

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 392 724**

51 Int. Cl.:

G01N 27/417 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05805261 .4**

96 Fecha de presentación: **25.10.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1806576**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **11.07.2007**

54 Título: **Dispositivo de detección de gas dotado de un sensor de gas electroquímico y capaz de autodiagnóstico**

30 Prioridad:

28.10.2004 JP 2004313829
25.01.2005 US 41291

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:

13.12.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:

13.12.2012

73 Titular/es:

FIGARO ENGINEERING INC. (100.0%)
5-3, SENBANISHI 1-CHOME
MINOO-SHI OSAKA 562-0036, JP

72 Inventor/es:

INOUE, TOMOHIRO y
FUJIMORI, YUKI

74 Agente/Representante:

RUO, Alessandro

ES 2 392 724 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

Dispositivo de detección de gas dotado de un sensor de gas electroquímico y capaz de autodiagnóstico

5 Campo de la invención

[0001] La presente invención se refiere al autodiagnóstico de un sensor de gas electroquímico.

Técnica anterior

10 **[0002]** El documento EP 0 887 640 A1 (D1) describe un sensor de gas que tiene una función de autodiagnóstico capaz de detectar con rapidez y fiabilidad si el sensor de gas tiene o no cualquier problema (malfuncionamiento). Para el presente fin, el sensor de gas comprende unos medios de detección de impedancia para detectar una impedancia entre unos electrodos predeterminados; y unos medios de autodiagnóstico para comparar un valor de impedancia que se detecta mediante los medios de detección de impedancia con un valor prescrito para decidir si tiene lugar o no cualquier problema, en función de un resultado de la comparación.

15 El documento US 6 290 829 B1 (D2) describe un sensor de gas que comprende una unidad de autodiagnóstico para comparar el valor de la corriente de bombeo con un intervalo prescrito y evaluar si tiene lugar o no cualquier problema, en función de un resultado obtenido de la comparación.

20 El documento DE 103 39 684 A1 (D3) describe un aparato para detectar la existencia de deficiencias en sensores de gas del tipo que tiene una o más células con un electrolito sólido y el procedimiento de prueba implica comparaciones de señales de prueba y de respuesta. El aparato cambia la tensión de célula o similar de la primera célula y supervisa la corriente de celda o similar de esta célula, en respuesta a la tensión cambiada que se aplica para el autodiagnóstico mientras que el sensor de gas está funcionando.

25 **[0003]** El documento USP6251243 (D4), el documento USP6123818 (D5) y el documento USP6200443 (D6) dan a conocer un autodiagnóstico usando la capacidad de un sensor de gas electroquímico. El documento D4 y el documento D5 se refieren a un sensor de gas usando un electrolito líquido, y una señal de prueba de impulso se introduce como entrada en un amplificador en lugar de en el sensor de gas. El sensor de gas se conecta con otra entrada del amplificador en paralelo con una resistencia fija, el amplificador cambia su salida de acuerdo con la entrada de la señal de prueba, y la función de transferencia de este proceso cambia de acuerdo con la capacidad del sensor de gas. Debido a que la capacidad del sensor de gas cambia dependiendo de si el sensor es o no normal, el sensor de gas puede diagnosticarse en función de la salida del amplificador.

35 **[0004]** En el documento D6, una tensión de impulso se aplica a un sensor de gas, y el autodiagnóstico se hace en función de la forma de onda de salida del sensor después del final del impulso. Para ser más específico, debido a que el sensor de gas normal tiene una gran capacidad y el sensor de gas defectuoso tiene una capacidad más pequeña, el sensor de gas puede comprobarse en función de la velocidad de relajación de la salida después del final del impulso.

40

| | |
|--------------------------|------------------------|
| Documento 1 EP0887640A1 | Documento 4 USP6251243 |
| Documento 2 US6290829B1 | Documento 5 USP6123818 |
| Documento 3 DE10339684A1 | Documento 6 USP6200443 |

45 Sumario de la invención

[0005] Un objeto de la invención es la provisión de un nuevo dispositivo de autodiagnóstico para un sensor de gas electroquímico.

50 **[0006]** En la presente invención, se proporciona un dispositivo de detección de gas que tiene un sensor de gas electroquímico que tiene por lo menos un electrodo de detección y un contraelectrodo conectado con un electrolito sólido o líquido, y un circuito de amplificación para amplificar la salida del sensor de gas, en el que la salida del sensor de gas comprende una corriente generada por reacción de electrodo con el gas en el electrodo de detección y se usa para detectar un gas, y en el que el sensor de gas se autodiagnostica con la salida del sensor de gas con la aplicación de una señal de prueba eléctrica al mismo, y se caracteriza por:

55 unos medios de aplicación de señal de prueba para aplicar una tensión entre el electrodo de detección y el contraelectrodo como la señal de prueba al sensor de gas cuando el circuito de amplificación no está amplificando la salida del sensor de gas;

60 unos medios de muestreo para hacer que el circuito de amplificación amplifique la salida del sensor de gas cuando la señal de prueba se desactiva y para muestrear la salida del circuito de amplificación dentro de un periodo predeterminado después de hacer que el circuito de amplificación amplifique la salida del sensor de gas; y

65 unos medios de autodiagnóstico para autodiagnosticar el sensor de gas con la salida de los medios de muestreo.

5 [0007] El electrolito que va a usarse en un sensor de gas electroquímico puede ser un electrolito líquido tal y como una disolución acuosa de ácido sulfúrico o hidróxido de potasio o sal metálica, o un líquido iónico. En lo que concierne a hacer que el circuito de amplificación amplifique la salida del sensor de gas, preferiblemente, esto se hace de forma simultánea con el final de la señal de prueba o después de eso, y mucho más preferiblemente, se hace que el circuito de amplificación amplifique la salida del sensor de gas después del final de la señal de prueba.

10 [0008] Preferiblemente, los medios de autodiagnóstico diagnostican el sensor de gas como normal cuando la salida de los medios de muestreo se encuentra dentro de un intervalo predeterminado diferente de la salida en aire limpio y diagnostican el sensor de gas como anómalo cuando la salida de los medios de muestreo se encuentra dentro de un segundo intervalo predeterminado en las proximidades de la salida en aire limpio o en las proximidades de ambos extremos del intervalo de salida del circuito de amplificación.

15 [0009] Preferiblemente, el dispositivo comprende además una resistencia conectada en paralelo con el sensor de gas.

20 [0010] Preferiblemente, cualquiera de los electrodos del electrodo de detección y el contraelectrodo del sensor de gas se mantiene a un potencial constante por medio de la fuente de alimentación del dispositivo de detección de gas, el otro electrodo del sensor de gas se conecta con la entrada de un amplificador operacional del circuito de amplificación, y el dispositivo comprende además un conmutador de FET que tiene una fuente, un drenador y una puerta que está dispuesta en paralelo con el sensor de gas y que se abre cuando la tensión entre la fuente y el drenador no es menor que un valor predeterminado, en el que la puerta está dispuesta de tal modo que la tensión no es menor que el valor predeterminado cuando la fuente de alimentación está encendida y es menor que el valor predeterminado cuando la fuente de alimentación está apagada.

25 [0011] Preferiblemente, el dispositivo comprende además un conmutador, que se abre mientras que una señal de prueba se está aplicando, entre el otro electrodo y la entrada del amplificador operacional. Más preferiblemente, los medios de aplicación de señal de prueba aplican la señal de prueba desde el otro electrodo al sensor de gas.

30 [0012] En la presente invención, el sensor de gas electroquímico puede autodiagnosticarse con facilidad, en particular, el estado del sensor de gas puede diagnosticarse ya sea éste normal o anómalo debido a, por ejemplo, cortocircuito, rotura de cable, deterioro de electrodo o agotamiento.

35 [0013] Cuando una resistencia se conecta en paralelo con el sensor de gas, puede evitarse la polarización del sensor mientras que está sin fuente de alimentación alguna, y se hace más fácil aplicar una señal de prueba muy pequeña al sensor de gas.

40 [0014] Cualquiera de los electrodos del electrodo de detección y el contraelectrodo del sensor de gas se mantiene a un potencial constante por medio de la fuente de alimentación del dispositivo de detección de gas, el otro electrodo del sensor de gas se conecta con la entrada del amplificador operacional del circuito de amplificación, la fuente y el drenador de un conmutador de FET, que se abre cuando la tensión entre el potencial de fuente y el potencial de puerta no es inferior a un valor predeterminado, se disponen en paralelo con el sensor de gas, y la puerta está dispuesta de tal modo que la tensión entre la fuente y la puerta del conmutador de FET no es inferior a un valor predeterminado cuando la fuente de alimentación está encendida y la tensión entre la fuente y la puerta del conmutador de FET es menor que el valor predeterminado cuando la fuente de alimentación está apagada. Como resultado, cuando la fuente de alimentación está encendida, el conmutador de FET se abrirá y no funcionará y, cuando la fuente de alimentación está apagada, el conmutador de FET se cerrará para conectar ambos electrodos del sensor de gas y para evitar la polarización.

50 [0015] El amplificador operacional tiene una compensación (*offset*) y, cuando una resistencia está dispuesta en paralelo con el amplificador operacional para evitar la polarización del sensor de gas, ambas de las entradas del amplificador operacional se conectarán mediante la resistencia. En un amplificador operacional, que tiene una compensación y funciona con una alta ganancia, cuando las tensiones de ambas de las entradas son completamente iguales una a otra, se emitirá como salida una gran tensión de compensación. Cuando el sensor de gas está conectado en paralelo con el conmutador de FET, y la fuente de alimentación está encendida y el conmutador está abierto, ambas entradas del amplificador operacional se conectarán mediante el sensor de gas de resistencia no óhmica, por lo tanto la tensión de salida debido a la compensación puede reducirse. En consecuencia, las restricciones que conciernen al amplificador operacional se reducen, y el coste del circuito puede reducirse de forma significativa.

60 [0016] En el presente caso, preferiblemente, un conmutador, que se abrirá cuando se aplica la señal de prueba, se proporciona entre el otro electrodo y la entrada del amplificador operacional, la conexión entre el sensor de gas y el circuito de amplificación puede abrirse/ cerrarse mediante el conmutador. Cuando un electrodo del sensor de gas se conecta con una fuente de alimentación a través de un circuito de potencióstato y el otro electrodo se conecta con un amplificador operacional, el circuito de potencióstato parece un separador o similar y se dota del amplificador operacional. Cuando el amplificador operacional como el separador conectado con una fuente de alimentación y el amplificador operacional para amplificar las señales de sensor se conecta con otra fuente de alimentación, se

necesitan los dos paquetes para dos amplificadores operacionales. No obstante, cuando se proporciona el conmutador para detener una entrada de las señales de sensor al amplificador operacional, dos amplificadores operacionales pueden proporcionarse en un paquete con una fuente de alimentación común. Por lo tanto, puede omitirse un paquete para uno de los amplificadores operacionales.

5 Mucho más preferiblemente, si los medios de aplicación de señal de prueba aplican una señal de prueba desde el otro electrodo al sensor de gas, los medios de aplicación de señal de prueba pueden aplicar con facilidad una pequeña señal de prueba al sensor de gas, por lo tanto pueden evitarse el deterioro del electrolito o los electrodos y la histéresis.

10 **Breve descripción de los dibujos**

[0017]

15 La figura 1 es una vista en sección de una porción importante de un sensor de gas electroquímico que se usa en la realización.

La figura 2 es un diagrama de circuitos del dispositivo de detección de gas con autodiagnóstico de la realización.

La figura 3 es un diagrama de flujo que ilustra el algoritmo de autodiagnóstico en la realización.

20 La figura 4 es un diagrama de sincronismo que ilustra las salidas de sensor y las acciones de los transistores respectivos en el autodiagnóstico de la realización.

La figura 5 es un diagrama de características que ilustra los resultados del autodiagnóstico de dos sensores de gas en la realización.

25 La figura 6 es un diagrama de características que ilustra unas salidas del sensor de gas antes y después de llevar a cabo el autodiagnóstico diez veces en la realización.

La figura 7 es un diagrama de características que ilustra las diferencias en la salida después de encender la fuente de alimentación, cuando el sensor de gas se dota de una resistencia en paralelo y cuando éste no se dota de una resistencia en paralelo. Antes de encender la fuente de alimentación, el sensor de gas se dejó reposar en CO de 1.000 ppm durante una hora y a continuación se dejó reposar en aire durante una hora.

30 La figura 8 es un diagrama de circuitos de la mejor realización.

La figura 9 es un diagrama de sincronismo de la mejor realización.

La figura 10 es un diagrama de circuitos de la tercera realización.

Breve descripción de los símbolos

35 **[0018]**

| | | | |
|-----------|--|----------|---------------------------------|
| 2 | sensor de gas | 4 | membrana de electrolito |
| 6 | contraelectrodo | 8 | electrodo de detección |
| 10, 12 | membranas conductoras porosas | | |
| 14 | placa de contraelectrodo | 16 | placa de electrodo de detección |
| 20 | fuentes de alimentación | 22 | microordenador |
| 24 | parte de autodiagnóstico | 26 | parte de detección de gas |
| 28 | entrada/ salida | 30 | diodo Zener |
| 32, 33 | conmutadores de FET | Tr1, Tr2 | transistores |
| R1 - R12 | resistencias | C1 - C7 | condensadores |
| VR1, VR2 | resistencias variables | | |
| IC1 - IC3 | amplificadores operacionales | | |
| Vcc | fuentes de alimentación de circuito de amplificación | A | tierra |
| P1, P2 | señales de control | P3 | salida |

Realización

40 **[0019]** A continuación en el presente documento, se describirá una realización en la forma más preferida para llevar a cabo la presente invención.

45 **[0020]** Las figuras 1 a 7 ilustran una realización. En la figura 1, 2 indica un sensor de gas electroquímico y 4 indica una membrana de electrolito que puede ser una membrana de electrolito sólido, tal y como una membrana conductora de protones de polímero o una membrana de un electrolito líquido contenido en un separador. El electrolito líquido puede ser un electrolito acuoso, en el que un electrolito tal y como ácido sulfúrico, KOH, MgSO₄ se disuelve en agua, o puede ser un electrolito orgánico, en particular, puede usarse un líquido iónico. Cuando se usa un electrolito líquido, no es necesariamente esencial usar el electrolito en forma de membrana; por ejemplo, éste puede almacenarse en un recipiente adecuado.

50 **[0021]** 6 indica un contraelectrodo y 8 indica un electrodo de detección. En el presente caso, el contraelectrodo 6 y el electrodo de detección 8 se proporcionan en ambas de las caras de la membrana de electrolito 4, respectivamente, pero éstos pueden disponerse sobre una cara de la misma, con un espacio entre ellos. En el

contraelectrodo 6 o el electrodo de detección 8, un catalizador de metal noble tal como Pt o Pt - Ru se soporta mediante unos materiales particulados de carbono diminutos y un aglutinante se añade a los mismos y, si es necesario, se añade un electrolito sólido o líquido. 10 y 12 indican unas membranas conductoras porosas y, en el presente caso, éstas son papel carbón o láminas de carbono hidrófobas. 14 indica una placa de contraelectrodo y 16 indica una placa de electrodo de detección. La placa de contraelectrodo 14 se dota de un orificio que se ilustra mediante una línea discontinua, y la placa de contraelectrodo 14 se complementa con vapor de agua o un electrolito líquido y oxígeno a partir de un depósito de líquido, que no se ilustra. El electrodo de detección 16 también se dota de un orificio que se ilustra mediante una línea discontinua, y un gas que va a detectarse, tal y como CO, se introduce a través del orificio, y el CO₂ o similar, generado por la reacción en el electrodo de detección, se descarga asimismo a través del orificio. La placa de contraelectrodo 14 y la placa de electrodo de detección 16 son, por ejemplo, unas placas de metal. Una corriente generada por la reacción de electrodo en el electrodo de detección 8 se amplificará para detectar el gas.

[0022] La figura 2 ilustra un circuito del dispositivo de detección de gas con autodiagnóstico. 20 indica una fuente de alimentación, y por ejemplo, en el presente caso, ésta es una fuente de alimentación de baterías de 5 V o 3 V o similar. 22 indica un microordenador dotado de una parte de autodiagnóstico 24, una parte de detección de gas 26 y una entrada/ salida 28. 30 indica un diodo Zener, la salida del cual es de aproximadamente 2 a 3 V. Tr1 y Tr2 son unos transistores y pueden sustituirse con unos conmutadores de un tipo diferente. R1 a R11 son resistencias. De estas resistencias, la resistencia R9 es una resistencia de, por ejemplo, aproximadamente 100 Ω a 10 k Ω y la resistencia R10 es una resistencia de una resistencia bastante alta en comparación con la resistencia R9, de tal modo que la tensión que se está aplicando al sensor de gas 2 es un valor lo suficientemente pequeño cuando el transistor Tr2 se pasa a estado de conducción para conectar la resistencia R10 a la tierra A. Esta tensión es, en el presente caso, de aproximadamente 1 mV y, preferiblemente, de aproximadamente 10 μ V a 100 mV. De C1 a C6 indican unos condensadores, y VR1 y VR2 son unas resistencias variables. En la figura 2, el contraelectrodo del sensor de gas 2 se etiqueta con C y el electrodo de detección del mismo se etiqueta con S. La resistencia variable VR1 se ajusta de tal modo que el contraelectrodo C se mantiene a un potencial constante de, por ejemplo, 1 V.

[0023] IC1 e IC2 son unos amplificadores operacionales. Por ejemplo, el electrodo de detección S del sensor de gas 2 se conecta con la entrada invertida, y la salida del sensor de gas 2 se amplifica en dos etapas de los amplificadores operacionales IC1 e IC2. En el presente caso, la ganancia se ajusta de una forma tal que, cuando una corriente de 1 μ A fluye por el sensor de gas 2, la salida P3 cambiará en 3 V. Vcc indica una fuente de alimentación de circuito de amplificación y se suministra a partir de la fuente de alimentación 20 a través del transistor Tr1. Vcc es la fuente de alimentación de los amplificadores operacionales IC1 e IC2 y también es la fuente de alimentación del circuito de amplificación del sensor de gas 2.

[0024] En el circuito de la figura 2, el contraelectrodo del sensor de gas 2 se mantiene a, por ejemplo, un potencial constante de 1,0 V, y el electrodo de detección S se conecta con la entrada invertida del amplificador operacional IC1 a través de la resistencia R3. La resistencia R9 se conecta en paralelo con el sensor de gas 2, y una parte en paralelo que comprende el sensor de gas 2 y la resistencia R9, en particular, su electrodo de detección S se conecta a tierra a través del transistor Tr2 y la resistencia R10 de aproximadamente 1 M Ω . La señal de control para el transistor Tr2 es P2, y se hace referencia al paso a estado de conducción del transistor Tr2 como aplicar una señal de prueba. En el presente caso, la relación de resistencias de la resistencia R10 y la resistencia R9 es 1.000 : 1, y por ejemplo, de aproximadamente 10 : 1 a 100.000 : 1. Cuando el transistor Tr2 se pasa a estado de conducción y se deja que pase un corto tiempo de relajación inicial, se aplicará una tensión muy pequeña al sensor de gas 2. Uno de los papeles de la resistencia R9 es mantener la tensión que se aplica al sensor de gas 2 a un valor muy pequeño, cuando se aplica la señal de prueba. Otro papel de la resistencia R9 es evitar la polarización del sensor de gas 2 cuando la fuente de alimentación 20 está apagada.

[0025] La parte de autodiagnóstico 24 del microordenador 22, en un periodo adecuado, pasa a estado de conducción el transistor Tr2 durante diez segundos mediante, por ejemplo, la señal de control P2 y apaga la fuente de alimentación de circuito de amplificación Vcc mediante la señal de control P1. Preferiblemente, mientras que el transistor Tr2 se pasa a estado de conducción, el transistor Tr1 se pasa a estado de corte. El transistor Tr2 se pasa a estado de conducción durante diez segundos y a continuación el transistor Tr2 se pasa a estado de corte, y, por ejemplo, de forma simultánea con esto y, preferiblemente, después de que el transistor Tr2 se pase a estado de corte, con un intervalo de aproximadamente 1 milisegundo a 100 segundos, y más preferiblemente, con un intervalo de aproximadamente 10 milisegundos a 10 segundos, el transistor Tr1 se pasa a estado de conducción. La parte de autodiagnóstico 24 autodiagnostica el sensor de gas 2 en función de la forma de onda de la salida P3 dentro de un tiempo predeterminado, por ejemplo, durante diez segundos después de que el transistor Tr1 se pase a estado de conducción. De esta forma, la parte de autodiagnóstico 24 controla la fuente de alimentación de circuito de amplificación Vcc con la señal de control P1, controla la señal de prueba con la señal de control P2 y toma la salida P3 a través de la entrada/ salida 28 para hacer un autodiagnóstico.

[0026] En la realización, el contraelectrodo C se mantiene a un potencial constante de, por ejemplo, 1 V. No obstante, el electrodo de detección S puede mantenerse a un potencial constante, y el contraelectrodo C puede conectarse con la entrada inversora del transistor Tr2 y el amplificador operacional IC1. En la realización, debido a que el sensor de gas 2 es uno de tipo amperométrico, su salida se conecta con la entrada inversora del amplificador

- operacional IC1. Además, en la realización, se usan los dos amplificadores operacionales IC1 e IC2, pero aparte de esto, por ejemplo, puede generarse un potencial constante de 1 V con un amplificador operacional por separador. La señal de prueba se introduce como entrada a través del transistor Tr2, no obstante, ésta puede introducirse como entrada directamente, por ejemplo, a través de la entrada/ salida 28. Además, en lo que concierne a la señal de prueba, se dispone que la corriente fluya desde la resistencia R9 a la resistencia R10, no obstante, la polaridad de la señal de prueba puede invertirse. Además, el sensor de gas 2 no se limita a los sensores de gas del tipo de dos electrodos, a saber, un electrodo de detección y un contraelectrodo. Puede usarse un sensor de gas de un tipo de tres electrodos, a saber, con un electrodo de referencia además de éstos.
- 5
- 10 **[0027]** Se describirán las operaciones del dispositivo de detección de gas en condiciones normales. El transistor Tr1 está en conducción y el transistor Tr2 está en corte. Si un gas tal y como CO o hidrógeno o alcohol se difunde al electrodo de detección S, una corriente fluirá desde el electrodo de detección S hasta el contraelectrodo C. Una corriente igual a esta corriente fluirá a través de la resistencia R2, en el presente caso, 100 kΩ. En consecuencia, por ejemplo, cuando una corriente de 1 μA fluye por el sensor de gas 2, el potencial de la salida del amplificador operacional IC1 cambiará en 100 mV, y el potencial de la entrada no invertida del amplificador operacional IC2 aumentará en 100 mV. Por lo tanto, en el amplificador operacional IC2, la tensión a lo largo de la resistencia R6 será, por ejemplo, de 100 mV y, si la resistencia de la resistencia R7 se ajusta a 30 veces la de la resistencia R6, la salida P3 del amplificador operacional IC2 aumentará, por ejemplo, en +3 V.
- 15
- 20 **[0028]** Con una frecuencia adecuada, por ejemplo, una vez al día o una vez a la semana, la parte de autodiagnóstico 24 del microordenador 22 pasa a estado de conducción el transistor Tr2, por ejemplo, durante diez segundos, mientras que se pasa a estado de corte el transistor Tr1. La parte de autodiagnóstico 24 pasa a estado de conducción el transistor Tr1, de forma simultánea pasa a estado de corte el transistor Tr2 y, preferiblemente, pasa a estado de conducción el transistor Tr1 después del paso de aproximadamente 1 milisegundo a 100 segundos
- 25 después del paso a estado de corte del transistor Tr2. A continuación, la parte de autodiagnóstico 24 pasará de nuevo a estado de conducción el transistor Tr1, y autodiagnosticará el sensor de gas 2 en función de la salida P3 en un periodo predeterminado después del paso a estado de conducción del transistor Tr1.
- 30 **[0029]** La figura 3 y la figura 4 ilustran el algoritmo de autodiagnóstico. El transistor Tr1 se pasa a estado de corte y el transistor Tr2 se pasa a estado de conducción, por ejemplo, durante 10 segundos. A continuación, el transistor Tr2 se pasa a estado de corte y, después de esperar, por ejemplo, durante un segundo, el transistor Tr1 se pasa a estado de conducción. Inmediatamente después de que se pase a estado de conducción el transistor Tr1, habrá fenómenos transitorios hasta que los amplificadores operacionales IC1 e IC2 se vuelvan estables, y hasta que las tensiones de los condensadores C2 a C5 se vuelvan estables. Por lo tanto, hay una etapa de espera, por ejemplo, durante cinco segundos. El periodo de espera puede ser cero y, preferiblemente, el periodo de espera no es más largo de diez segundos.
- 35
- 40 **[0030]** La salida P3 (Vout) se comprobará si ésta se encuentra dentro de un intervalo predeterminado de 2 a 4 V en un periodo de cinco segundos después de que el transistor Tr1 se pase a estado de conducción y, si la salida P3 se encuentra dentro del intervalo aún una sola vez, se considerará que el sensor de gas es normal. Si la salida P3 es siempre menor que 2 V o está por encima de 4 V durante el periodo de cinco segundos, se considerará que el sensor de gas presenta una anomalía. En el presente caso, los intervalos de salida de los amplificadores operacionales IC1, IC2 se encuentran dentro de un intervalo de 0 a 5 V, y el valor de la salida P3 en aire limpio es de 1 V. Puede considerarse que el sensor de gas 2 es defectuoso cuando se detecta su anomalía, por ejemplo, una pluralidad de veces, y no puede considerarse que el sensor de gas 2 sea defectuoso cuando se detecta su anomalía sólo una vez.
- 45
- 50 **[0031]** Tal y como se muestra en la figura 4, cuando el transistor Tr1 se pasa a estado de corte y el transistor Tr2 se pasa a estado de conducción, la salida P3 y el contraelectrodo C se conectarán una con otra a través de las resistencias R6, R7, etc. Por lo tanto, la salida P3 se volverá sustancialmente un valor constante de menos de 1 V. Durante este periodo, excepto el tiempo inmediatamente después de que el transistor Tr2 se pase a estado de conducción, la tensión que se aplica al sensor de gas 2 se determina mediante la relación de la resistencia R10 y la resistencia R9. Por lo tanto, una tensión muy pequeña, por ejemplo, de aproximadamente 1 mV, se aplicará al sensor de gas 2. Incluso una tensión pequeña de este tipo puede formar dobles capas eléctricas entre el electrolito y los electrodos del sensor de gas. Debido a que la señal de prueba que va a aplicarse al sensor de gas 2 es una muy pequeña, ésta no dará lugar a histéresis o similar.
- 55
- 60 **[0032]** Cuando el transistor Tr2 se pasa a estado de corte y a continuación el transistor Tr1 se pasa a estado de conducción, una corriente fluirá, por ejemplo, desde el electrodo de detección S hasta el contraelectrodo C para neutralizar las dobles capas eléctricas que se forman en el sensor de gas 2 mediante la señal de prueba, y esto a su vez generará una señal cuya polaridad es la misma que la que aparece con un gas reductor, en la salida P3. Debido a que esta señal desaparece cuando las dobles capas eléctricas se eliminan, ésta aparece como una señal de impulso temporal, y puede confirmarse que el sensor de gas 2 es normal detectando esta señal.
- 65 **[0033]** Por ejemplo, cuando el sensor de gas 2 sufre una ruptura, cuando el sensor de gas 2 no está insertado, cuando la membrana de electrolito del sensor de gas 2 es anómala debido a agotamiento o similar o cuando los

electrodos eléctricos del sensor de gas 2 están deteriorados, las señales de salida serán exactamente tal como se muestra mediante unas líneas discontinuas en la figura 4. Esto se debe a la falta de la corriente que cancela las dobles capas eléctricas que deberían haberse generado en el sensor de gas 2 mediante la señal de prueba. Si el sensor de gas 2 está cortocircuitado, cuando el transistor Tr1 se pasa a estado de conducción, la salida P3 aparecerá en cualquiera de los extremos del intervalo de salida. Para autodiagnosticar el circuito tal como el amplificador operacional IC1 o IC2, es suficiente comprobar la aparición de un cambio en la salida de forma simultánea al paso a los estados de corte/ conducción de los transistores Tr1, Tr2.

[0034] La figura 5 ilustra los resultados del autodiagnóstico de dos sensores de gas. En la figura se muestran las salidas P3 de la figura 2, y 1 V es la salida que se corresponde con la medición en aire limpio. "Vacío" indica que los sensores de gas se han retirado. "Bueno 1" y "Bueno 2" indican unos sensores de gas normales que se han instalado, respectivamente. En "Bueno 1" y "Bueno 2", los dos sensores de gas se intercambiaron uno con otro.

[0035] "Corto" indica que los sensores de gas estaban cortocircuitados, y "Abierto" indica que se montaron unos sensores de gas con rotura de cable. "Catalizador deteriorado" indica un ejemplo en el que se usaron unos sensores de gas con un catalizador deteriorado. En el presente caso, en lugar de un catalizador deteriorado en unos sensores de gas, se usaron unos electrodos de carbono que no soportan metal noble para los electrodos de detección y los contraelectrodos. "Agotamiento" indica que el electrolito se volvió anómalo debido, por ejemplo, a que los sensores de gas no volvieron a llenarse con vapor de agua, o que el electrolito líquido no volvió a llenarse. En el presente caso, los depósitos de líquido se vaciaron para evitar que la disolución acuosa de KOH contenida en el separador volviera a llenarse con vapor de agua, a continuación los sensores se secaron en aire seco a 50 °C durante dos horas para servir como un "Agotamiento".

[0036] La línea de "Alimentación" de la figura 5 indica el ENCENDIDO/ APAGADO de la fuente de alimentación de baterías. En lo que concierne al paso a los estados de CORTE/ CONDUCCIÓN de Tr1 y Tr2, el estado sombreado indica CONDUCCIÓN, y el otro estado es CORTE. En el sensor de gas usado, el electrolito era una disolución acuosa de KOH de 0,1 N, y se mantuvo en un separador hidrófilo. Cuando el electrolito era un conductor de protones o un electrolito sólido o una disolución acuosa de ácido sulfúrico, se obtuvieron unos resultados similares.

[0037] En el estado de "Bueno 1" y "Bueno 2", el transistor Tr1 se mantuvo en estado de corte y el transistor Tr2 se mantuvo en estado de conducción durante diez segundos, a continuación el transistor Tr2 se pasó a estado de corte, y un segundo después de eso, el transistor Tr1 se pasó a estado de conducción. En este momento, la salida de los sensores de gas mostró un impulso de pico, la anchura de pico del cual a media altura era de aproximadamente 5 a 20 segundos. Como contraste a esto, en los casos de sensores de gas con rotura de cable, sensores de gas con un catalizador deteriorado o sensores de gas agotados, cuando el transistor Tr2 se pasó a estado de corte y a continuación el transistor Tr1 se pasó a estado de conducción, la salida P3 disminuyó una vez a aproximadamente 0 V, a continuación se relajó de forma exponencial hacia 1 V de la salida de los sensores en aire limpio. Por otro lado, en el caso de los sensores de gas cortocircuitados, cuando el transistor Tr1 estaba en estado de conducción, la salida daba un valor que estaba cerca o bien de 0 V o bien de 5 V. Si el valor está cerca de 0 V o de 5 V se atribuye a unas constantes detalladas de los circuitos y la dispersión en los amplificadores operacionales IC1, IC2, y similar.

[0038] En el caso del "Vacío" en el que no se insertaron sensores de gas, el transistor Tr1 se pasó a estado de corte y el transistor Tr2 se pasó a estado de conducción durante diez segundos, a continuación el transistor Tr2 se pasó a estado de corte y a continuación el transistor Tr1 se pasó a estado de conducción. Como resultado, como en el caso de rotura de cable, la salida se redujo una vez a 0 V y a continuación se relajó de forma exponencial hacia 1 V. Por otro lado, en el estado de "Vacío", cuando ambos de los transistores Tr1 y Tr2 se pasaron a estado de conducción, la salida P3 aumentó hasta un poco por encima de 3 V. En el estado de "Bueno 2", cuando tanto el transistor Tr1 como el transistor Tr2 se pasaron a estado de conducción, la salida aumentó de una forma similar hasta un poco por encima de 3 V. En consecuencia, se encontró que el autodiagnóstico del sensor de gas podría no haberse realizado cuando el transistor Tr2 se pasó a estado de conducción y la señal de prueba se aplicó con el transistor Tr1 manteniéndose en estado de conducción.

[0039] A continuación, antes de pasar a estado de corte el transistor Tr2, si el transistor Tr1 se pasa a estado de conducción, tal como se muestra en el caso de "Vacío", la salida P3 tenderá a aumentar hasta un poco por encima de 3 V. Por lo tanto, este pico y el pico generado en un sensor de gas normal se solaparán uno con otro, lo que hace difícil diagnosticar los mismos. En consecuencia, resulta deseable que el transistor Tr1 se pase a estado de conducción exactamente cuando el transistor Tr2 se pasa a estado de corte o después de que el transistor Tr2 se pase a estado de corte. Preferiblemente, después de que el transistor Tr2 se pase a estado de corte, después de 1 ms a 100 s, y mucho más preferiblemente, después de 10 ms a 10 s, el transistor Tr1 se pasa a estado de conducción.

[0040] Al detectar los impulsos que se generan a partir de un sensor de gas normal, después de que el transistor Tr1 se pase a estado de conducción de nuevo, si hay una señal de sensor por lo menos una vez dentro de un intervalo de 2 a 4 V en un periodo de 5 a 10 segundos, se considera que hay un impulso. En lugar de un procedimiento de detección de este tipo, puede disponerse detectar que la salida P3 cruza una línea de 2 V o similar desde debajo en sentido ascendente y una vez más cruza la línea desde arriba en sentido descendente en un plazo de

aproximadamente diez segundos después de que el transistor Tr1 se pase a estado de conducción de nuevo. Por lo tanto, el propio procedimiento de detección de impulso puede determinarse a discreción. En la realización, después de que el transistor Tr1 se pase a estado de conducción de nuevo, si la salida P3 no alcanza un intervalo de 2 a 4 V, se considera que éste es anómalo, y durante este periodo, si la salida se mantiene en un intervalo de 0 a 2 V, se considera que el sensor de gas es anómalo. Además de estos casos, cuando la salida de sensor de gas está fija alrededor de 0 V, o cuando la salida está fija a 4 V o por encima, se considera que el sensor de gas es anómalo. El intervalo para detectar un impulso se determina de acuerdo con el tipo de sensor y las condiciones de prueba. Debido a que se conoce el periodo de tiempo desde el paso a estado de corte el transistor Tr2 hasta que se pasa a estado de conducción el transistor Tr1, puede disponerse detectar un impulso dentro de un intervalo de tiempo predeterminado a partir del paso a estado de corte el transistor Tr2.

[0041] En la realización, debido a que una tensión muy pequeña se aplica al sensor de gas como una señal de prueba, la histéresis es pequeña. La figura 6 ilustra cambios en las señales de salida del sensor de gas cuando el autodiagnóstico de la realización se repitió diez veces en un intervalo de una hora. Después de repetir el autodiagnóstico diez veces, no hubo diferencia significativa en la salida. La figura 7 ilustra el papel de la resistencia R9 en evitar la polarización del sensor de gas cuando la fuente de alimentación de baterías está apagada. Dos sensores de gas se conectaron en paralelo con una resistencia R9 de 1 k Ω , respectivamente, y otros dos sensores de gas no se dotaron de resistencia en paralelo alguna. Éstos se dejaron reposar en CO de 1.000 ppm sin fuente de alimentación durante una hora. Después de eso, éstos se dejaron reposar en aire limpio durante una hora, a continuación los mismos se montaron en el circuito de detección de gas de la realización, y se encendió la fuente de alimentación de baterías. La figura 7 ilustra la forma de onda de salida en el momento. En el caso en el que no hay una resistencia en paralelo, lleva aproximadamente diez minutos desde que se enciende la fuente de alimentación de baterías hasta que la señal de sensor se estabiliza. A diferencia de lo anterior, cuando se proporciona una resistencia en paralelo, la detección de gas puede iniciarse, por ejemplo, en un plazo de un minuto.

[0042] Puede disponerse que el transistor Tr2 no se proporcione y que una prueba se aplique directamente desde la entrada/ salida 28 hasta el lado opuesto del sensor de gas 2 de la resistencia R10. Se usa una onda cuadrada como la forma de onda de la señal de prueba, si bien la forma de onda puede determinarse a discreción. El sensor de gas 2 puede montarse en el circuito de la figura 2 invirtiendo el electrodo de detección S y el contraelectrodo C, y el circuito de amplificación o similar de la figura 2 puede modificarse en consecuencia.

[0043] En la realización, se obtienen las siguientes ventajas.

(1) El estado del sensor de gas electroquímico puede clasificarse en estado normal, estado cortocircuitado, estado anómalo de rotura de cable o catalizador deteriorado, etc.

(2) La señal de prueba que se aplica en el autodiagnóstico es tan sumamente pequeña como 1 mV \times 10 segundos, y el tiempo que se requiere para el autodiagnóstico se encuentra en un plazo de un minuto. No se muestra histéresis, y una tensión de prueba puede producirse con facilidad por medio de una resistencia fija R9. Cuando la señal de prueba se hace más pequeña o más corta, el tiempo que se requiere para el autodiagnóstico puede acortarse más.

(3) Es suficiente añadir un circuito de aplicación de señal de prueba con el circuito de amplificación convencional de un sensor de gas electroquímico. Por lo tanto, no hay necesidad de montar un sensor de gas en un circuito de amplificación especial para el autodiagnóstico.

Mejor modo

[0044] La figura 8 y la figura 9 ilustran la mejor realización. Esta es similar a la realización de las figuras 1 a 7 excepto en algunos puntos que se exponen, y las mismas etiquetas indican las mismas cosas. Un amplificador operacional IC3 mantiene el contraelectrodo del sensor de gas 2 a un potencial constante de, por ejemplo, aproximadamente 1,5 a 2 V, y éste se acciona mediante una fuente de alimentación Vcc1 que no se controla mediante el transistor Tr1. C7 indica un condensador. 32 indica un conmutador de FET y, cuando la diferencia de potencial entre la fuente S2 y la puerta G es de alrededor de cero, la resistencia entre la fuente S2 y el drenador D es de aproximadamente 50 Ω y, cuando la diferencia es de 1,5 V o está por encima, la resistencia se encuentra a un nivel de M Ω . El conmutador de FET 32 se abrirá cuando la fuente de alimentación del circuito de detección se enciende, y el conmutador de FET 32 se cerrará cuando la fuente de alimentación se apaga. De esta forma, el conmutador de FET 32 evita la polarización del sensor de gas 2 cuando éste se deja reposar. El amplificador operacional IC2 se conecta con la fuente de alimentación Vcc2 que pasa a través del transistor Tr1, y no se proporcionó el amplificador operacional IC2 de la figura 2.

[0045] Las operaciones de la mejor realización de la figura 8 se ilustran en la figura 9. El transistor Tr1 se pasa a estado de corte, por ejemplo, durante diez segundos y, durante este tiempo, el transistor Tr2 se pasa a estado de conducción durante un intervalo de tiempo que es más estrecho tanto en la subida como en la bajada en, por ejemplo, de 0,1 a 1 segundo, que el periodo de corte del transistor Tr1. Cuando se pasa a estado de corte el transistor Tr1, el amplificador operacional IC1 se apaga y, cuando se pasa a estado de conducción el transistor Tr2, una señal de prueba se aplica al sensor de gas 2. Durante este tiempo, el conmutador de FET 32 permanece en su estado de desconexión y no está implicado en el autodiagnóstico. El autodiagnóstico se realiza de una forma similar

a la del circuito de la figura 2. Por ejemplo, en los segundos del 3^o al 5^o después de que se pase de nuevo a estado de conducción el transistor Tr1, la señal P3 se muestrea y, si ésta se encuentra en un intervalo de tensión predeterminado, por ejemplo, de 2 a 4 V, se considera que el sensor 2 se encuentra en buen estado.

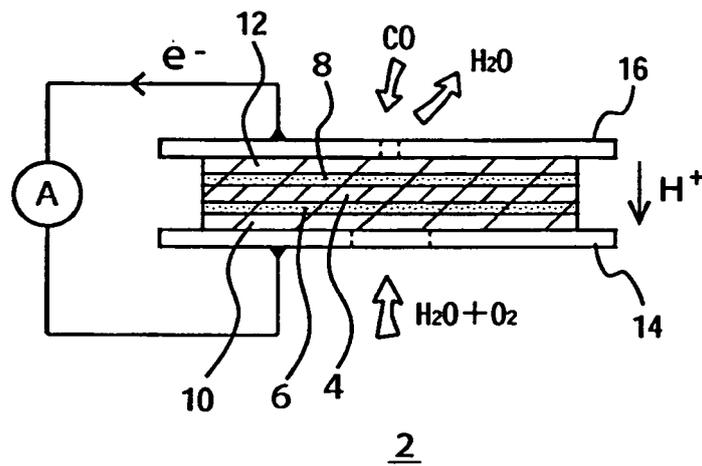
5 **[0046]** En lo que concierne al conmutador de FET 32 para evitar la polarización, la puerta G se conecta con la tierra A y, cuando la fuente de alimentación Vcc1 se apaga, el conmutador de FET 32 se cerrará y, cuando la fuente de alimentación Vcc1 se enciende, el conmutador de FET 32 se abrirá para cancelar la compensación del amplificador operacional IC1. En el circuito de la figura 2, debido a que dos entradas del amplificador operacional IC1 están conectadas mediante la resistencia R9, una compensación se genera en la salida del amplificador operacional IC1.
 10 En la figura 8, dos entradas se conectan mediante el sensor de gas 2 de un elemento no óhmico, por lo tanto la compensación puede hacerse más pequeña. En consecuencia, puede usarse un amplificador operacional que tiene una gran compensación, y el coste del circuito se reduce de forma significativa.

15 **[0047]** La figura 10 ilustra una modificación de la mejor realización. 33 indica un conmutador de FET que es similar al conmutador de FET 32, y S indica una fuente, D indica un drenador y G indica una puerta, respectivamente. R12 indica una gran resistencia de aproximadamente 1 Ω . El conmutador de FET 33 se abre mediante la señal P1 para desconectar el sensor 2 del amplificador operacional IC1. Durante la duración de la señal P1, se aplica la señal de prueba P2. La modificación es similar a la mejor realización en otros aspectos. En la figura 10, los dos amplificadores operacionales IC1 e IC2 pueden accionarse con una fuente de alimentación común Vcc. Por lo tanto,
 20 puede usarse un paquete que incluye dos amplificadores operacionales para los amplificadores operacionales IC1 e IC2. A diferencia de esto, en la figura 8, los amplificadores operacionales IC1 e IC2 pueden accionarse respectivamente con dos fuentes de alimentación. Por lo tanto, el circuito para estas fuentes de alimentación puede no estar en común, de tal modo que son necesarios dos paquetes para los amplificadores operacionales.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un dispositivo de detección de gas que tiene un sensor de gas electroquímico (2) que tiene por lo menos un electrodo de detección (8) y un contraelectrodo (6) conectado con un electrolito sólido o líquido (4), y un circuito de amplificación adaptado para amplificar la salida del sensor de gas, en el que la salida del sensor de gas comprende una corriente generada por reacción de electrodo con el gas en el electrodo de detección y se usa para detectar un gas, y en el que dicho sensor de gas (2) se autodiagnostica con la salida de dicho sensor de gas con la aplicación de una señal de prueba eléctrica al mismo,
10 **caracterizado por:**
- 15 unos medios de aplicación de señal de prueba adaptados para aplicar una tensión entre el electrodo de detección (8) y el contraelectrodo (6) como la señal de prueba al sensor de gas (2) cuando el circuito de amplificación no está amplificando la salida del sensor de gas;
unos medios de muestreo adaptados para hacer que dicho circuito de amplificación amplifique la salida del sensor de gas cuando dicha señal de prueba se desactiva y para muestrear la salida de dicho circuito de amplificación dentro de un periodo predeterminado después de hacer que dicho circuito de amplificación amplifique la salida del sensor de gas; y
20 unos medios de autodiagnóstico (24) adaptados para autodiagnosticar dicho sensor de gas (2) con la salida de los medios de muestreo.
- 25 2. Un dispositivo de detección de gas de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** los medios de autodiagnóstico (24) diagnostican dicho sensor de gas (2) como normal cuando la salida de los medios de muestreo se encuentra dentro de un intervalo predeterminado diferente de la salida en aire limpio y diagnostican dicho sensor de gas (2) como anómalo cuando la salida de los medios de muestreo se encuentra dentro de un segundo intervalo predeterminado en las proximidades de la salida en aire limpio o en las proximidades de ambos extremos del intervalo de salida de dicho circuito de amplificación.
- 30 3. Un dispositivo de detección de gas de acuerdo con la reivindicación 1, adicionalmente **caracterizado por** una resistencia (R9) conectada en paralelo con dicho sensor de gas.
- 35 4. Un dispositivo de detección de gas de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado por que** cualquiera de los electrodos del electrodo de detección (8) y el contraelectrodo (6) del sensor de gas (2) se mantiene a un potencial constante por medio de una fuente de alimentación del dispositivo de detección de gas, **por que** el otro electrodo del sensor de gas (2) se conecta con la entrada de un amplificador operacional (IC3) de dicho circuito de amplificación, **por que** dicho dispositivo comprende además un conmutador de FET (32) que tiene una fuente (S2), un drenador (D) y una puerta (G) que está dispuesta en paralelo con el sensor de gas (2) y que se abre cuando la tensión entre la fuente (S2) y el drenador (D) no es menor que un valor predeterminado, y **por que** la puerta (G) está dispuesta de tal modo que la tensión no es menor que el valor predeterminado cuando la fuente de alimentación está encendida y es menor que el valor predeterminado cuando la fuente de alimentación está apagada.
- 40 5. Un dispositivo de detección de gas de acuerdo con la reivindicación 4, adicionalmente **caracterizado por** un conmutador (33) que se abre cuando se aplica la señal de prueba, y se proporciona entre dicho otro electrodo y la entrada del amplificador operacional, cuando no se aplica la señal de prueba.
- 45 6. Un dispositivo de detección de gas de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado por que** los medios de aplicación de señal de prueba aplican la señal de prueba desde dicho otro electrodo al sensor de gas (2).

Fig. 1



2

Fig. 2

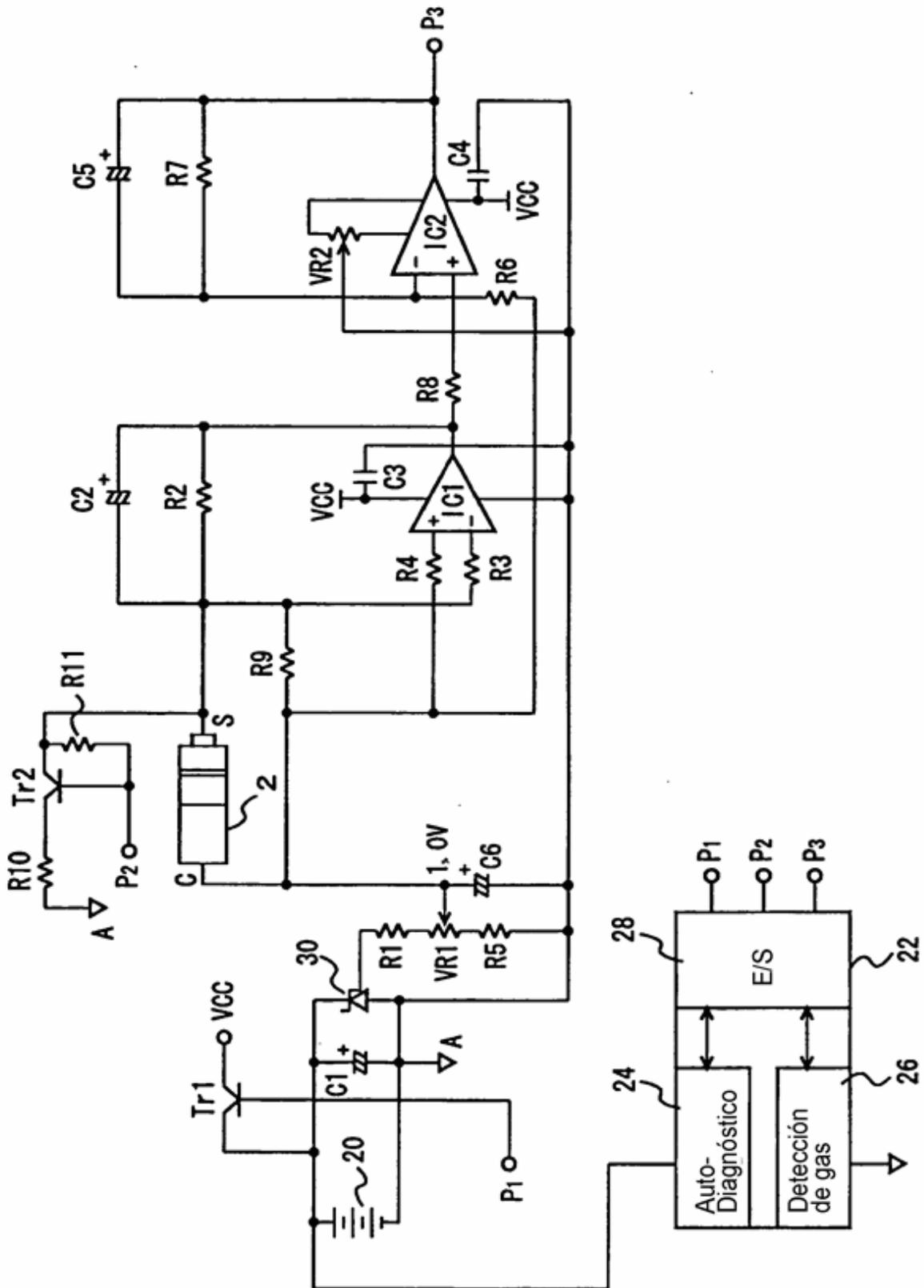


Fig. 3

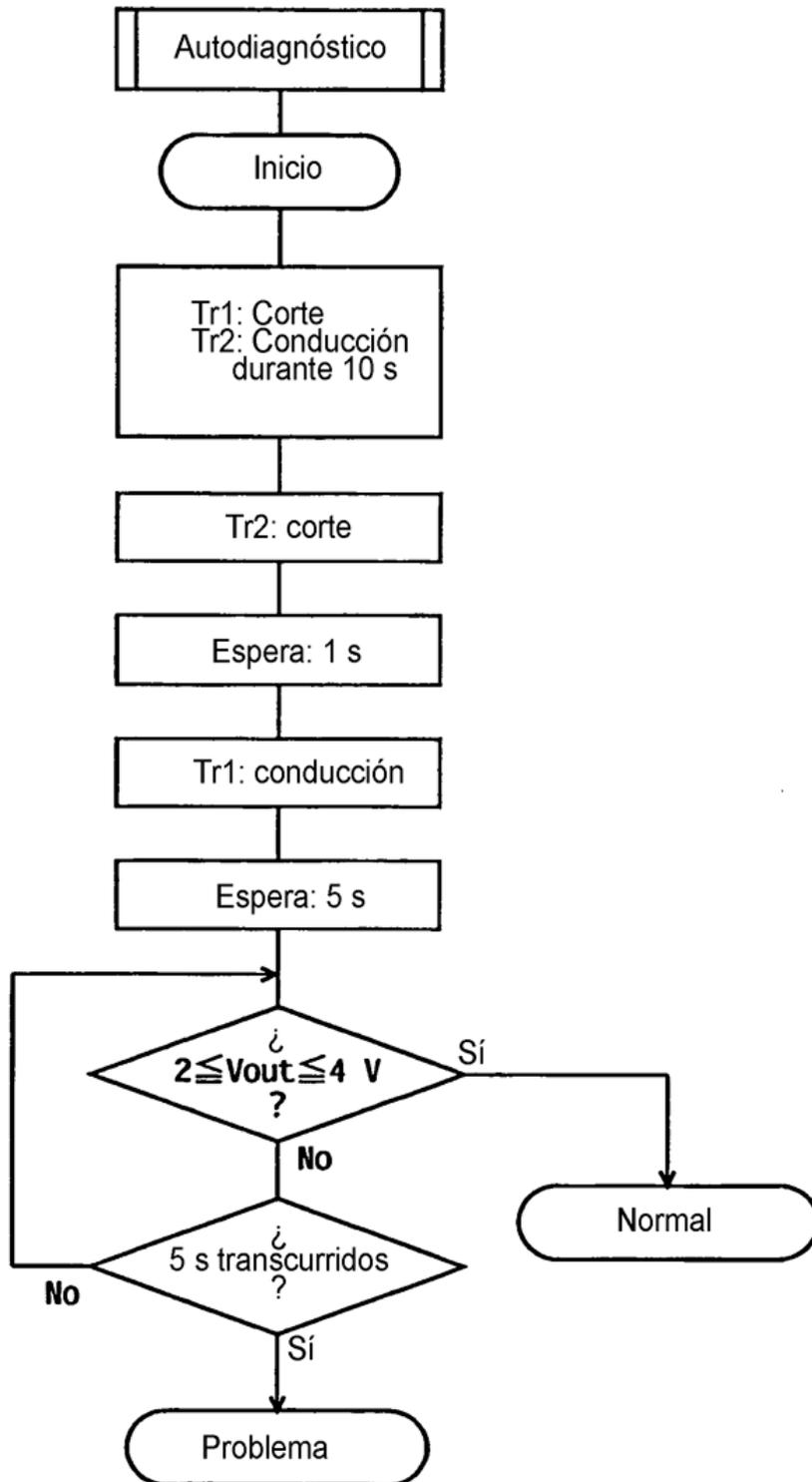


Fig. 4

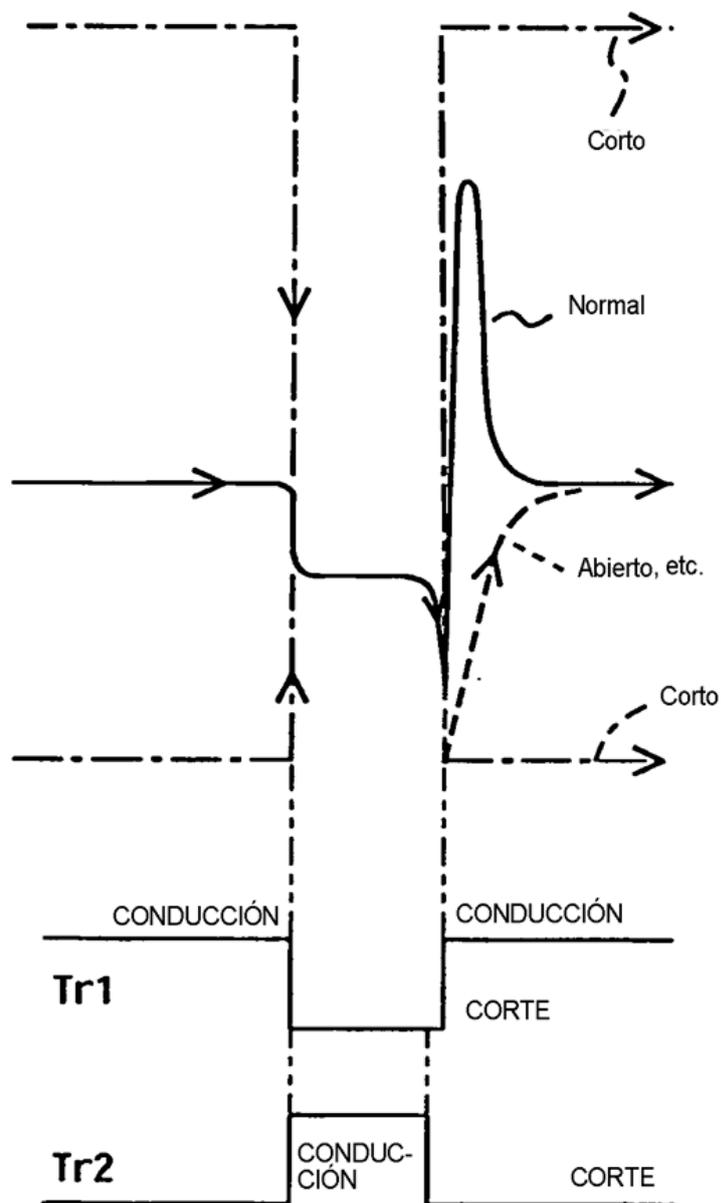


Fig. 5

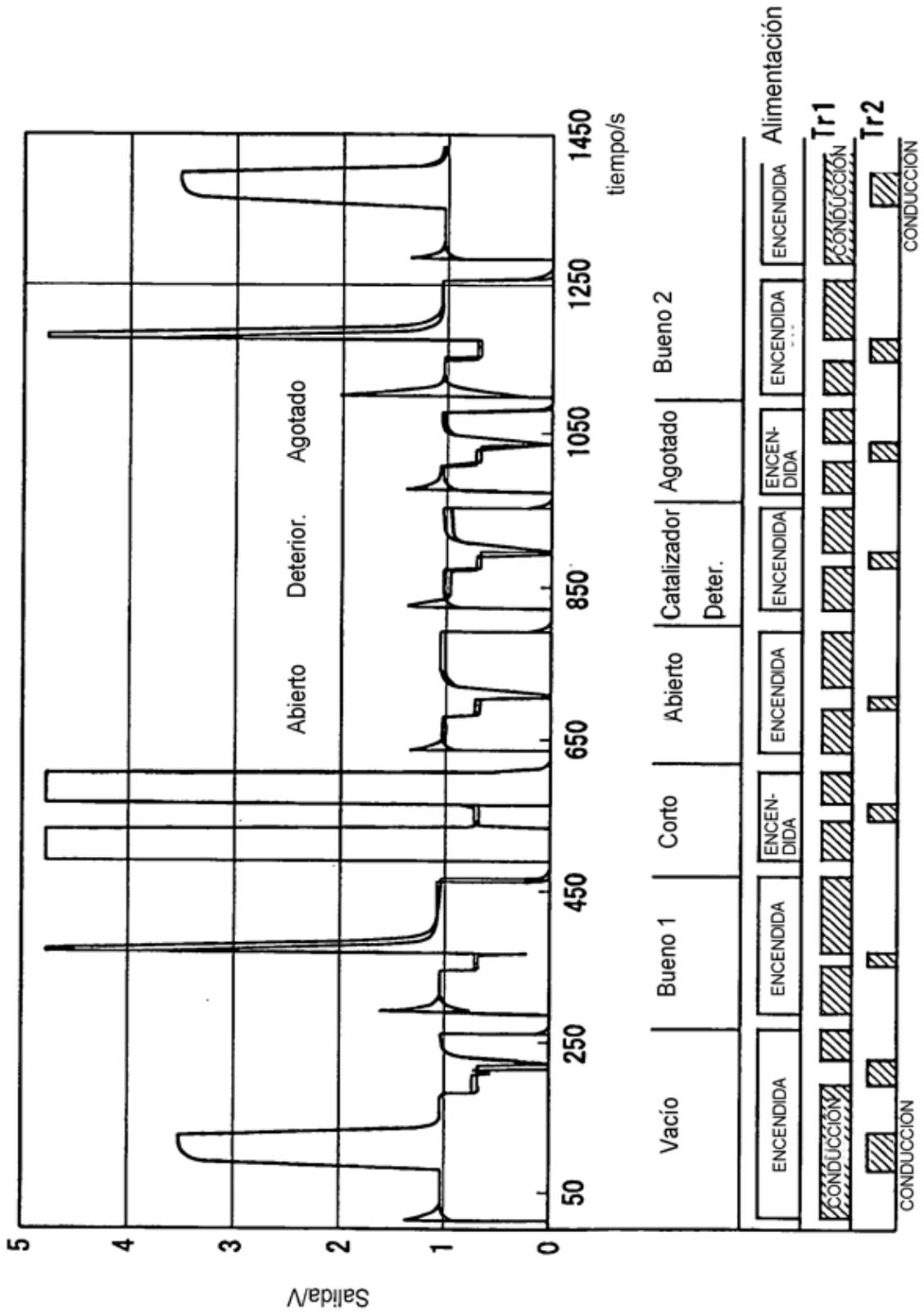


Fig. 6

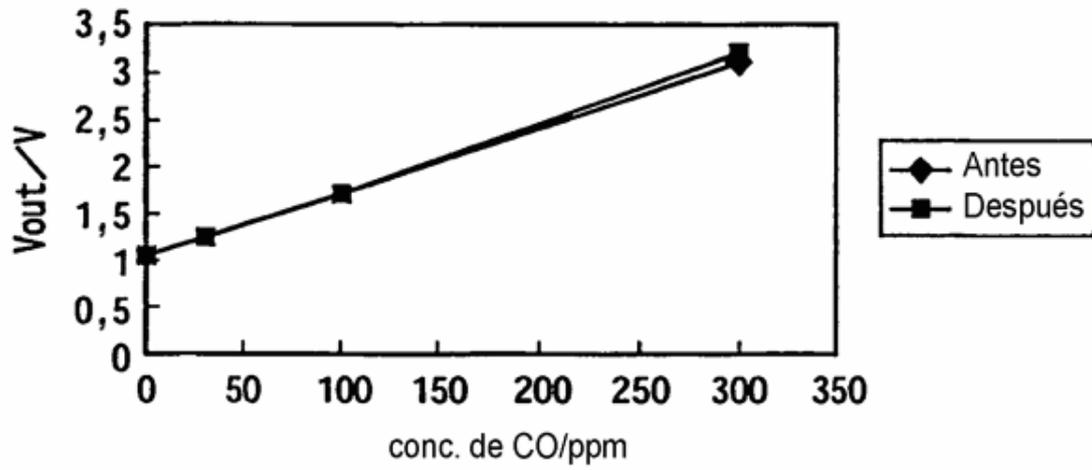


Fig. 7

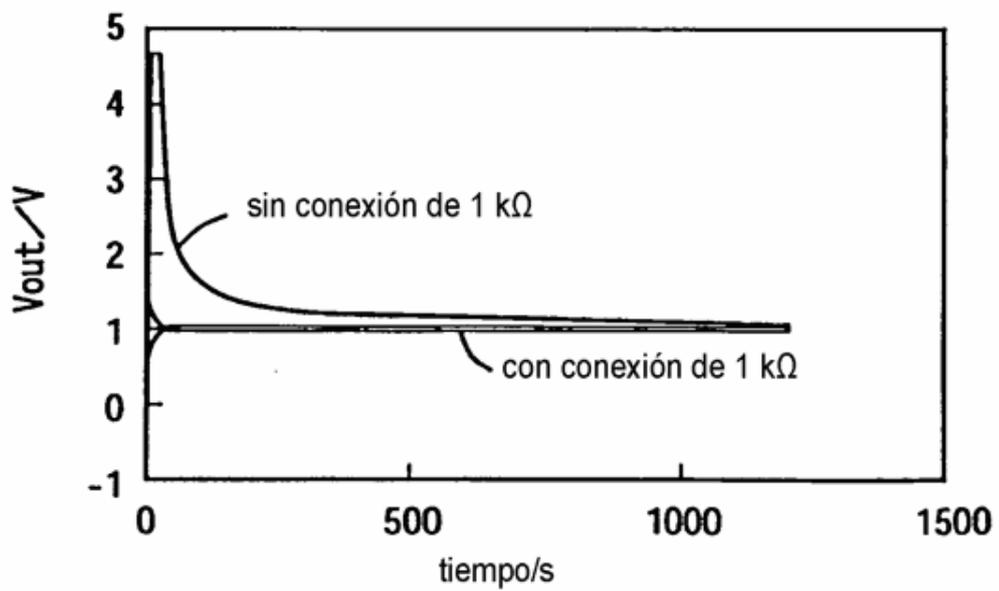


Fig. 8

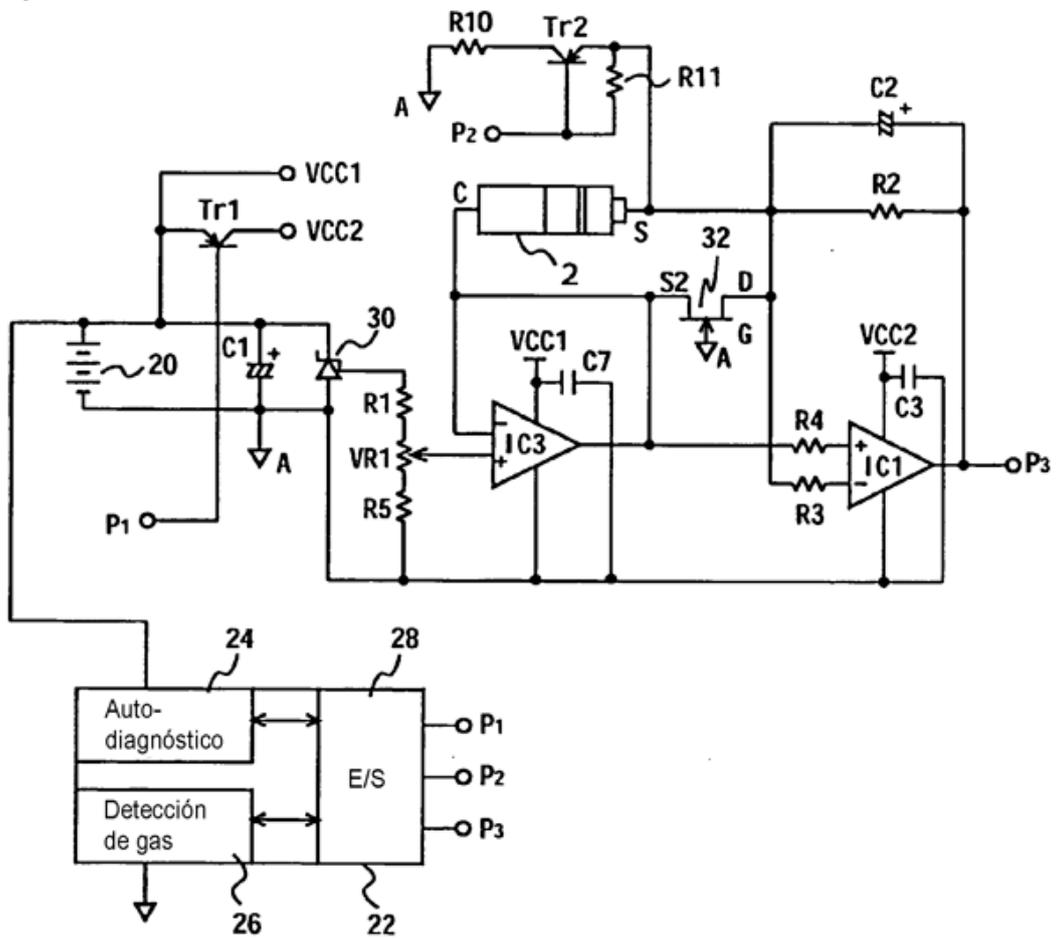


Fig. 9

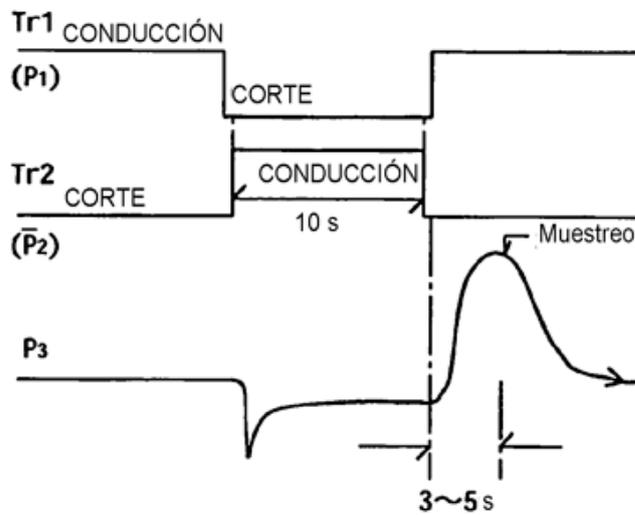


Fig. 10

