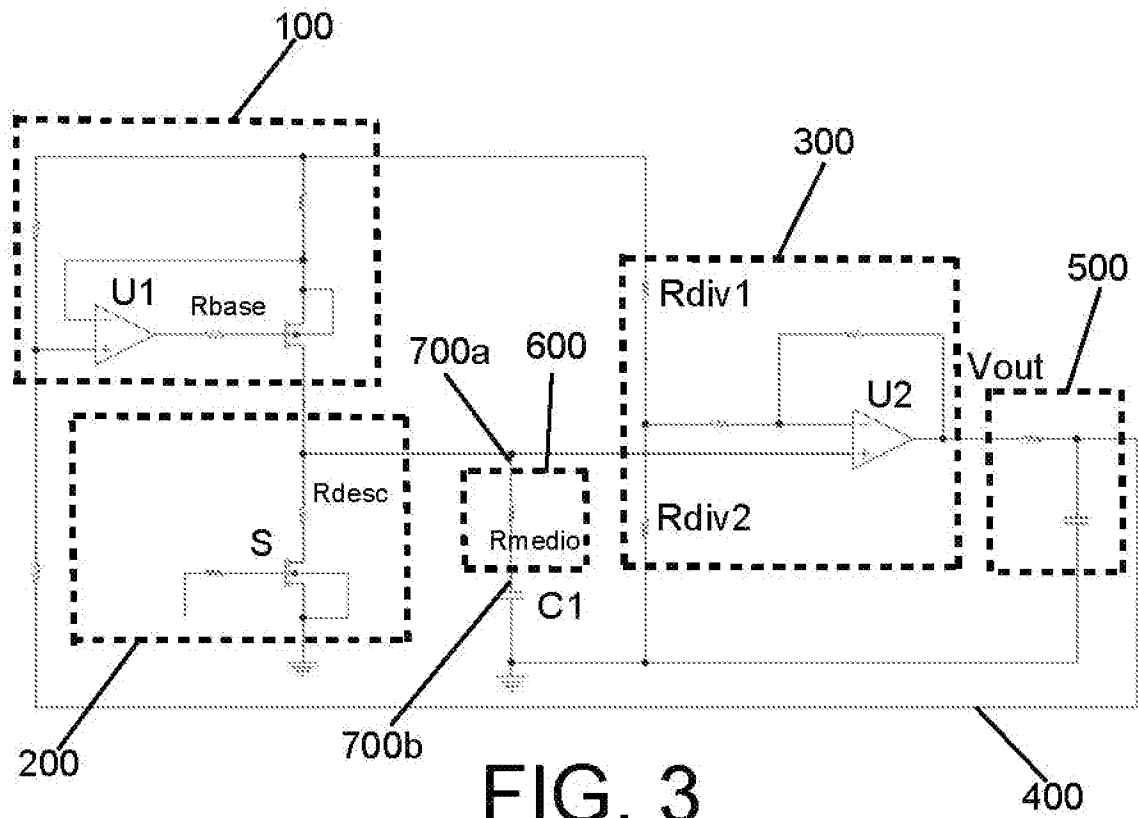


FIG. 2



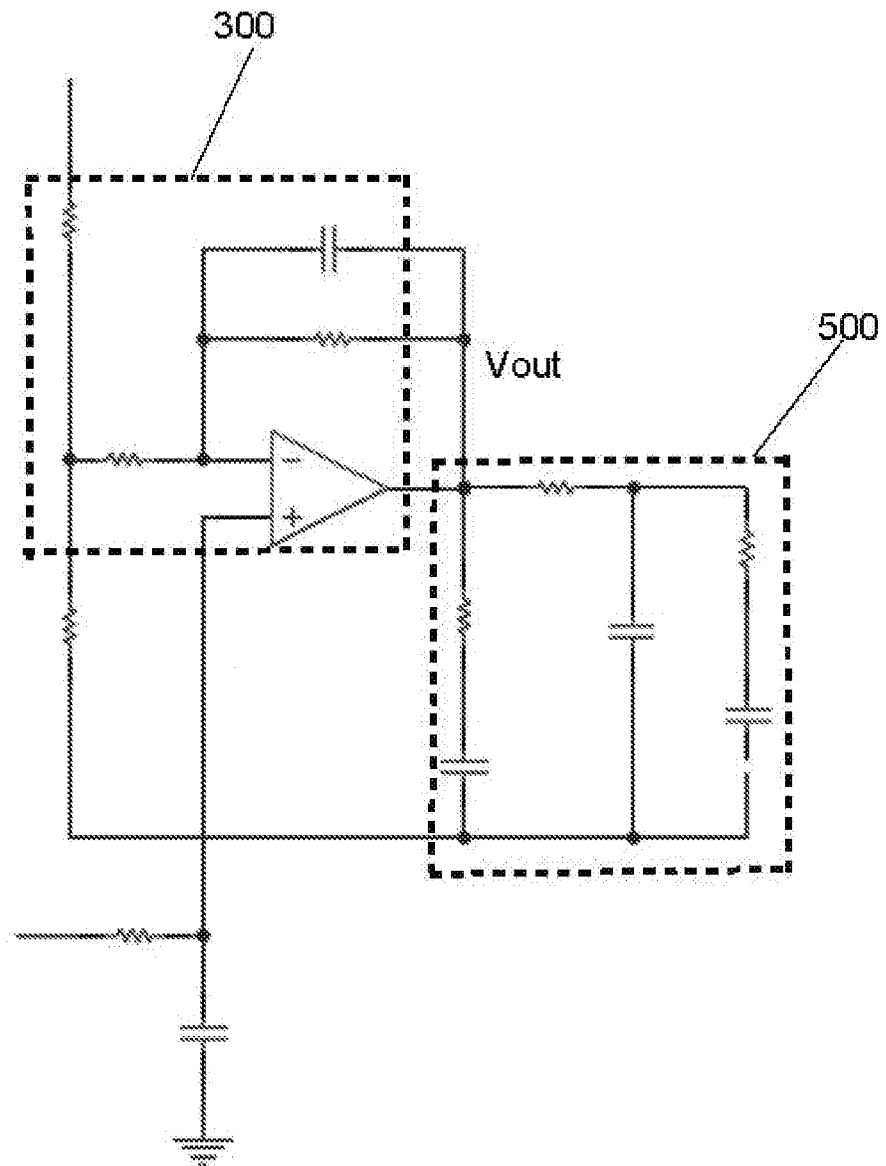


FIG. 5

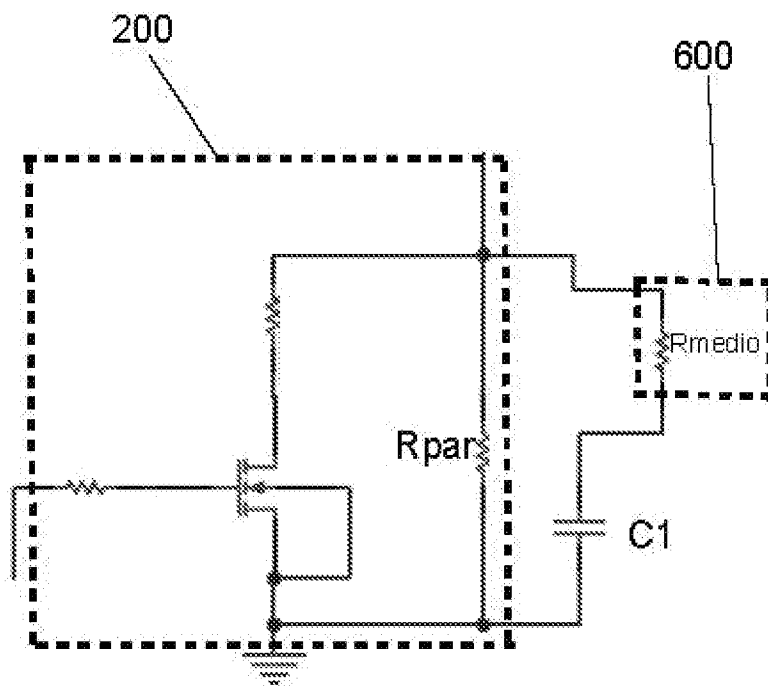


FIG. 6

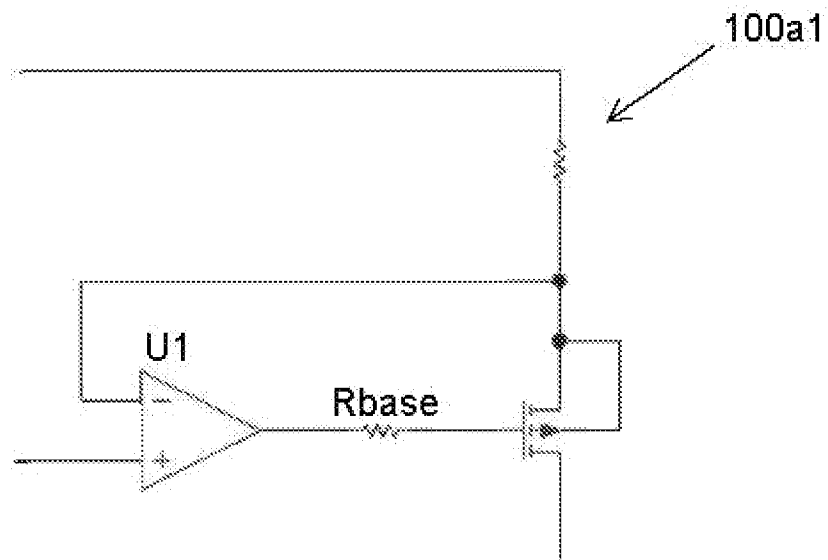


FIG. 7a

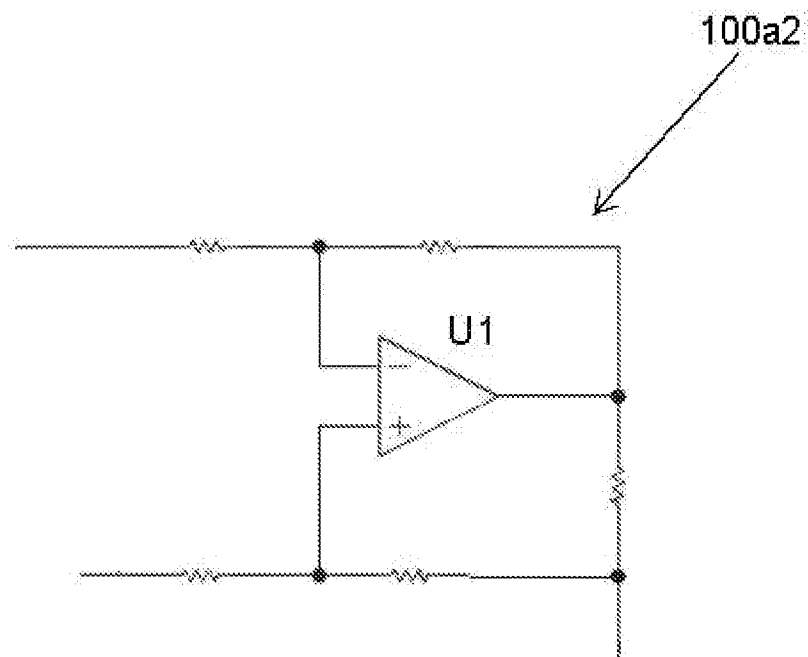


FIG. 7b

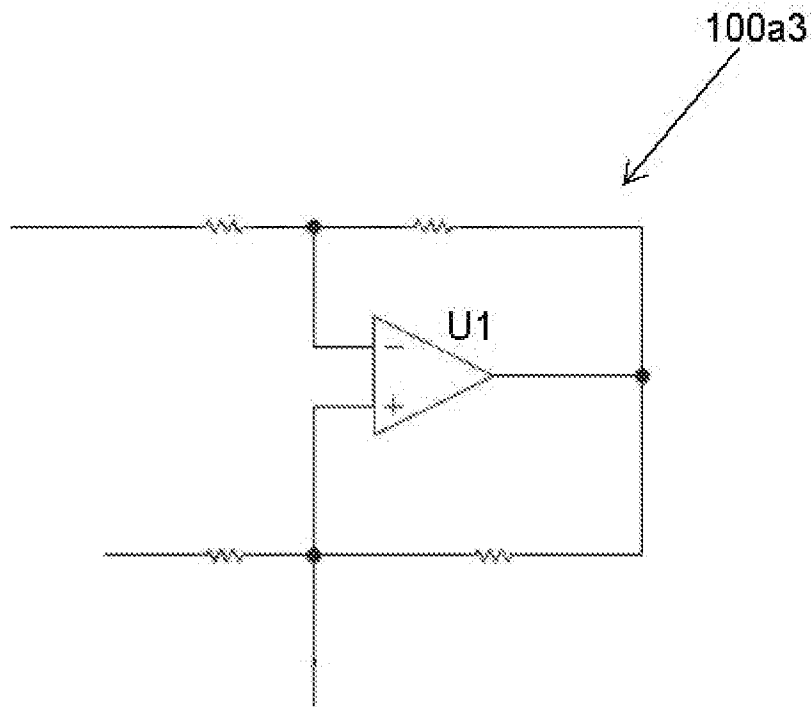


FIG. 7c

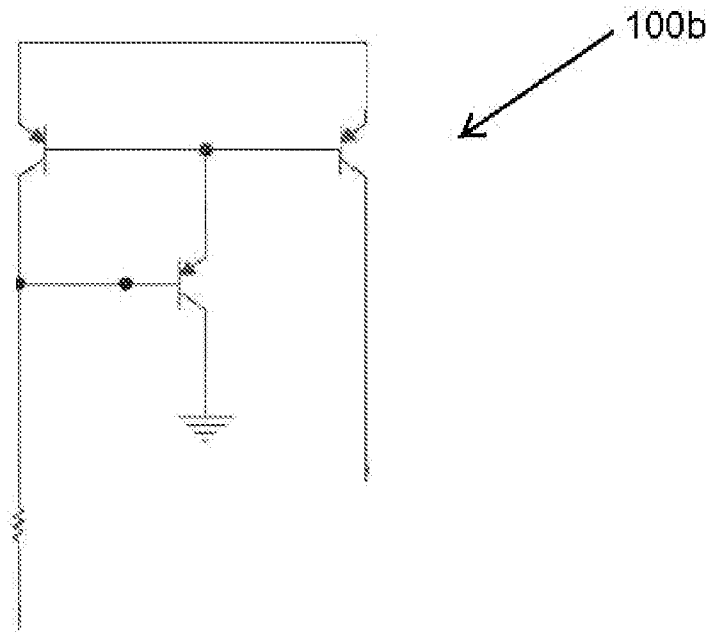


FIG. 7d

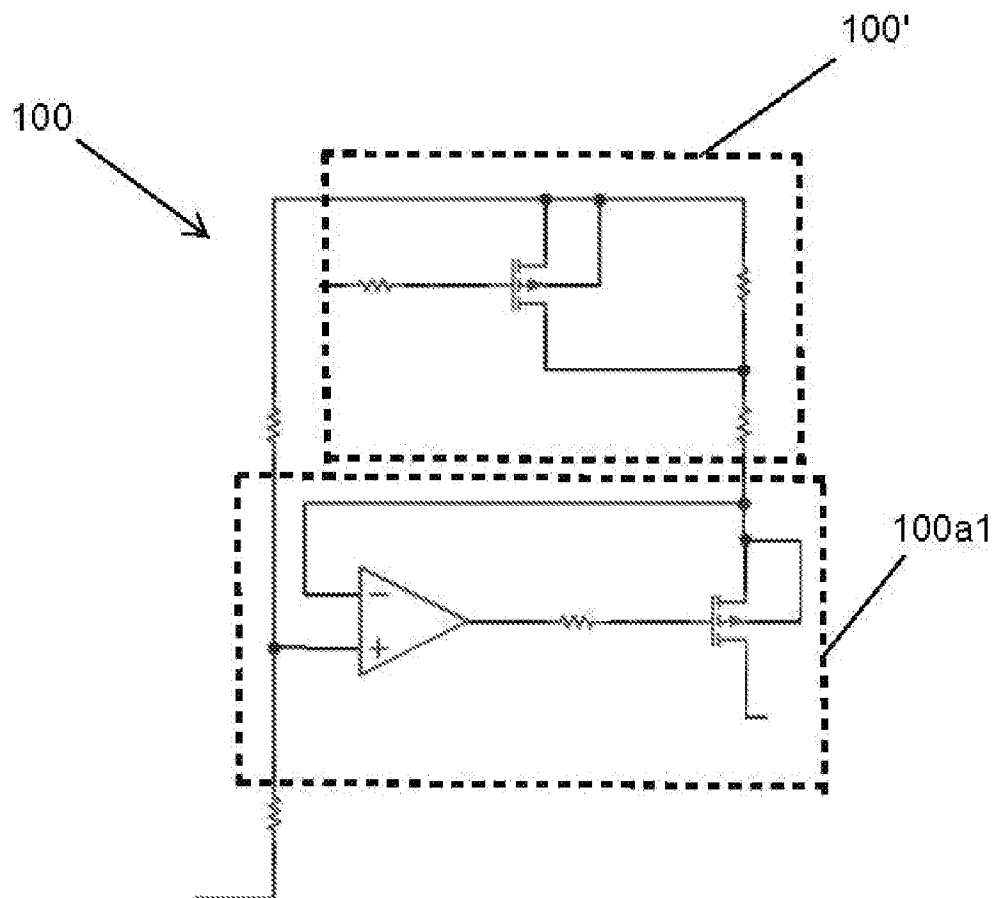


FIG. 8

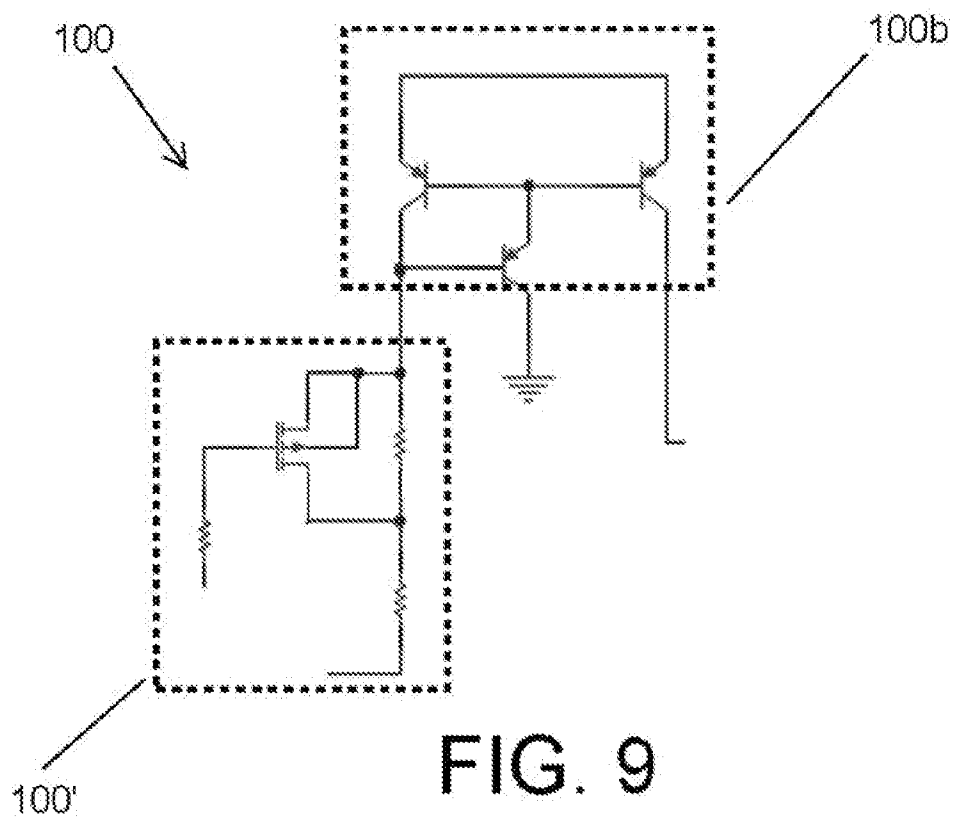


FIG. 9

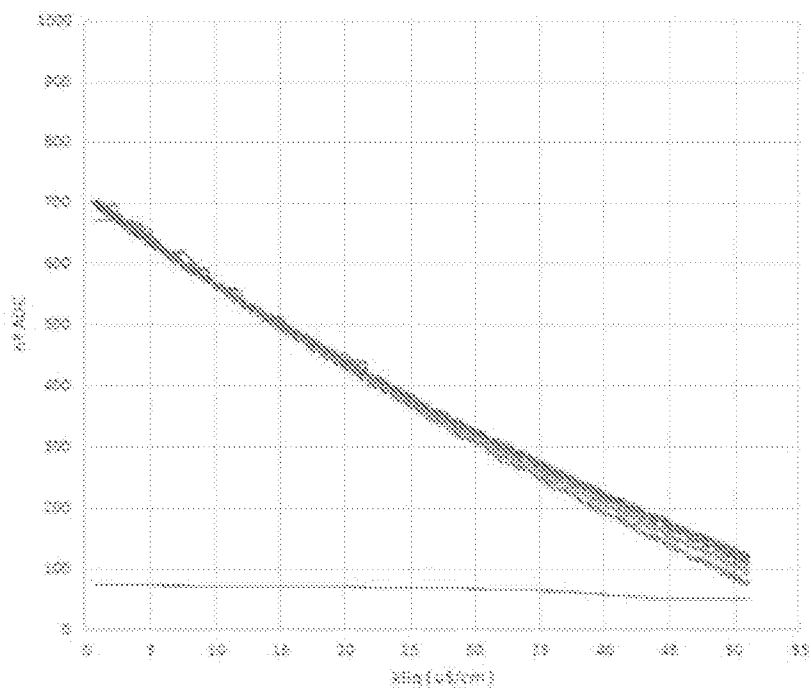


FIG. 10



- ②① N.º solicitud: 202330708
②② Fecha de presentación de la solicitud: 24.08.2023
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. cl.: **G01R27/22** (2006.01)
G01N27/06 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	US 4683435 A (BLADES, FREDERICK K.) 28/07/1987, columna 1, líneas 40 - 53; columna 2, líneas 29 - 42; figura 3, figura 7, resumen.	1-15
Y	US 2018031505 A1 (DIEZ GARCIA, SERGIO et al.) 01/02/2018, párrafo [0025]; párrafos [0051 - 0060]; figuras 2 - 4.	1-15
A	ES 2684611 A1 (CEBI ELECTROMECHANICAL COMPONENTS SPAIN, S.A.) 03/10/2018, figura 1, párrafo [0020].	1-15
A	US 4227151 A (ELLIS, CHRISTOPHER I. A. et al.) 07/10/1980, columna 1, líneas 17 - 29; reivindicaciones 4-5.	1-15

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
06.03.2024

Examinadora
E. Pina Martínez

Página
1/2

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

G01R, G01N

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

INVENES, EPODOC, WPI, INSPEC, XPAIP, XPESP, XPI3E, XPI3ES, XPIEE, XPMISC, XPOAC