

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 369 623**

51 Int. Cl.:
G01R 19/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07766222 .9**
96 Fecha de presentación: **13.07.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **2047284**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **15.04.2009**

54 Título: **SENSOR DE POTENCIAL ELÉCTRICO.**

30 Prioridad:
18.07.2006 GB 0614261

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
02.12.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
02.12.2011

73 Titular/es:
**THE UNIVERSITY OF SUSSEX
SUSSEX HOUSE FALMER
BRIGHTON EAST SUSSEX BN1 9RH, GB**

72 Inventor/es:
**PRANCE, Robert y
HARLAND, Christopher**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 369 623 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sensor de potencial eléctrico

Campo de la Invención

5 La presente invención se refiere a sensores de potencial eléctrico, para su uso en la medición de potenciales en una gran variedad de aplicaciones, incluyendo, por ejemplo, los campos de las aplicaciones médicas y las aplicaciones en microscopía, tales como la formación de imágenes microscópicas y el análisis de espectro, así como las aplicaciones de resonancia magnética nuclear (NMR), tales como la formación de imágenes de NMR y la espectroscopia

Antecedentes de la invención

10 A fin de crear un dispositivo sensible de medición electrodinámica, es usual proporcionar una alta impedancia de entrada y reducir por ello la potencia de la señal de entrada requerida para hacer funcionar el dispositivo. Sin embargo, los circuitos electrónicos con una muy alta impedancia de entrada tienden a ser inestables y, por lo tanto, los dispositivos prácticos son habitualmente un compromiso entre lograr el grado necesario de sensibilidad, proporcionar la impedancia de entrada deseada y asegurar un grado aceptable de estabilidad.

15 En la Solicitud de Patente Internacional Nº WO 03/048789, se revela un sensor electrodinámico en el cual se combina un cierto número de distintas técnicas de circuito para lograr una mejora de varios órdenes de magnitud en la sensibilidad, en comparación con los sensores electrodinámicos anteriormente conocidos, manteniendo aún a la vez la suficiente estabilidad para permitir que un operador relativamente inexperto haga mediciones en condiciones corrientes. Según esta solicitud anterior, se proporciona un sensor electrodinámico que comprende un electrómetro de alta impedancia de entrada, que está adaptado para medir pequeños potenciales eléctricos que se originan desde un objeto bajo prueba, y que emplea al menos una sonda de entrada con ningún contacto eléctrico directo con el objeto.

20 La disposición de circuitos del electrómetro de esta invención comprende un amplificador, que incluye una combinación de circuitos auxiliares, que proporcionan retroalimentación desde la salida del amplificador, y que están dispuestos acumulativamente para aumentar la sensibilidad del electrómetro a los pequeños potenciales eléctricos, sin perturbar a la vez el campo eléctrico asociado a los mismos, sirviendo los circuitos auxiliares para proporcionar al menos dos entre:

25 protector, arranque, neutralización, corrección de deriva del riel de suministro, modulación del suministro y corrección de desfase para dicho sensor.

Si bien estas características ayudan a proporcionar un sensor con alta impedancia de entrada y un funcionamiento relativamente estable, no obstante, en situaciones donde puede haber un acoplamiento capacitivo débil con, o una señal de pequeña amplitud generada por, una fuente o muestra bajo prueba, los problemas de ruido pueden permanecer aún y pueden inhibir o impedir la medición precisa de señales. Este es específicamente el caso en ciertas aplicaciones médicas y de microscopía, en las cuales hay sólo un acoplamiento capacitivo débil y, sin embargo, es esencial una medición de señal sumamente precisa, por ejemplo, en una modalidad extracorporal remota de sondeo en la cual la sonda, o cada una de ellas, no tiene(n) ningún contacto físico con el cuerpo humano y habitualmente el acoplamiento capacitivo débil sería $< 1\text{pF}$.

35 Más específicamente, en las aplicaciones en que hay un acoplamiento débil entre una muestra bajo prueba y el electrodo sensor, el acoplamiento capacitivo con la muestra puede ser comparable con, o mucho más pequeño que, la capacitancia de entrada del sensor. En este caso, la señal de medición recibida por el sensor está atenuada por el divisor de potencial capacitivo formado por la capacitancia de acoplamiento y la capacitancia de entrada, y puede ser difícil de capturar.

40 Además, el uso de la señal de salida desde el amplificador como la señal de retroalimentación tiene la desventaja de que tal señal es una señal de banda ancha, que puede tener una mala razón entre señal y ruido. Por tanto, el ruido se realimenta luego a la entrada del amplificador con la señal de retroalimentación, causando degradación adicional de la razón entre señal y ruido.

45 El documento US3404341 revela un electrómetro de estado sólido que utiliza un transistor de efecto de campo y compuerta dual para obtener la amplificación y modulación de un voltaje a medir. Una compuerta sirve como la sonda del electrómetro y la otra es controlada por una fuente de señal de corriente CC para variar la capacitancia interna del transistor.

Hay una necesidad significativa de un sensor de potencial eléctrico en el cual la posibilidad de una medición precisa de la señal se vea mejorada en casos de débil acoplamiento capacitivo con una muestra bajo prueba.

50 Tal necesidad es especialmente pronunciada en casos donde la precisión de la medición de señal es crítica.

También hay una necesidad significativa de un sensor de potencial eléctrico en el cual se mejore considerablemente la razón entre señal y ruido.

Resumen de la invención

La presente invención busca superar los problemas descritos anteriormente y proporcionar un novedoso sensor de potencial eléctrico, que es capaz de una medición de señal sumamente precisa.

5 La presente invención, al menos en las realizaciones preferidas descritas más adelante, también busca proporcionar un sensor de potencial eléctrico en el cual la razón entre señal y ruido sea mejorada significativamente.

La presente invención busca adicionalmente proporcionar diversas técnicas, y combinaciones de técnicas, para mejorar la razón entre señal y ruido en un sensor de potencial eléctrico.

10 Más especialmente, al menos en las realizaciones preferidas descritas más adelante, la presente invención busca proporcionar diversas técnicas para la mejora de la razón entre señal y ruido en un sensor de potencial eléctrico, usando una señal coherente de retroalimentación de banda estrecha.

Según la presente invención, se proporciona un sensor de potencial eléctrico que comprende:

al menos un electrodo de detección dispuesto para el acoplamiento capacitivo con una muestra bajo prueba, y para generar una señal de medición;

15 un amplificador de sensor adaptado para recibir la señal de medición como entrada y suministrar una señal de detección amplificada como salida;

medios de mejora de la impedancia de entrada para proporcionar una alta impedancia de entrada al amplificador del sensor, para aumentar la sensibilidad del electrodo a los potenciales eléctricos reducidos; y caracterizado por:

Al menos un:

20 electrodo de detección estando dispuesto para generar una señal de medición de corriente CA;

un oscilador dispuesto para generar una salida de oscilador con una frecuencia correspondiente a la frecuencia de la señal de medición; y

25 un medio de retroalimentación sensible a la salida del oscilador, para producir una señal de referencia de retroalimentación a fin de aplicar una retroalimentación coherente a la entrada del amplificador del sensor, para mejorar la razón entre señal y ruido del sensor.

La presente invención concierne por tanto a la mejora de la razón entre señal y ruido, aplicando una señal de retroalimentación coherente.

30 En contraste con la práctica habitual para los sensores electrodinámicos, la señal de retroalimentación no es una señal de banda ancha obtenida directamente de la salida del sensor, sino que es una señal coherente puesta a disposición de la retroalimentación, y esto mejora significativamente la razón entre señal y ruido.

35 Según una posibilidad, la señal de retroalimentación comprende el caso más sencillo de una frecuencia individual y los medios de retroalimentación están dispuestos de modo tal que la impedancia de entrada del sensor es mejorado solamente en la frecuencia y fase exactas de la señal de retroalimentación. En otras palabras, el sensor está dispuesto diferencialmente para amplificar la señal de medición, aumentando así la razón entre señal y ruido. En este caso, el sensor se sintoniza con la frecuencia de la señal de retroalimentación, y rechaza todas las otras frecuencias, debido a la menor sensibilidad del sensor en ausencia de una señal efectiva de retroalimentación en otras frecuencias.

Ventajosamente, la señal de retroalimentación coherente puede usarse para proporcionar arranque, protector y neutralización, según se desee.

40 La invención es especialmente aplicable en situaciones donde ha de detectarse una señal periódica desde una muestra, a fin de generar una señal de medición para su suministro al amplificador, para su amplificación y salida.

45 En una realización mencionada de la invención, el sensor de potencial eléctrico comprende una fuente externa para proporcionar una señal de control a fin de excitar la muestra que se está midiendo, y la señal de retroalimentación coherente se obtiene de esta fuente externa. El uso de una tal fuente externa de excitación es una situación común en las aplicaciones de análisis, tales como la formación de imágenes microscópicas de las propiedades dieléctricas de los materiales. En este ejemplo, la señal de excitación desde la fuente externa de excitación puede ser atenuada adecuadamente a fin de proporcionar una señal de referencia para su uso como la señal de retroalimentación.

En otra realización mencionada de la invención, la muestra que se está midiendo puede ser autoexcitable, en cuyo

caso no se dispone de ninguna señal de referencia externa. Un ejemplo de una tal muestra autoexcitable podría ser un circuito electrónico sometido a la autooscilación. En este caso, puede proporcionarse una disposición en bucle bloqueado en fase, para obtener la señal de retroalimentación coherente desde la salida del amplificador del sensor. Una considerable mejora en la razón global entre señal y ruido es aún posible en este caso, debido al ancho de banda restringido en el cual funciona el bucle bloqueado en fase.

La invención también es aplicable en situaciones donde el sensor está diseñado para controlar o excitar una muestra que está siendo medida a fin de generar una señal de medición para su suministro al amplificador, para su amplificación y salida, y donde es deseable eliminar la carga de la muestra y mantener una señal mínima sobre la muestra. Un ejemplo de esto sería en aplicaciones de microscopía en las cuales un gran campo eléctrico podría dañar o destruir un pequeño dispositivo semiconductor, o la superficie de una muestra que se está midiendo.

Un sensor como el mencionado puede describirse como un sensor en modalidad de voltaje cero, y el sensor en este caso comprende ventajosamente una fuente externa para proporcionar una señal de control a fin de excitar la muestra que se está midiendo, un bucle de retroalimentación desde la salida del amplificador del sensor hasta la entrada, y un sumador de voltaje dispuesto en el bucle de retroalimentación de modo tal que tanto la señal de detección de retroalimentación como la señal de excitación desde la fuente externa de excitación se proporcionen al sumador de voltaje para su suministro a la muestra.

Breve descripción de los dibujos

La presente invención se describirá ahora adicionalmente, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

la Figura 1 es un diagrama de circuitos de un sensor electrodinámico según la tecnología anterior;

las Figuras 2 y 2a son diagramas en bloques de una primera realización de un sensor electrodinámico según la presente invención, empleando la neutralización, y una modificación de la misma;

la Figura 3 es un diagrama de circuitos de una modificación de un detalle del circuito de la Figura 2, empleando protector y arranque además de la neutralización;

la Figura 4 es un diagrama en bloques de una segunda realización de un sensor electrodinámico según la presente invención, empleando neutralización y un bucle bloqueado en fase; y

la Figura 5 es un diagrama de circuitos de una tercera realización de un sensor electrodinámico según la presente invención, que comprende un sensor en modalidad de voltaje cero.

Descripción de las realizaciones preferidas

Técnica Anterior

Con referencia a la Figura 1, se describirá primero un sensor electrodinámico según lo revelado en la Solicitud de Patente Internacional Nº WO 03/048789.

Como se muestra en la Figura 1, un sensor electrodinámico 10, según la Solicitud de Patente Internacional número WO 03 / 048789, comprende un electrodo 12 de detección conectado con la entrada no invertidora de un amplificador 14 de sensor. En el uso, el electrodo 12 de detección suministra una señal de medición como entrada al amplificador 14 del sensor, que proporciona una señal de detección amplificada como salida.

El electrodo 12 de detección incluye un disco 16 de electrodo montado sobre una raíz conductora 18, comprendiendo el disco 16 de electrodo una capa 20 de óxido superficial sobre un sustrato 22. El amplificador 14 de sensor tiene una resistencia 24 fija de entrada, proporcionada por dos resistores 26, 28, conectados entre el electrodo 12 y la entrada no invertidora del amplificador 14, a fin de proporcionar una corriente estable de sesgo de entrada al amplificador 14. En la práctica, el resistor 24 de entrada tendrá generalmente una alta resistencia, del orden de 100 GΩ o más. El amplificador 14 de sensor también tiene un protector 30 que rodea físicamente los circuitos de entrada, incluyendo el electrodo 12 y el resistor 26, y que proporciona un escudo controlado por la salida del amplificador 14. La capacitancia extraviada se alivia de esta manera por medio de esta técnica de retroalimentación positiva, manteniendo el mismo potencial en el protector o escudo 30 que en el electrodo 12 de detección de entrada.

Además del protector 30, se proporcionan componentes adicionales de circuitos para el arranque, que comprenden un condensador 32 dispuesto para aplicar el voltaje de salida del amplificador 14 al punto medio de la resistencia 24, que aparece entre los dos resistores 26, 28, así como para la neutralización, que comprende otra disposición de retroalimentación que incluye un condensador 34 conectado con el terminal no invertidor del amplificador 14. Se proporcionan resistores adicionales 36, 38 y un potenciómetro 40 para fijar la neutralización en un nivel deseado, según lo descrito en la Solicitud de Patente Internacional número WO 03 / 048789.

Neutralización controlada - fuente de referencia

Con referencia ahora a la Figura 2, se describirá una primera realización de la invención. Aunque puede usarse la neutralización para aumentar drásticamente la impedancia de entrada del sensor electrodinámico de la Figura 1, según lo descrito en la Solicitud de Patente Internacional número WO 03 / 0948789, la razón entre señal y ruido no mejora con esta técnica, ya que el ruido presente en la salida del sensor se retroalimenta a la entrada del sensor.

En muchas situaciones donde la neutralización es importante, por ejemplo, en aplicaciones de microscopía, la muestra es excitada por una señal aplicada externamente. En estos casos, se dispone de una señal de referencia proveniente del oscilador, que proporciona la señal de control para la muestra, y esta referencia puede usarse para proporcionar una señal de neutralización para el sensor, según se muestra en la Figura 2.

El sensor electrodinámico de la Figura 2 incluye algunos de los mismos elementos que el sensor de la Figura 1. En consecuencia, las partes iguales son indicadas por los mismos números de referencia y no se describirán adicionalmente. Según se muestra, el electrodo 12 de detección del sensor está representado por la entrada V_{entrada} y está acoplado con una muestra 42 que se está midiendo, por medio de un condensador 44 que representa la capacitancia de acoplamiento con la muestra. La muestra es controlada o excitada por un oscilador 46 de referencia y, por tanto, se produce una señal de medición de corriente CA en la entrada V_{entrada} del sensor, que está conectada con la entrada no invertidora del amplificador operativo 14. Como resultado, el amplificador 14 suministra una señal amplificada de detección de corriente CA en su salida V_{salida1} . La salida V_{salida1} está conectada, por medio de los resistores 48, 50, a tierra y, por medio de un circuito convertidor 52 de raíz de cuadrados mínimos (RMS) y de un filtro 54 de paso bajo, con un atenuador 56, del cual se toma una señal V_n de referencia para la retroalimentación. Estos circuitos sirven para el control de nivel de la señal V_n de referencia, que se retroalimenta por medio del condensador 34 a la entrada no invertidora del amplificador 14, a fin de proporcionar neutralización. La ganancia de este bucle de retroalimentación positiva puede controlarse de modo tal que se logre la máxima neutralización dentro del límite del funcionamiento estable.

La realización de la Figura 2 incluye así un bucle de retroalimentación de control automático de ganancia (AGC) para controlar la amplitud de la señal V_n de neutralización, a fin de impedir la oscilación, estando la amplitud de la señal de retroalimentación controlada por la amplitud de la señal de salida del sensor en una salida V_{salida2} de control. El bucle de retroalimentación aquí incluye el circuito convertidor 52 de RMS, el filtro 54 de paso bajo y el atenuador 56. La salida de control del sensor V_{salida2} se toma desde la línea de retroalimentación de AGC entre el filtro 54 de paso bajo y el atenuador 56 y, dado que las frecuencias de señal de referencia y de medición son iguales, el voltaje V_{salida2} de control de AGC será una señal de control de corriente cuasi-CC que proporciona información acerca de la muestra 42 obtenida de la amplitud de la señal de medición de corriente CA suministrada al amplificador 14.

Esta disposición tiene el efecto de mejorar significativamente la impedancia de entrada del sensor, pero sólo en la frecuencia de la señal aplicada y sólo para los componentes de fase constante, proporcionando por tanto una razón mejorada entre señal y ruido.

Una extensión de la técnica descrita con referencia a la Figura 2 permite que la frecuencia del oscilador 46 de referencia sea barrida bajo el control de una disposición 58 de control de barrido mostrada en la Figura 2a. En la práctica, la disposición 58 de control de barrido para barrer la frecuencia del oscilador puede ser bien un circuito digital conectado con el oscilador 46 (según se muestra), para controlar la frecuencia digitalmente mediante una interfaz adecuada, o bien una disposición (no mostrada) para modular la fuente en frecuencia mediante una entrada adecuada de FM o un circuito (no mostrado), usando un nivel analógico de corriente cuasi-CC obtenido independientemente para fijar la frecuencia operativa mediante una entrada barrida. Como ya se ha afirmado, dado que las frecuencias de referencia y de señal son la misma, el voltaje de control de AGC en la salida V_{salida2} de control será una señal de corriente cuasi-CC. Esto variará con la amplitud de la señal medida y como función de la frecuencia, y por ello puede usarse para proporcionar un gráfico espectral según se barre la frecuencia del oscilador de referencia. Esta disposición se asemeja a un analizador de espectro en funcionamiento.

Sensor totalmente controlado - fuente de referencia

La realización de la Figura 2, en la cual se usa la fuente 46 de referencia externa para proporcionar una señal V_n de neutralización, puede extenderse también para proporcionar señales V_g , V_b , respectivamente adecuadas para el protector y el arranque, con proporcionales mejoras adicionales en la razón entre señal y ruido. Esta variación se muestra en la Figura 3, en la cual la señal de referencia desde el oscilador 46 y el atenuador 56 se retroalimenta como una señal V_g de protector al escudo o protector 30 que rodea al electrodo 12. Además, la señal de referencia se retroalimenta por medio del condensador 32 y dos resistores 26, 28 a la entrada no invertidora del amplificador 14 como una señal V_b de arranque. Los niveles individuales de señales relativas, requeridos para cada técnica de retroalimentación, se obtienen de un conjunto de divisores 60 de potencial independientes, según se muestra en la Figura 3, controlados por la fuente de referencia externa u oscilador 46. El nivel global de las señales de retroalimentación se fija globalmente en base a la amplitud de la señal V_{salida2} de salida, mediante el uso del bucle de

AGC, según lo descrito con respecto a la Figura 2.

Neutralización controlada - ninguna referencia

5 Otra variación de la realización de las Figuras 2 y 3 emplea un oscilador de bucle bloqueado en fase para obtener las señales de control y neutralización, según se muestra en la Figura 4. En este caso, la muestra es autoexcitable y, así, el oscilador 46 de control no está presente y no se dispone de la señal de referencia local desde el oscilador 46 de control. Sin embargo, aún puede lograrse una razón mejorada entre señal y ruido, con la introducción de un oscilador en el sensor que esté bloqueado en fase con la señal de detección emitida por el amplificador 14.

10 La realización de la Figura 4 comprende un oscilador 61 de bucle bloqueado en fase que está conectado con la salida $V_{salida1}$ del amplificador 14 y que comprende un multiplicador 62 de frecuencia dispuesto para recibir la señal $V_{salida1}$ y una señal de salida desde un oscilador 64. Un amplificador 66 realimenta la salida desde el multiplicador 62 de frecuencia al oscilador 64, a fin de modular en frecuencia la señal emitida por el oscilador 64. Como resultado, la señal de detección amplificada se mezcla con la salida desde el oscilador 64 para formar el bucle bloqueado en fase.

15 En funcionamiento, el oscilador 64 barre sobre la frecuencia hasta que se halla un latido con la señal de medición, punto en el cual se congelará el barrido. Debido a que no hay ninguna relación constante de fase entre la muestra y el oscilador 64, el latido tomará la forma de una onda de frecuencia baja, que se tornará en corriente DC cuando se alcance el bloqueo en fase. Esta señal de corriente CC se emite como la salida global $V_{salida2}$ del sensor y también se usa como una señal de AGC cuya amplitud controla la amplitud de la señal de retroalimentación usada para la neutralización. Con este fin, la señal de corriente CC se retroalimenta por medio del atenuador 56 y el condensador 34 a la entrada no invertidora del amplificador 14, a fin de proporcionar la señal de neutralización. En el uso, el oscilador 20 61 del bucle bloqueado en fase barrerá en funcionamiento hasta que se adquiera una señal de medición, y luego retroalimentará una señal bloqueada en fase para mejorar la impedancia de entrada del sensor solamente en esta frecuencia. Esto sirve para aumentar la impedancia de entrada en la frecuencia de la señal sin que se retroalimente el ruido de banda ancha a la entrada del amplificador.

25 En una primera variación de la realización de la Figura 4, las señales de protector y arranque también pueden obtenerse de la salida del oscilador 61 de bucle bloqueado en fase, usando características de circuito similares a las mostradas en la Figura 3, con una mejora proporcional en la razón entre señal y ruido.

En una variación adicional de la realización de la Figura 4, el oscilador 64 puede además proporcionar una salida de control para excitar la muestra, como en el caso de la realización de la Figura 2.

Sensor en modalidad de voltaje cero

30 Pasando ahora a la Figura 5, se describirá una realización adicional de la invención, para su uso en los casos donde, por ejemplo, se necesita eliminar la carga de la muestra. Un ejemplo de esto está allí donde se necesita minimizar los problemas causados por el movimiento relativo de la muestra y el sensor. Otro ejemplo importante está en las aplicaciones de microscopía, donde un gran campo eléctrico puede dañar la superficie de la muestra. Nuevamente, esta realización emplea algunas de las mismas características de circuito que las realizaciones anteriores, y las partes 35 iguales se indicarán con los mismos números de referencia, y no se describirán adicionalmente.

40 Según esta realización, la muestra 42 es excitada por un oscilador 70 por medio de un sumador 72 de voltaje, que también recibe la señal de detección retroalimentada desde la salida $V_{salida1}$ del amplificador 14. Cerrando el bucle de retroalimentación con el sumador 72 de voltaje, es posible asegurar que sólo una pequeña señal de error aparezca en la muestra 42. La señal de detección en la salida $V_{salida1}$ se retroalimenta al sumador 72 de voltaje por medio de un amplificador adicional 74, que se usa para fijar la ganancia del bucle y la constante temporal, para un funcionamiento óptimo. La razón entre señal y ruido se mejora por ello, eliminando las distorsiones que puedan ser causadas por la presencia de grandes señales en la muestra.

45 En esta realización, el oscilador 70 se usa nuevamente para proporcionar una señal de referencia para la retroalimentación, según se muestra en la Figura 2. Para simplificar, sólo las características requeridas para la neutralización se han mostrado en la Figura 5, pero, por supuesto, el protector y el arranque también pueden emplearse según lo descrito con referencia a la Figura 3. En todos estos casos, las señales de protector, arranque y neutralización se obtienen de la fuente coherente 70, y esto mejora la razón entre señal y ruido, según lo anteriormente descrito.

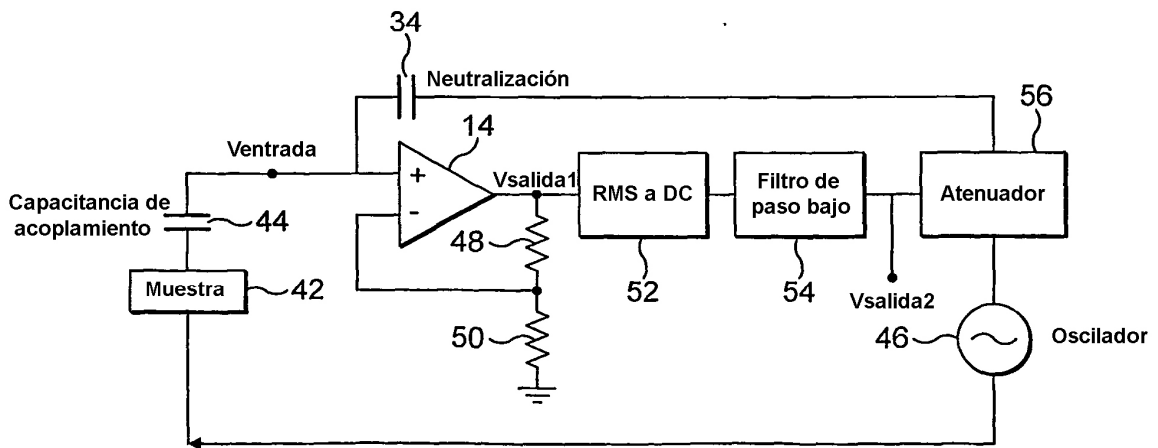
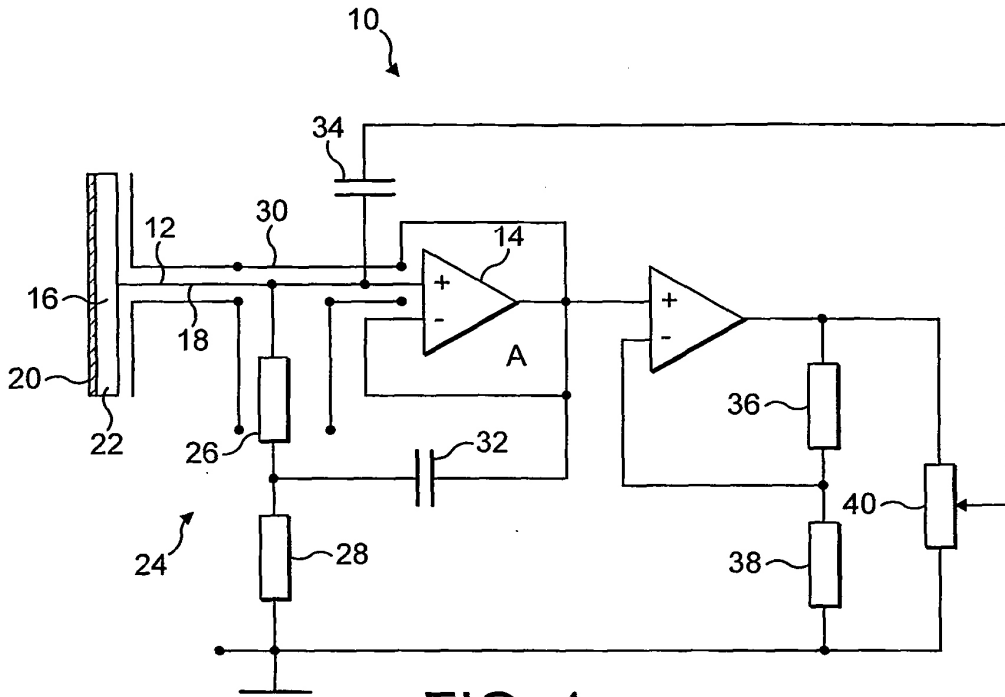
El uso de la realización de la Figura 5 está restringido al caso en que la muestra 42 es excitada con una señal externa.

50

REIVINDICACIONES

1. Un sensor de potencial eléctrico, que comprende:
- al menos un electrodo (12) de detección dispuesto para el acoplamiento capacitivo con una muestra bajo prueba, y para generar una señal de medición;
 - 5 un amplificador (14) de sensor adaptado para recibir la señal de medición como entrada y para suministrar una señal de detección amplificada como salida;
 - un medio (30, 32, 34) de mejora de la impedancia de entrada, para proporcionar una alta impedancia de entrada al amplificador del sensor, a fin de aumentar la sensibilidad del electrodo a los potenciales eléctricos reducidos;
 - 10 al menos un electrodo de detección estando dispuesto para generar una señal de medición de corriente CA, y **caracterizado por:**
 - un oscilador (46; 61; 70) dispuesto para generar una salida de oscilador con una frecuencia correspondiente a la frecuencia de la señal de medición; y
 - 15 un medio (56) de retroalimentación sensible a la salida del oscilador, a fin de producir una señal de referencia de retroalimentación para aplicar una retroalimentación coherente a la entrada del amplificador del sensor, a fin de mejorar la razón entre señal y ruido del sensor.
2. Un sensor según la reivindicación 1, en el cual el medio de mejora de la entrada está dispuesto para emplear la señal de retroalimentación de referencia a fin de proporcionar al menos uno entre el arranque, la protección y la neutralización.
3. Un sensor según la reivindicación 1 o 2, en el cual la señal de referencia de retroalimentación comprende una única frecuencia y en el cual los medios de retroalimentación cooperan con el medio de mejora de la impedancia de entrada, de modo tal que la impedancia de entrada del sensor mejora en la frecuencia y fase de la señal de referencia de retroalimentación.
4. Un sensor según cualquier reivindicación precedente, en el cual el amplificador del sensor está dispuesto diferencialmente para amplificar la señal de medición, a fin de aumentar la razón entre señal y ruido en una banda seleccionada de frecuencia de señal.
5. Un sensor según cualquier reivindicación precedente, en el cual el oscilador comprende una fuente externa (46) para proporcionar una señal de control a fin de excitar la muestra que se está midiendo.
6. Un sensor según la reivindicación 5, que comprende adicionalmente un atenuador para atenuar la señal de control desde la fuente externa de excitación, a fin de proporcionar la señal de referencia de retroalimentación.
- 30 7. Un sensor según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el cual el oscilador comprende un oscilador (61) de bucle bloqueado en fase para obtener la señal de referencia de retroalimentación desde la salida del amplificador del sensor.
8. Un sensor según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende adicionalmente un circuito oscilador (58) que está dispuesto para generar una salida de oscilador que barre la frecuencia, a fin de obtener una señal de frecuencia variable desde la salida del amplificador del sensor, para proporcionar la señal de referencia de retroalimentación.
- 35 9. Un sensor según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el cual el oscilador comprende una fuente externa (70) para proporcionar una señal de control a fin de excitar la muestra que se está midiendo, un bucle de retroalimentación desde la salida del amplificador del sensor hasta la entrada, y un sumador (72) de voltaje dispuesto en el bucle de retroalimentación de modo tal que tanto la señal de referencia de retroalimentación como la señal de excitación desde la fuente externa de excitación se proporcionen al sumador para su suministro a la muestra.
- 40 10. Un sensor según cualquier reivindicación precedente, que comprende adicionalmente medios (52, 54, 56) para proporcionar una salida de control desde el amplificador del sensor, a fin de controlar el nivel de la señal de referencia de retroalimentación.

45



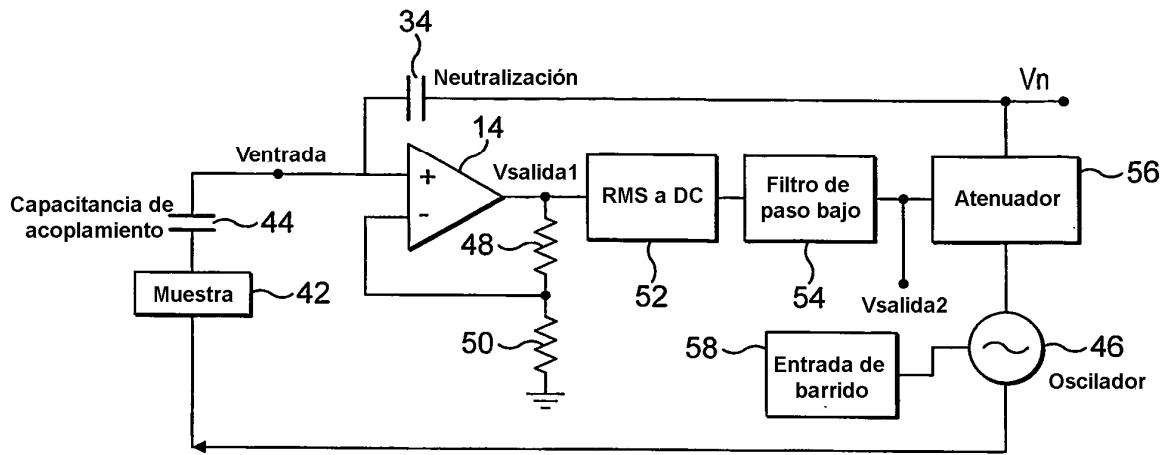


FIG. 2a

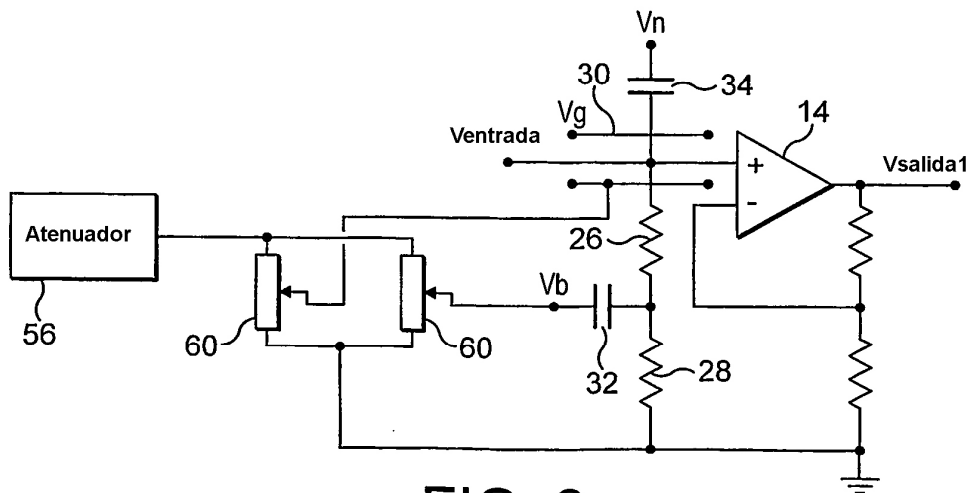


FIG. 3

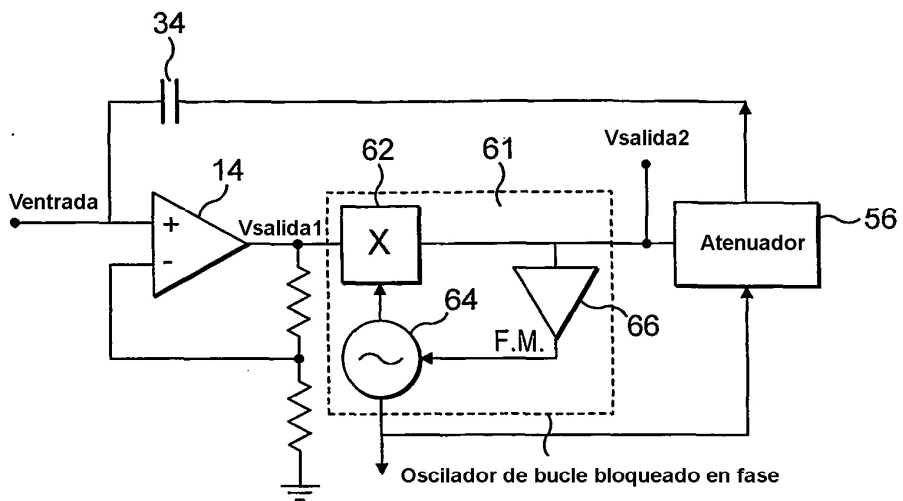


FIG. 4

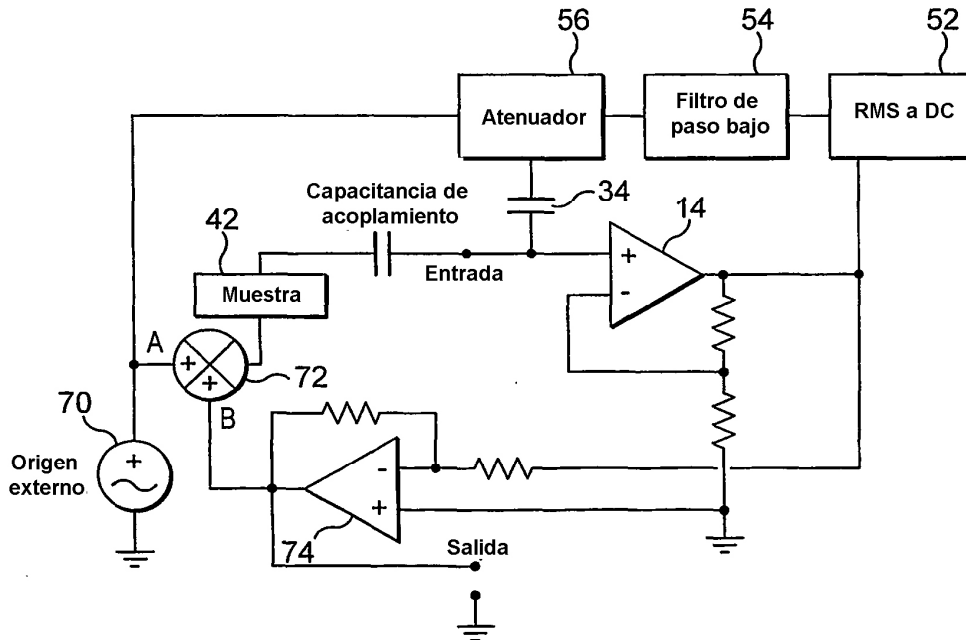


FIG. 5