

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 573 942**

51 Int. Cl.:

G01F 1/69 (2006.01)

G01F 1/696 (2006.01)

G01F 1/698 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.05.2009 E 09776644 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.03.2016 EP 2299855**

54 Título: **Sistema sensor de flujo**

30 Prioridad:

08.07.2008 EP 08252328

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

13.06.2016

73 Titular/es:

**PHILIP MORRIS PRODUCTS S.A. (100.0%)
Quai Jeanrenaud 3
2000 Neuchâtel, CH**

72 Inventor/es:

FLICK, JEAN-MARC

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 573 942 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

Sistema sensor de flujo

5 La presente invención se refiere a un sistema sensor de flujo. Particularmente, pero no exclusivamente, la presente invención se refiere a un sistema sensor de flujo para un sistema generador de aerosol. La presente invención encuentra particular aplicación como un sistema sensor de flujo para un sistema para fumar, por ejemplo un sistema para fumar calentado eléctricamente.

10 Una serie de documentos de la técnica anterior, por ejemplo los documentos US-A-5 060 671, US-A-5 388 594, US-A-5 505 214, US-A-5 591 368, WO-A-2004/043175, EP-A-0 358 002, EP-A-0 295 122, EP-A-1 618 803, EP-A-1 736 065 y WO-A-2007/131449, describen sistemas para fumar operados eléctricamente, que tienen una serie de ventajas. Una ventaja es que reducen significativamente el humo de la corriente lateral, mientras que permiten que el fumador suspenda y reinicie la acción de fumar selectivamente.

15 Los sistemas generadores de aerosol de la técnica anterior pueden incluir un sustrato formador de aerosol, uno o más elementos de calentamiento para calentar el sustrato para formar el aerosol, y un suministro de energía para suministrar energía al uno o más elementos de calentamiento. Los sistemas generadores de aerosol de la técnica anterior pueden proporcionar un pulso de energía al calentador para proporcionar el intervalo de temperatura deseado para la operación y para liberar los compuestos volátiles para cada calada. Muchos de los sistemas generadores de aerosol de la técnica anterior incluyen un sensor de flujo para detectar el flujo de fluido (por ejemplo el flujo de aire o el flujo de aerosol) en el sistema generador de aerosol. El sensor puede tener un papel importante en administrar el suministro de aerosol. Cuando el sensor de flujo detecta el flujo de aire indicativo de la succión provocada por el usuario que toma una calada, un mecanismo de aerosolización, que puede incluir el elemento o los elementos de calentamiento, o cualquier tipo de atomizador, se activa para proporcionar el aerosol para esa calada. El sensor de flujo puede ser un sensor pasivo (es decir, mecánico) o un sensor activo.

25 Los sensores pasivos incluyen típicamente una membrana de desplazamiento y un contacto eléctrico. El flujo de aire creado por la succión del usuario desplaza la membrana de manera que toque el contacto eléctrico, que activa el mecanismo de aerosolización. A medida que el flujo de aire es lo suficientemente fuerte para mantener el desplazamiento de la membrana, el mecanismo de aerosolización permanecerá activado. Las ventajas de un sensor pasivo incluyen la simplicidad del diseño, el bajo costo consecuente, y el consumo de energía insignificante. Los sensores activos se basan a menudo en la pérdida de calor como un resultado del flujo de fluido. Este tipo de sensor activo se refiere a menudo a un anemómetro termal. El sensor comprende un resistor que se calienta a una temperatura alta. Cuando el flujo enfría el resistor, la consecuente disminución en la temperatura para una energía dada, o el aumento en la energía para mantener una temperatura dada, indica la velocidad del flujo de aire. El resistor es típicamente un resistor a base de sistemas micro-electro-mecánicos de silicón (MEMS). Las ventajas de un sensor activo incluyen el hecho de que la pérdida de calor es proporcional a la velocidad del flujo para que el sensor pueda usarse para proporcionar información sobre las características de la calada. Adicionalmente, el sensor no se afecta tanto por choques mecánicos durante la transportación y la manipulación.

40 Adicionalmente, los sistemas sensores tales como el descrito en el documento WO 99/20132 describen un sistema para fumar eléctrico que incluye un cigarrillo y un encendedor asociado configurado para detectar cuando el cigarrillo está dentro de una cavidad del encendedor. El sistema de detección opera en dos modos para conservar la energía de la batería. El primer modo tiene una primera frecuencia, baja, y el segundo modo tiene una segunda frecuencia, más elevada. El sistema de detección cambia entre los dos modos de operación en dependencia del cigarrillo que está dentro de la cavidad.

Debido a que el sensor de flujo, y otros tipos de sensores proporcionados en los sistemas generadores de aerosol de la técnica anterior, que incluye los descritos anteriormente, sí tienen numerosas desventajas, es un objetivo de la invención proporcionar un sistema sensor de flujo mejorado, adecuado para un sistema generador de aerosol.

45 De conformidad con un primer aspecto de la invención, se proporciona un sistema sensor de flujo para detectar el flujo de fluido indicativo de una calada en un sistema generador de aerosol, el sistema sensor que se dispone para operar en un primer modo, en el cual no se espera o detecta ninguna calada, y en un segundo modo, en el cual se espera o detecta una calada, y que comprende: un circuito de detección que comprende un resistor de detección y una salida de tensión, el resistor de detección que se dispone para detectar el flujo de fluido basado en un cambio en la resistencia, el circuito de detección que se dispone de manera que el cambio en la resistencia del resistor de detección provoque un cambio en la salida de tensión; y un generador de señal dispuesto para suministrar una señal de accionamiento pulsada S1 al circuito de detección para energizar el circuito de detección, de manera que el circuito de detección se energiza cuando la señal de accionamiento pulsada S1 es alta y no se energiza cuando la señal de accionamiento pulsada S1 es baja, en donde la señal de accionamiento pulsada S1 tiene una primera frecuencia f1 en el primer modo, y una segunda frecuencia f2, mayor que la primera frecuencia f1 en el segundo modo.

- Debido a que el sistema sensor incluye un resistor de detección incorporado dentro de un circuito de detección, que tiene una tensión de salida que es una tensión de diferencia, la sensibilidad es alta y pueden detectarse pequeños cambios en el flujo. El uso de una señal de accionamiento pulsada S1 implica que el circuito de detección no se energiza constantemente, pero solamente se energiza siempre que la señal de accionamiento pulsada S1 sea alta, es decir, cuando la señal de onda cuadrada S1 es 1, en lugar de 0. Esto reduce significativamente el consumo de energía. El sistema sensor puede estar constantemente activo, lo que implica que no se necesite un interruptor encendido/apagado separado. Las frecuencias f1 y f2 pueden elegirse para proporcionar sensibilidad adecuada y consumo de energía. El sistema sensor puede usarse para obtener información cualitativa y cuantitativa de una calada.
- El generador de señal para suministrar una señal de accionamiento pulsada comprende preferentemente un microcontrolador, la señal pulsada que se proporciona sobre una salida del microcontrolador. Si el generador de señal comprende un microcontrolador, preferentemente el microcontrolador se programa para controlar los valores de f1 y f2. En otras modalidades, el generador de señal para suministrar una señal de accionamiento pulsada puede ser cualquier tipo de circuito electrónico programable.
- Preferentemente, el sistema sensor de flujo comprende además una fuente de corriente dispuesta para suministrar una corriente de valor predeterminado a través del circuito de detección, en donde la señal de accionamiento pulsada S1 se suministra a la fuente de corriente. La fuente de corriente de valor predeterminado permite que el resistor de detección en el circuito de detección se use a una corriente constante, lo que proporciona el método de operación que tiene el consumo de energía más bajo. Debido a que la fuente de corriente se energiza por medio de la señal de accionamiento pulsada S1, la fuente de corriente no se energiza constantemente, sino que solamente se energiza siempre que la señal de accionamiento pulsada sea alta, lo que reduce además el consumo de energía. La fuente de corriente reduce la no linealidad de la dependencia de la salida de tensión del circuito de detección en la resistencia del resistor de detección. En una modalidad preferida, la fuente de corriente es una fuente de corriente que se compensa con la temperatura. Esto es ventajoso debido a que elimina cualquier cambio en la salida de tensión del circuito de detección, si cambia la temperatura ambiente. En una modalidad, la fuente de corriente comprende una fuente de tensión, dos transistores en una configuración espejo, y un resistor de entrada.
- Preferentemente, el sistema sensor de flujo comprende además un amplificador diferencial dispuesto para amplificar la salida de tensión del circuito de detección. Esto es ventajoso debido a que la salida del circuito de detección puede ser solamente unos pocos mV. El amplificador diferencial preferentemente tiene un bajo consumo de energía y una alta ganancia.
- Preferentemente, el amplificador diferencial puede deshabilitarse cuando la señal de accionamiento pulsada S1 es baja y puede habilitarse cuando la señal de accionamiento pulsada S1 es alta. Esto reduce además el consumo de energía. Preferentemente, la salida del amplificador diferencial es proporcional a la salida de tensión del circuito de detección dentro de un intervalo de valores de la salida de tensión del circuito de detección, y se satura cuando la salida de tensión del circuito de detección es menor o mayor que el intervalo. Es decir, cuando la salida de tensión del circuito de detección es menor que el intervalo, la salida del amplificador diferencial tiene un valor constante; cuando la salida de tensión del circuito de detección es mayor que el intervalo, la salida del amplificador diferencial tiene un valor constante; y cuando la salida de tensión del circuito de detección está dentro del intervalo, existe una relación lineal entre la salida del circuito de detección y la salida del amplificador diferencial.
- Preferentemente, el sistema sensor opera en el segundo modo por un período de tiempo predeterminado después que se ha detectado un cambio en la salida de tensión del circuito de detección indicativo de una calada, y opera en el primer modo el resto del tiempo. De este modo, cuando se detecta una calada, o en cualquier otro momento, la señal de accionamiento pulsada S1 cambia de la primera frecuencia f1 a la segunda frecuencia más alta f2. Esto implica que el tiempo máximo para la calada, cuando el sensor opera en el primer modo, es de $\frac{1}{f_1}$ segundos. f1 puede elegirse para proporcionar un balance adecuado entre consumo de energía y sensibilidad en el primer modo. Si se detecta una calada mientras el sensor opera en el segundo modo, el tiempo máximo para la calada es de $\frac{1}{f_2}$ segundos. f2 puede elegirse para proporcionar un balance adecuado entre consumo de energía y sensibilidad en el segundo modo. En una modalidad, la primera frecuencia f1 es 3 Hz y la segunda frecuencia f2 es 22 Hz.
- Preferentemente, el período de tiempo predeterminado, en el que el sensor opera en el segundo modo, después de la detección de una calada, es igual al tiempo principal entre caladas para un usuario particular. Adicionalmente, el tiempo predeterminado puede ser adaptable, de manera que este se ajuste continuamente basado en un promedio en marcha de los tiempos previos entre caladas. Alternativamente, el período de tiempo predeterminado puede tener un valor fijo.

- 5 Si el medio para suministrar la señal de accionamiento pulsada S_1 comprende un microcontrolador, preferentemente, se proporciona la salida de tensión del circuito de detección hacia una entrada del microcontrolador. Esto puede ser por medio del amplificador diferencial. Entonces, en una modalidad, cuando la entrada al microcontrolador indica que se ha detectado una calada, el microcontrolador puede cambiar la señal de accionamiento pulsada S_1 en su salida, desde la primera frecuencia f_1 hacia la segunda frecuencia f_2 .
- 10 Preferentemente, se suministra una señal S_2 para otros componentes en el sistema generador de aerosol, la señal S_2 que es alta cuando la salida de tensión del circuito de detección indica que se ha detectado una calada, y la señal S_2 que es baja cuando la salida de tensión del circuito de detección indica que no se ha detectado una calada. Si el medio para suministrar la señal de accionamiento pulsada S_1 comprende un microcontrolador, preferentemente la señal S_2 se proporciona sobre una salida adicional del microcontrolador. Preferentemente, la salida de tensión del circuito de detección se proporciona a una entrada del microcontrolador. Entonces, cuando la entrada al microcontrolador indica que se ha detectado una calada, el microcontrolador se dispone para emitir una señal alta S_2 , y cuando la entrada al microcontrolador indica que no se ha detectado una calada, el microcontrolador se dispone para emitir una señal baja S_2 . Los otros componentes en el sistema generador de aerosol pueden incluir, pero sin limitarse a, un mecanismo de aerosolización (que puede ser un mecanismo de vaporización, una máquina de vaporización, un mecanismo de atomización o una máquina de atomización), un atomizador, un elemento de calentamiento, y un indicador de calada.
- 15 El sistema sensor de flujo puede comprender además medios para ajustar la sensibilidad del sistema sensor, el medio para ajustar la sensibilidad que comprende uno o más de: un resistor variable en el circuito de detección; un circuito autoajutable; y un generador de señal para suministrar una señal de calibración pulsada S_C al circuito de detección.
- 20 El resistor variable puede ajustarse para cambiar la sensibilidad del sistema sensor. Preferentemente, el resistor de detección tiene un intervalo de resistencia de operación (el intervalo que tiene una magnitud fija) y el ajuste del resistor variable cambia la posición del intervalo de resistencia de operación del resistor de detección, es decir, el punto bajo del intervalo de la resistencia de operación. Esto, en cambio afecta la salida de tensión del circuito de detección en la ausencia de una calada, que afecta la sensibilidad del sistema. En una modalidad preferida, el resistor variable se ajusta de manera que el intervalo de resistencia de operación del resistor de detección tenga un punto bajo en cero o justo por debajo de cero. Esto proporciona la mejor sensibilidad.
- 25 El circuito de compensación autoajutable puede usarse para cambiar la sensibilidad del sistema sensor. El circuito de compensación puede formarse al conectar una salida del microcontrolador a la entrada no invertida del amplificador diferencial y al conectar la salida del amplificador diferencial a una entrada del microcontrolador. El microcontrolador puede monitorear la salida del amplificador diferencial V_{OUT} y suministrar una tensión a la entrada de no inversión hasta que $V_{OUT} = 0$.
- 30 La señal de calibración pulsada S_C se usa para ajustar la sensibilidad del sistema sensor. Preferentemente, en cada pulso de la señal de calibración S_C , se ajusta el ancho de cada pulso de la señal de accionamiento pulsada S_1 . Este ajuste se dispone preferentemente para cambiar la proporción de cada pulso de señal S_1 durante el cual puede detectarse un cambio en la salida de tensión del circuito de detección indicativo de una calada. La señal de calibración pulsada S_C puede disponerse para tener un pulso cada x -ésimo pulso de la señal de accionamiento pulsada S_1 , que opera ya sea en la primera frecuencia o en la segunda frecuencia. x es cualquier valor adecuado, por ejemplo 1000. Alternativamente, la señal de calibración pulsada S_C puede disponerse para tener un pulso siempre que la señal de accionamiento pulsada S_1 cambie de la primera frecuencia a la segunda frecuencia, o en otros tiempos apropiados. Si el medio para suministrar la señal de accionamiento pulsada S_1 comprende un microcontrolador, preferentemente la señal de calibración pulsada S_C se proporciona sobre una salida del microcontrolador.
- 35 El resistor de detección puede ser un resistor de silicón a base de MEMS. En otra modalidad, el resistor de detección puede formar parte de un sensor de silicón a base de MEMS. El sensor puede comprender además un resistor de referencia.
- 40 El circuito de detección puede comprender un puente Wheatstone que tiene una primera extremidad y una segunda extremidad y en donde la salida de tensión es la diferencia entre una tensión a través de la primera extremidad y una tensión a través de la segunda extremidad.
- 45 De conformidad con un segundo aspecto de la invención, se proporciona un sistema generador de aerosol para recibir un sustrato formador de aerosol, el sistema que incluye un sistema sensor de flujo para detectar el flujo de fluido en el sistema generador de aerosol indicativo de una calada, el sistema sensor de flujo de conformidad con el primer aspecto de la invención.
- 50 El sistema generador de aerosol puede ser un sistema generador de aerosol calentado eléctricamente. El sistema generador de aerosol puede ser un sistema para fumar. Preferentemente, el sistema es portátil. Preferentemente,
- 55

el sistema comprende un alojamiento para recibir el sustrato formador de aerosol y se diseña para que pueda agarrarse por un usuario.

5 El sustrato formador de aerosol puede comprender un material que contiene tabaco, que comprende compuestos volátiles con sabor a tabaco que se liberan del sustrato al calentarse. El sustrato formador de aerosol puede comprender además un formador de aerosol. El sustrato formador de aerosol puede ser un sustrato sólido, un sustrato líquido, un sustrato gaseoso, o una combinación de dos o más de un sólido, un líquido y un gas.

10 Si el sustrato formador de aerosol es un sustrato líquido, el sistema generador de aerosol puede comprender un mecanismo de aerosolización en contacto con la fuente de sustrato líquido. El mecanismo de aerosolización puede comprender al menos un elemento de calentamiento para calentar el sustrato para formar el aerosol; en donde el elemento de calentamiento puede activarse cuando el sistema generador de aerosol detecta el flujo de fluido indicativo de una calada. Alternativamente, el elemento de calentamiento puede separarse del mecanismo de aerosolización pero en comunicación con este. Al menos un elemento de calentamiento puede comprender un único elemento de calentamiento o más de un elemento de calentamiento. El elemento o los elementos de calentamiento pueden tomar cualquier forma adecuada para calentar el sustrato formador de aerosol de manera más efectiva. El elemento de calentamiento preferentemente comprende un material eléctricamente resistivo.

15 El mecanismo de aerosolización puede incluir uno o más elementos electromecánicos tales como elementos piezoeléctricos. El mecanismo de aerosolización puede incluir elementos que usan efectos electrostáticos, electromagnéticos o neumáticos. El sistema generador de aerosol puede comprender una cámara de condensación.

20 Durante la operación, el sustrato puede contenerse completamente dentro del sistema generador de aerosol. En ese caso, un usuario puede tomar una calada de una boquilla del sistema generador de aerosol. Alternativamente, durante la operación, el sustrato puede contenerse parcialmente dentro del sistema generador de aerosol. En ese caso, el sustrato puede formar parte de un artículo separado y el usuario puede tomar una calada directamente en el artículo separado.

25 El sistema generador de aerosol puede comprender a suministro de energía. El suministro de energía puede ser una batería de iones de litio o una de sus variantes por ejemplo, una batería de polímero de iones de litio, o una batería de hidruro de níquel metálico, una batería de níquel cadmio, un supercapacitor, o una celda de combustible. En una modalidad alternativa, el sistema generador de aerosol puede comprender circuitos que se cargan mediante una porción de carga externa y se disponen para proporcionar energía a un número predeterminado de caladas.

30 De conformidad con un tercer aspecto de la invención, se proporciona un método para accionar un sistema sensor de flujo para detectar el flujo de fluido indicativo de una calada en un sistema generador de aerosol, el sistema sensor que se dispone para operar en un primer modo, en el que no se espera o detecta ninguna calada, y en un segundo modo, en el que se espera o detecta una calada, el método que comprende las etapas de: suministrar una señal de accionamiento pulsada S_1 a un circuito de detección para energizar el circuito de detección, de manera que el circuito de detección se energiza cuando la señal de accionamiento pulsada S_1 es alta y no se energiza cuando la señal de accionamiento pulsada S_1 es baja, el circuito de detección que incluye un resistor de detección y una salida de tensión, el resistor de detección que se dispone para detectar el flujo de fluido basado en un cambio en la resistencia del resistor de detección, el circuito de detección que se dispone de manera que el cambio en la resistencia del resistor de detección provoca un cambio en la salida de tensión; y cambiar el sistema sensor entre el primer y segundo modos de operación, en donde la señal de accionamiento pulsada S_1 tiene una primera frecuencia f_1 , en el primer modo, y tiene una segunda frecuencia f_2 , mayor que la primera frecuencia f_1 , en el segundo modo.

Accionar el sistema sensor de flujo con una señal de accionamiento pulsada S_1 implica que el circuito de detección no se energiza continuamente, sino que solamente se energiza cuando S_1 es alta. Esto reduce significativamente el consumo de energía mientras que f_1 y f_2 puedan elegirse para una sensibilidad adecuada.

45 En una modalidad, la etapa de cambiar el sistema sensor entre el primer y segundo modos de operación comprende cambiar el sistema sensor del primer modo en donde la señal de accionamiento pulsada S_1 tiene una primera frecuencia f_1 al segundo modo en donde la señal de accionamiento pulsada S_1 tiene una segunda frecuencia f_2 , cuando se detecta una calada. La calada se detecta mediante un cambio en la salida de tensión del circuito de detección. Adicional o alternativamente, la etapa de cambiar el sistema sensor entre el primer y segundo modos de operación comprende cambiar el sistema sensor del primer modo en donde la señal de accionamiento pulsada S_1 tiene una primera frecuencia f_1 al segundo modo en donde la señal de accionamiento pulsada S_1 tiene una segunda frecuencia f_2 , cuando se espera una calada, basado en los hábitos del usuario. El tiempo durante el que se espera una calada puede predecirse basado en los hábitos del usuario. Por ejemplo, el sistema sensor puede cambiarse del primer modo al segundo modo, uno o más de: un período predeterminado de tiempo después de la calada anterior y un momento del día predeterminado. El período de tiempo predeterminado puede ser el tiempo principal entre caladas para el usuario, y esto puede adaptarse de manera que se ajuste continuamente basado en un promedio en
50
55
marcha del tiempo entre caladas. Alternativamente, el período de tiempo predeterminado puede tener un valor fijo.

Esto es ventajoso debido a que, si el sistema sensor opera en el segundo modo antes de una calada, el tiempo de respuesta será mucho más corto.

5 Preferentemente, el método comprende suministrar la señal de accionamiento pulsada S_1 en la segunda frecuencia f_2 para un período de tiempo predeterminado después que se ha detectado un cambio en la salida de tensión del circuito de detección indicativo de una calada, y suministrar la señal de accionamiento pulsada S_1 en la primera frecuencia f_1 en todos los otros tiempos.

10 Preferentemente, el método comprende además la etapa de suministrar una señal S_2 a otros componentes en el sistema generador de aerosol, la señal S_2 que es alta cuando la salida de tensión del circuito de detección indica que se ha detectado una calada, y la señal S_2 que es baja cuando la salida de tensión del circuito de detección indica que no se ha detectado una calada. La señal S_2 puede usarse para activar uno o más de: un mecanismo de aerosolización, un atomizador, un elemento de calentamiento y un indicador de calada.

15 El método puede comprender además la etapa de ajustar la sensibilidad del sistema sensor, que comprende una o más de: ajustar periódicamente la resistencia de un resistor variable en el circuito de detección; proporcionar un circuito de compensación que se autoajusta; y suministrar una señal de calibración pulsada S_C al circuito de detección.

El método puede comprender además la etapa de suministrar un aerosol a un usuario en dependencia de las características de una calada detectada por el circuito de detección. Las características descritas con relación a un aspecto de la invención también pueden aplicarse a otro aspecto de la invención.

20 La invención se describirá ahora adicionalmente, a manera de ejemplo solamente, con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

La Figura 1 muestra una modalidad ilustrativa de un sistema sensor de conformidad con la invención;

La Figura 2a muestra la señal GP2 de la Figura 1;

La Figura 2b muestra la señal V_{OUT} de la Figura 1 en la ausencia de una calada;

La Figura 2c muestra la señal V_{OUT} de la Figura 1 cuando se detecta una calada;

25 La Figura 3 muestra un arreglo alternativo para el circuito de detección de la Figura 1, en la forma de un puente Wheatstone;

La Figura 4 muestra cómo puede establecerse el punto de ajuste de relajación; y

La Figura 5 muestra un método de operación del sistema sensor de la Figura 1.

30 Un sensor adecuado para usar en el sistema sensor de la presente invención puede comprender un sustrato de silicona, una membrana de nitrato de silicona sobre el sustrato, y dos elementos de calentamiento de platino sobre la membrana. Los dos elementos de calentamiento son resistores, uno que actúa de manera simultánea como un accionador y como un sensor, el otro como referencia. Tal sensor es ventajoso ya que proporciona una respuesta del sensor rápida. Otros sensores adecuados pudieran usarse, por supuesto. Durante la operación, existe un cambio en la resistencia del resistor de detección debido al enfriamiento por un flujo de fluido adyacente. Este cambio en la
35 resistencia se debe a las pérdidas térmicas.

40 El resistor de detección puede usarse a una temperatura constante, en cuyo caso se mide la energía de calentamiento requerida aumentada y proporciona una indicación del flujo de fluido. Alternativamente, el resistor de detección puede usarse a una energía de calentamiento constante, en cuyo caso la temperatura disminuida proporciona la indicación del flujo de fluido. Alternativamente, el resistor de detección puede usarse con una corriente constante, como se describirá más abajo, con referencia a las Figuras 1 y 3, en cuyo caso el cambio en el equilibrio de un circuito de detección proporciona la indicación del flujo de fluido.

45 La Figura 1 muestra una modalidad ilustrativa de un sistema sensor de conformidad con la invención. El sistema sensor 101 de la Figura 1 incluye un circuito de detección 103, una fuente de corriente de valor predeterminado en la forma de un espejo de corriente 105, un amplificador diferencial 107, y un generador de señal para suministrar una señal de accionamiento pulsada S_1 en la forma de un microcontrolador 109 y un transistor de accionamiento 111.

50 El sistema sensor 101 de la Figura 1 incluye un circuito de detección 103. El circuito de detección 103 incluye resistores R_1 , R_4 y un resistor variable R_V en la rama izquierda y resistores R_2 , R_3 y el resistor de detección R_S en la rama derecha. El resistor de detección R_S es el resistor de detección de un sensor como el que se describió anteriormente, o de otro tipo de sensor adecuado. R_V es una resistencia ajustable y puede usarse para establecer el punto de ajuste de relajación (por ejemplo, cuando no existe flujo de aire en el sistema), como se discutirá además

más abajo. Alternativamente, un circuito de compensación que se autoajusta puede usarse para establecer el punto de ajuste de relajación. En esta modalidad, puede conectarse una salida del microcontrolador a la entrada no invertida del amplificador diferencial (no se muestra en la Figura 1) y la V_{OUT} del amplificador diferencial puede conectarse a una entrada del microcontrolador. El microcontrolador puede usarse para monitorear la salida del amplificador diferencial V_{OUT} e inyectar una tensión en la entrada de no inversión del amplificador diferencial hasta que $V_{OUT} = 0$.

La tensión medida V_{DIFF} es una medida de diferencia (en este caso ilustrativo, la diferencia entre V_2 en la rama derecha B y V_1 en la rama izquierda A). Cuando el circuito de detección 103 está en equilibrio, la relación de resistencias en la rama izquierda, $\frac{R_1}{R_v + R_4}$ es igual a la relación de resistencias en la rama derecha, $\frac{R_3 + R_s}{R_2}$ lo

que resulta en $V_{DIFF} = V_2 - V_1$ que es igual a cero. Apenas R_s se enfría por el flujo de fluido, existe un cambio en la resistencia de R_s , lo que resulta en un cambio en la tensión de la rama derecha B y un valor diferente de cero V_{DIFF} .

Puede mostrarse fácilmente que, para el circuito de detección 103 de la Figura 1:

$$V_{DIFF} = V_2 - V_1 = V_S \left(\frac{R_2}{R_s + R_3 + R_2} - \frac{R_v + R_4}{R_v + R_4 + R_1} \right) \quad (1)$$

si $R_v + R_4 = R_1$ y $R_s + R_3 = R_2$ entonces

$$V_{DIFF} = V_2 - V_1 = V_S \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \right) = 0$$

La medición de la diferencia V_{DIFF} , proporciona una indicación del flujo de fluido que provoca un cambio en la resistencia de R_s . Debido a que V_{DIFF} es una medición de la diferencia, pueden tomarse mediciones muy precisas, aún para un cambio pequeño en el flujo de fluido y por tanto de la resistencia. La configuración permite que se registre la información, tal como el volumen y la intensidad de la calada. Se nota, a partir de la Ecuación (1), que V_{DIFF} no es linealmente dependiente de la resistencia de detección R_s .

En la modalidad de la Figura 1, la fuente de corriente de valor predeterminado tiene la forma de un espejo de corriente 105, que comprende dos transistores T_1 y T_2 en una configuración de espejo, más un resistor R_{REF} . La corriente I_M a T_2 debe ser igual a I_{REF} a T_1 (que es también la corriente que pasa a través del circuito de detección 103). Y:

$$V_S = R_{REF} I_{REF} + V_{BE}$$

Por lo tanto:

$$I_M = I_{REF} = \frac{V_0 - V_{BE}}{R_{REF}} \quad (2)$$

La no linealidad en el circuito de detección (ver Ecuaciones (1) y (2) anteriores) se compensa mediante el espejo de corriente. Esto es ventajoso debido a que, en un sistema que se compensa de esta manera para que no sea lineal, la no linealidad resulta ser dos veces menor que la no linealidad en un sistema compensado por una variación de tensión. De este modo, el espejo de corriente 105 en la modalidad de la Figura 1 reduce la no linealidad del sistema.

El espejo de corriente 105 puede tener cualquier configuración adecuada. El espejo de corriente puede colocarse sobre el lado de alta tensión del circuito de detección 103 en lugar de entre el circuito de detección y tierra como se muestra en la Figura 1. Cualquier tipo de transistor adecuado pudiera usarse para T_1 y T_2 , que incluye transistores PNP, transistores NPN y transistores CMOS. También son posibles arreglos alternativos para la fuente de corriente. El sistema sensor debe operar correctamente en un intervalo de temperatura razonable, y el espejo de corriente 105 se compensa para cualquier cambio de temperatura. También están disponibles otras fuentes de corriente que se compensan con la temperatura. Si la temperatura externa cambia, la tensión de salida del circuito de detección, V_{DIFF} , se afectará lo que puede ocasionar la operación o mediciones imprecisas. T_1 y T_2 deberían tener las mismas

características eléctricas y colocarse juntas y en un empaque similar para minimizar cualquier diferencia de temperatura entre ellos.

5 Con referencia al arreglo particular del espejo de corriente 105, de un lado, si existe una diferencia de temperatura entre T_1 y T_2 , debido a que los dos transistores tienen el mismo potencial a lo largo de sus uniones de emisión base (V_{BE}), V_{BE} se mantiene constante. Esto implica que, si los dos transistores están a temperaturas diferentes, la corriente a través de T_1 es diferente de la corriente a través de T_2 , de manera que mantenga V_{BE} . Por otro lado, si la temperatura externa cambia como para afectar igualmente a T_1 y T_2 , la corriente a través de ambos transistores cambia igualmente para mantener V_{BE} constante.

10 El sistema sensor 101 también incluye un amplificador diferencial 107 en la salida del circuito de detección 103, para amplificar la tensión de salida V_{DIFF} , que es típicamente de sólo unos pocos milivolts. En la Figura 1, se usa un amplificador AD623, hecho por Analog Devices, Inc de Massachusetts, EE. UU. Tal amplificador usa menos de 0.5 mA y tiene una ganancia superior a 1000. Sin embargo, cualquier amplificador diferencial adecuado pudiera sustituirse. El amplificador 107 se conecta a un suministro de tensión V_S , y la ganancia del amplificador se ajusta mediante el resistor R_G , de conformidad con:

$$15 \quad V_{OUT} = \left\{ 1 + \frac{100000}{R_G} \right\} V_{DIFF} \quad (3)$$

Así, para una ganancia de ≈ 1000 , R_G se ajusta en 100Ω .

20 La ecuación (3) se aplica solamente a lo largo de un intervalo particular de V_{DIFF} . A cada lado de este intervalo, el amplificador se saturará. En un ejemplo, si $V_{DIFF} = 0$ V, $V_{OUT} = 1.5$ V. Si $V_{DIFF} < -1.5$ mV, V_{OUT} se satura a 0 V. Si $V_{DIFF} > +1.5$ mV, V_{OUT} se satura a 3 V. Dentro del intervalo -1.5 mV $< V_{DIFF} < +1.5$ mV, la Ecuación (3) se aplica, es decir, la relación es lineal con un gradiente igual a la ganancia, que es alrededor de 1000, si R_G se ajusta a 100Ω .

25 El sistema sensor 101 también incluye un microcontrolador 109 y un transistor de accionamiento 111. En una modalidad, el microcontrolador tiene entrada GP0 y salidas GP2 y GP4. El circuito de detección 103 y el espejo de corriente 105 son los mayores consumidores de energía en la Figura 1. Para reducir el consumo de energía, el circuito de detección 103 y el espejo de corriente 105 no se energizan continuamente, sino que más bien se accionan mediante una señal de accionamiento pulsada S_1 del microcontrolador 109. La corriente pulsada I_{REF} se suministra al espejo de corriente 105 y al circuito de detección 103 de acuerdo con la señal S_1 en la salida GP2 del microcontrolador 109, por medio del transistor de accionamiento 111. El transistor de accionamiento 111 se comporta como un interruptor, y conduce cuando la señal GP2 es alta. La amplitud y la frecuencia del pulso se controlan mediante el microcontrolador 109. En esta modalidad, la salida V_{OUT} se conecta a la entrada GP0 del microcontrolador para digitalizar la salida del amplificador diferencial. Se observa la salida GP0 y en consecuencia pueden ajustarse la amplitud y la frecuencia de la señal pulsada en GP2. En la modalidad de la Figura 1, el microcontrolador 109 es un microcontrolador de 8 bits de tipo CMOS de la serie PIC12f675 basado en Flash hecho por Microchip Technology, Inc de Arizona, EE. UU. El microcontrolador tiene un puerto de suministro, un puerto de tierra y seis puertos de Entrada/Salida (I/O) GP0 al GP5, que incluye cuatro puertos para la conversión de Analógico a Digital. Este puede funcionar a 3 V. Por supuesto, pudiera usarse cualquier microcontrolador adecuado.

30 La Figura 2a muestra un pulso de la señal de onda cuadrada en la salida GP2 del microcontrolador (señal S_1). La Figura 2b muestra cómo la señal GP2 afecta la señal en V_{OUT} en la ausencia de una calada. La Figura 2a muestra la tensión contra el tiempo para GP2. La Figura 2b muestra la tensión contra el tiempo para V_{OUT} . Los gráficos de las Figuras 2a y 2b no están en escala. Cada pulso de la señal en GP2 en la Figura 2a se divide en tres fases marcadas como f, g y h en la Figura 2a. Estas fases se discutirán más abajo. La señal en V_{OUT} en la Figura 2b se divide en cinco fases, marcadas como a, b, c, d y e en la Figura 2b.

35 En la fase a, la señal GP2 es 0 V. Esto es antes de un pulso. Por lo tanto, no se suministra corriente al circuito de detección 103. El resistor de detección R_S no tiene corriente que fluye a través de él, por lo que está a la temperatura ambiente. La salida del circuito de detección 103, V_{DIFF} es 0 V la cual produce una salida V_{OUT} de 1.5 V, como se discutió anteriormente.

40 En la fase b, la señal GP2 es 3 V. La corriente se suministra ahora al circuito de detección 103 lo que implica que la temperatura de R_S comienza a aumentar. La salida V_{DIFF} del circuito de detección 103 aumenta a más de 1.5 mV, lo que implica que la salida del amplificador V_{OUT} se satura a 3 V.

45 En la fase c, la temperatura de R_S continúa en aumento y esto comienza a disminuir la salida del circuito de detección 103. V_{DIFF} cae por debajo del nivel de saturación de 1.5 mV de manera que se obtiene una respuesta lineal desde la salida del amplificador V_{OUT} . Así, V_{OUT} cae linealmente con V_{DIFF} a medida que se eleva la temperatura de R_S .

En la fase d, la temperatura de R_S se ha elevado lo suficiente tal que V_{DIFF} es menor que -1.5 mV y la salida del amplificador V_{OUT} se satura de nuevo, esta vez a 0V.

5 En la fase e, el pulso en GP2 ha terminado y así la tensión GP2 está de nuevo en 0 V. La corriente no se suministra más al circuito de detección 103, lo que implica que la salida V_{DIFF} es 0 V lo que produce una salida V_{OUT} de 1.5 V, tal como en la fase a. R_S disminuye en temperatura por adelantado al próximo pulso.

10 En este sistema, puede detectarse una calada durante la fase c de V_{OUT} , es decir, durante la respuesta lineal del amplificador diferencial. En un arreglo convencional, el circuito de detección 103 se ajusta de manera que su equilibrio $V_{DIFF} = 0$ se alcanza cuando la resistencia del calentador del sensor ha alcanzado una temperatura constante a un flujo igual a cero. Con una corriente constante, esto implica suministrar la corriente al sensor por un tiempo suficiente para que la resistencia del calentador del sensor alcance la temperatura de equilibrio. Esto implica un alto consumo de energía del sensor. En esta modalidad de la invención, el consumo de energía se reduce mediante el ajuste de pulsos de manera que la resistencia del calentador no es, o es solamente, capaz de alcanzar su temperatura de equilibrio.

15 La Figura 2c muestra la señal en V_{OUT} , cuando se detecta una calada. La Figura 2c muestra la tensión contra el tiempo para V_{OUT} . De nuevo, el gráfico de la Figura 2c no está en escala. Cuando se toma una calada, el flujo de fluido resultante provoca que la inclinación de V_{OUT} (fase c) se mueva hacia la derecha. La cantidad que varía la inclinación es proporcional a la velocidad del flujo. A medida que la inclinación varía hacia la derecha, esto al final proporciona a la señal V_{OUT} la misma forma que la señal de accionamiento de GP2 mostrada en la Figura 2a. Esto se muestra en la Figura 2c. La señal GP2 va a cero antes o al mismo tiempo que comienza la inclinación de la fase c. La calada se detecta justo antes del extremo del pulso GP2. Si la señal V_{OUT} se digitaliza (por medio de GP0), si su valor está por encima de un valor umbral, entonces se considera que se detectó una calada. Así, es importante que, sin ningún flujo de fluido y antes de la medición, V_{OUT} sea 0 V.

25 La Figura 3 muestra un arreglo alternativo para el circuito de detección 103, en la forma de un cuarto de la configuración del puente Wheatstone 303 que incluye el resistor de detección R_S . Los cuatro lados del puente Wheatstone incluyen resistores R_1 , R_V (en la extremidad izquierda A'), R_2 y $(R_3 + R_S)$ (en la extremidad derecha B') respectivamente. De nuevo, R_V es una resistencia ajustable y se usa para establecer el punto de ajuste del puente Wheatstone. El arreglo del puente es ventajoso debido a que permite pequeñas variaciones en la resistencia del sensor que se detecta. Adicionalmente, este arreglo reduce las variaciones provocadas por cambios en la temperatura ambiente.

30 La Figura 4 muestra cómo la resistencia variable R_V o un circuito de compensación que se autoajusta puede usarse para establecer el punto de ajuste de la relajación del circuito de detección 103 o puente Wheatstone 303 y ajusta la sensibilidad del sistema sensor. Como se describe con referencia a las fases b, c y d de la Figura 2b, la resistencia del sensor R_S se eleva cuando se energiza, a un valor determinado por la amplitud del pulso de la señal GP2 generada por el microcontrolador 109. R_V o el circuito de compensación que se autoajusta puede usarse para determinar a qué nivel tensión ocurre esta variación en R_S y esto se ilustra en la Figura 4.

35 El intervalo de valores que R_S puede tomar, con el cambio en la temperatura, se muestra en la Figura 4 en el intervalo 401. El impacto del ajuste R_V o el uso del circuito de compensación que se autoajusta es mover el intervalo 401 a lo largo de la línea diagonal, como indica la flecha 403. El punto de ajuste de relajación es el punto al cual se coloca la variación de la tensión de R_S . El movimiento del intervalo 401 de R_S a lo largo de la línea diagonal en la Figura 4 corresponde al movimiento de la inclinación de la fase c de V_{OUT} en la Figura 2b a la izquierda o la derecha. La mejor sensibilidad se logra cuando el intervalo 401 comienza en cero o por debajo de cero en la Figura 4, lo que corresponde a la inclinación V_{OUT} de la fase c que se coloca en o justo antes del extremo del pulso GP2 en la Figura 2b.

45 La Figura 5 muestra una modalidad del método de operación del arreglo de la Figura 1. El tercio superior de la Figura 5 muestra la tensión contra el tiempo para GP2 (señal S_1). El tercio del centro de la Figura 5 muestra la tensión contra el tiempo para V_{OUT} (que corresponde a GP0). El tercio inferior de la Figura 5 muestra la tensión contra el tiempo para la salida del microcontrolador V_{CTRL} (que corresponde a la señal S_2 en GP4). Los gráficos de la Figura 5 no están en escala. Como ya se discutió, para minimizar el consumo de energía, el circuito de detección 103 o puente Wheatstone 303 y el espejo de corriente 105 se energizan con una señal de accionamiento pulsada S_1 en GP2. En la Figura 2a se muestra un pulso cuadrado de GP2. El lado izquierdo de la Figura 5 muestra la señal que opera en un primer modo. El lado derecho de la Figura 5 muestra la señal que opera en un segundo modo.

50 El lado izquierdo de la Figura 5 muestra el método de operación cuando no se detecta una calada, y la señal opera en un primer modo. El pulso de frecuencia, mientras que la señal opera en un primer modo, en esta modalidad es de 3Hz, es decir, un pulso aproximadamente cada 330 ms. Esta frecuencia proporciona un buen compromiso entre la sensibilidad y el consumo de energía. La amplitud del pulso de GP2 es 12.1 ms en esta modalidad. En consecuencia, la tensión V_{OUT} tiene la forma mostrada en el lado izquierdo de la Figura 5. Se nota que cada pulso de V_{OUT} en la mitad inferior del lado izquierdo de la Figura 5 tiene la forma mostrada en la Figura 2b, pero la forma del

pulso se muestra solamente de manera esquemática en la Figura 5. En el lado izquierdo de la Figura 5, no se ha detectado ninguna calada así que la forma del pulso es como la que se muestra en la Figura 2b, en lugar de la que se muestra en la Figura 2c.

5 El lado derecho de la Figura 5 muestra el método de operación cuando se detecta una calada y la señal opera en un segundo modo. La calada se detecta en el momento 501. Como puede observarse en el tercio del centro del lado derecho de la Figura 5, la calada se detecta debido a que la porción inferior del pulso V_{OUT} (final de la inclinación de la fase c) tiene un valor más alto. Esto corresponde al flujo de fluido que mueve la inclinación en la fase c hacia la derecha, de manera que la inclinación se corta antes de alcanzar la fase d, mediante la señal GP2 que retorna a 0 V. Cuando se detecta una calada en el momento 501, la detección en la entrada GP0 cambia la señal S_2 de la salida GP4 de 0 a 1, de manera que V_{CTRL} se enciende, como se muestra en el tercio inferior del lado derecho de la Figura 5. La detección en la entrada GP0 también provoca un cambio en el pulso de la frecuencia de GP2 y el sistema comienza a operar en un segundo modo. Por supuesto, el cambio de la señal GP4 puede también usarse para controlar otros circuitos, por ejemplo un mecanismo de aerosolización, un atomizador, un elemento de calentamiento y un indicador de calada. Ahora, en esta modalidad, el pulso de frecuencia de GP2 en el segundo modo, es 22 Hz, es decir, un pulso aproximadamente cada 45 ms, como se muestra en el tercio superior del lado derecho de la Figura 5. Se nota que la amplitud del pulso permanece igual que en el primer modo, es decir, de 12.1 ms en esta modalidad. Se nota que la porción inferior de la señal V_{OUT} sigue la curva en líneas de puntos marcada 503. Esta curva es el perfil de la calada, ya que la cantidad de inclinación de la V_{OUT} que se mueve a la derecha es proporcional a la velocidad del flujo. A medida que la porción de la señal V_{OUT} aumenta, la velocidad del flujo aumenta desde cero a su valor máximo y, como la porción inferior de la señal V_{OUT} disminuye desde su valor máximo a cero, la velocidad del flujo disminuye desde el valor máximo a cero.

En esta modalidad, el sistema se ha calibrado propiamente; esto puede observarse en la curva 503, que se aproxima pero no excede el valor alto de V_{OUT} . Esto es equivalente al intervalo de R_S 401 en la Figura 4 que comienza en o justo por debajo de cero y la inclinación de la fase c de V_{OUT} que se coloca en o justo antes del extremo del pulso GP2. Esta calibración puede lograrse mediante la variación de R_V o del circuito de compensación, como se discutió anteriormente con referencia a la Figura 4, o mediante un método de calibración alternativo, que se discutirá más abajo.

En el tiempo 505, cuando de nuevo no se detecta ningún cambio en V_{OUT} , la salida V_{CTRL} retorna a 0 V. El pulso de GP2 permanece en la segunda frecuencia de 22 Hz por un período de tiempo predeterminado después que se detecta la calada en el tiempo 501 hasta el tiempo 507, cuando este retorna a la primera frecuencia de 3 Hz. Este período de tiempo 501 al 507 puede igualmente predeterminarse o basarse en los hábitos del usuario. Por ejemplo, el período de tiempo pudiera corresponder al período de tiempo principal entre dos caladas.

De este modo, durante el primer modo, cuando el pulso de la frecuencia GP2 es 3 Hz, en el peor de los casos, el tiempo de la primera calada es aproximadamente 330 ms. Si se toma una calada durante el segundo modo, cuando el pulso de la frecuencia GP2 es 22 Hz, el tiempo de respuesta máximo es mucho más rápido, y en el peor de los casos, el tiempo de una calada es aproximadamente 45 ms.

La señal V_{OUT} , que representa la calada, puede registrarse y puede usarse para determinar varios datos. Por ejemplo, el tiempo completo principal para una calada puede registrarse a partir de la señal V_{OUT} . Este es el tiempo 501 al 505 en la Figura 5. Además, la inclinación de la curva 503 puede usarse para calcular la fuerza o intensidad con la que el usuario aspira. Además, el volumen de la calada puede determinarse a partir del perfil de la calada 503 a lo largo del tiempo 501 al 505. Además, el tiempo principal entre caladas puede registrarse a partir de la señal V_{OUT} (aunque se nota que solamente se muestra una calada en la Figura 5, por simplicidad).

Esta información puede alimentarse dentro del microcontrolador, y esto permite una gran flexibilidad en la operación. Por ejemplo, a partir del tiempo entre caladas registrado, el microcontrolador puede adaptar el período de tiempo durante el cual GP2 permanece a la frecuencia alta (501 al 507) de acuerdo con los hábitos del usuario. Como un ejemplo adicional, el microcontrolador pudiera cambiar automáticamente desde el pulso de baja frecuencia de GP2 al pulso de alta frecuencia de GP2, en un tiempo cuando se espera la próxima calada, basado en los hábitos del usuario. Esto disminuirá el tiempo de respuesta, es decir, el tiempo para la calada. Como un ejemplo adicional, puede registrarse la fuerza con la cual el usuario aspira, y usarse para controlar el suministro de aerosol, por ejemplo, en el accionador, el mecanismo de aerosolización o el elemento de calentamiento, para satisfacer al usuario.

El método de operación mostrado en la Figura 5 puede implementarse mediante el software del microcontrolador. Primero, el software energiza e inicializa el microcontrolador. Luego, el software realiza una estabilización electrónica. Una vez que estos procesos se han completado, el microcontrolador puede usarse para generar pulsos sobre GP2 y leer la respuesta en V_{OUT} . Si V_{OUT} no es mayor que 0.1 V, no se detectó una calada, en cuyo caso la señal S_1 de GP2 se ajusta en un primer pulso de frecuencia, en este caso 3 Hz. El microcontrolador continúa la generación de pulsos con el primer pulso de frecuencia y lee la respuesta en V_{OUT} hasta que se detecta una calada.

- 5 Si V_{OUT} es mayor que 0.1 V, se detectó una calada, en cuyo caso se inicia un temporizador cuenta atrás. Esto corresponde al tiempo 501 en la Figura 5. La salida del microcontrolador V_{CTRL} hacia la GP4 (S_2) se ajusta en alta y la señal de GP2 se ajusta en un segundo pulso de frecuencia, en este caso 22 Hz. El microcontrolador genera pulsos en la segunda frecuencia en GP2 y lee las respuestas en V_{OUT} . Si V_{OUT} es mayor que 0.1 V, la calada aún se detecta, en cuyo caso el pulso de GP2 S_1 aún se pulsa en la segunda frecuencia y la salida del microcontrolador V_{CTRL} a la GP4 (S_2) permanece alta.
- 10 Si V_{OUT} no es mayor que 0.1 V, no se detecta más una calada. Esto corresponde al tiempo 505 en la Figura 5. En ese caso, V_{CTRL} se ajusta en baja. Entonces, si el temporizador cuenta atrás no está en cero, el período de tiempo durante el cual el pulso GP2 debería permanecer en la frecuencia alta aún no ha expirado, es decir el tiempo 507 en la Figura 5 aún no se ha alcanzado. En ese caso, la señal pulsada de GP2 S_1 permanece en la frecuencia alta.
- 15 Si el temporizador cuenta atrás es cero, el período de tiempo durante el cual el pulso de GP2 debería permanecer en la frecuencia alta ha expirado, es decir, se ha alcanzado el tiempo 507 en la Figura 5. En ese caso, la señal pulsada de GP2 S_1 retorna a la primera baja frecuencia.
- 20 Como se discutió anteriormente, la sensibilidad del sistema puede establecerse mediante el ajuste de R_V o la inyección de tensión hacia la entrada de no inversión del amplificador diferencial hasta que la salida del amplificador V_{OUT} sea 0 V. Otra vía es utilizar una señal de calibración S_C . Un pulso sobre la señal de calibración S_C puede generarse periódicamente, por ejemplo cada x pulsos (por ejemplo 1000 pulsos) de la señal S_1 en GP2, o siempre que la señal de GP2 cambie del segundo modo (22 Hz) al primer modo (3 Hz). Con referencia a la Figura 2a una vez más, el pulso de calibración se usa para mantener un período de tiempo constante para la fase d, es decir, cuando V_{OUT} es 0 V. Si se usa un pulso de calibración, la amplitud del pulso de GP2 no se fija más, sino que es variable. El pulso de GP2 se divide en tres fases, f, g y h como se muestra en la Figura 2a. Durante la calibración, en la fase f, la cual tiene una duración de tiempo fija (de 6 ms en una modalidad), la señal de GP2 se mantiene alta a 3 V, sin importar la señal V_{OUT} . En la fase g, se monitorea la señal V_{OUT} y, siempre que V_{OUT} permanezca mayor que 0 V (de manera que está tanto en la fase b o c – ver la Figura 2b), la señal de GP2 se mantiene alta a 3 V. En cuanto la señal V_{OUT} alcanza 0 V (fase d – ver la Figura 2b), el tiempo se registra y el período de tiempo para la fase h de GP2, que corresponde a la fase d de V_{OUT} , se ajusta a una duración de tiempo fijo (en una modalidad de 300 μ s). Durante la calibración, en esta modalidad, si V_{OUT} no alcanza 0 V después de un tiempo del pulso total (f + g + h) de 14 ms, se considera que se detectó una calada.
- 25
- 30 En el modo de operación normal, la amplitud total del pulso de GP2 es f + g + h. El tiempo g que se registró durante la calibración se usa ahora para calcular la longitud total del pulso. Este método de calibrar el sistema para establecer la sensibilidad es muy ventajoso por las siguientes razones. Primeramente, la resistencia ajustable R_V puede reemplazarse por una resistencia fija. En segundo lugar, la calibración automática ocurre siempre que la señal de calibración pulsada S_C tenga un pulso. Esto implica que no hay necesidad de ajustar manualmente cualquiera de los componentes en el sistema, aún durante la fabricación o durante el mantenimiento, a medida que el sistema se ajustará automáticamente a la mejor sensibilidad. La ventana de tiempo seleccionada en esta modalidad, de 6 ms a 14 ms, es lo suficientemente grande para permitir cualquier variación en la temperatura ambiente y responder a varios componentes electrónicos, pero pudiera seleccionarse cualquier ventana de tiempo.
- 35

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un sistema sensor de flujo (101) para detectar el flujo de fluido indicativo de una calada en un sistema generador de aerosol, el sistema sensor se dispone para operar en un primer modo, en el que no se espera ninguna calada o no se detecta ninguna calada, y en un segundo modo, en el que se espera una calada o se detecta una calada, y que comprende:
- un circuito de detección (103) que comprende un resistor de detección (R_s) y una salida de tensión, el resistor de detección (R_s) se dispone para detectar el flujo de fluido indicativo de una calada basado en un cambio en la resistencia, el circuito de detección (103) se dispone de manera que el cambio en la resistencia del resistor de detección (R_s) provoca un cambio en la salida de tensión; y
- 10 un generador de señal (109, 111) dispuesto para suministrar una señal de accionamiento pulsada S_1 al circuito de detección (103) para accionar el circuito de detección (103), de manera que el circuito de detección (103) se acciona mediante la señal S_1 cuando la señal de accionamiento pulsada S_1 es alta y no se acciona cuando la señal de accionamiento pulsada S_1 es baja, en donde la señal de accionamiento pulsada S_1 tiene una primera frecuencia f_1 en el primer modo, y una segunda frecuencia f_2 , mayor que la primera frecuencia f_1 en el segundo modo y en
- 15 donde el generador de señal se configura para cambiar del primer modo al segundo modo cuando se espera una calada o se detecta una calada por el circuito de detección (103).
2. Un sistema sensor de flujo de conformidad con la reivindicación 1, que comprende además una fuente de corriente (105) dispuesta para suministrar una corriente de valor predeterminado a través del circuito de detección (103), en donde la señal de accionamiento pulsada S_1 se suministra a la fuente de corriente (105).
- 20 3. Un sistema sensor de flujo de conformidad con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, que comprende además un amplificador diferencial (107) dispuesto para amplificar la salida de tensión del circuito de detección (103).
4. Un sistema sensor de flujo de conformidad con la reivindicación 3 en donde la salida del amplificador diferencial es proporcional a la salida de tensión del circuito de detección (103) dentro de un intervalo de valores de la salida de tensión del circuito de detección (103), y se satura cuando la salida de tensión del circuito de detección
- 25 (103) es menor o mayor que el intervalo.
5. Un sistema sensor de flujo de conformidad con cualquier reivindicación anterior, que comprende además medios para ajustar la sensibilidad del sistema sensor, los medios para ajustar la sensibilidad comprenden uno o más de:
- un resistor variable en el circuito de detección;
- 30 un circuito de compensación que se autoajusta; y
- un generador de señal para suministrar una señal de calibración pulsada S_c al circuito de detección (103).
6. Un sistema sensor de flujo de conformidad con cualquier reivindicación anterior en donde el circuito de detección (103) comprende un puente Wheatstone (303) que tiene una primera extremidad y una segunda extremidad y en donde la salida de tensión es la diferencia entre una tensión a través de la primera extremidad y una tensión a través de la segunda extremidad.
- 35 7. Un sistema generador de aerosol para recibir un sustrato formador de aerosol, el sistema incluye un sistema sensor de flujo (101) para detectar el flujo de fluido en el sistema generador de aerosol indicativo de una calada, el sistema sensor de flujo de conformidad con cualquier reivindicación anterior.
8. Un sistema generador de aerosol de conformidad con la reivindicación 7, que comprende además:
- 40 al menos un elemento de calentamiento para calentar el sustrato para formar un aerosol;
- en donde el sistema sensor de flujo se dispone para activar el elemento de calentamiento cuando el sistema sensor de flujo (101) detecta el flujo de fluido indicativo de una calada.
9. Un método para accionar un sistema sensor de flujo (101) para detectar el flujo de fluido indicativo de una calada en un sistema generador de aerosol, el sistema sensor (101) se dispone para operar en un primer modo, en
- 45 el que no se espera ninguna calada o no se detecta ninguna calada, y en un segundo modo, en el que se espera una calada o se detecta una calada, el método comprende la etapas de:
- suministrar una señal de accionamiento pulsada S_1 a un circuito de detección (103) para accionar el circuito de detección, de manera que el circuito de detección se accione por la señal S_1 cuando la señal de accionamiento pulsada S_1 es alta y no se accione cuando la señal de accionamiento pulsada S_1 es baja, el circuito de detección
- 50 (103) incluye un resistor de detección (R_s) y una salida de tensión, el resistor de detección (R_s) se dispone para

detectar el flujo de fluido indicativo de una calada basado en un cambio en la resistencia del resistor de detección (R_s), el circuito de detección (103) se dispone de manera que el cambio en la resistencia del resistor de detección provoca un cambio en la salida de tensión; y

5 cambiar el sistema sensor (101) entre el primer y segundo modos de operación, en donde la señal de accionamiento pulsada S_1 tiene una primera frecuencia f_1 , en el primer modo, y tiene una segunda frecuencia f_2 , mayor que la primera frecuencia f_1 , en el segundo modo, cuando se espera una calada o se detecta una calada por el circuito de detección.

10 10. Un método de conformidad con la reivindicación 9, en donde la etapa de cambiar el sistema sensor (101) entre el primer y segundo modos de operación comprende cambiar el sistema sensor desde el primer modo en donde la señal de accionamiento pulsada S_1 tiene una primera frecuencia f_1 al segundo modo en donde la señal de accionamiento pulsada S_1 tiene una segunda frecuencia f_2 , cuando se espera una calada, basado en los hábitos del usuario.

15 11. Un método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 9 o 10, que comprende además la etapa de suministrar una señal S_2 a otros componentes en el sistema generador de aerosol, la señal S_2 que es alta cuando la salida de tensión del circuito de detección (103) indica que se ha detectado una calada, y la señal S_2 que es baja cuando la salida de tensión del circuito de detección (103) indica que no se ha detectado una calada.

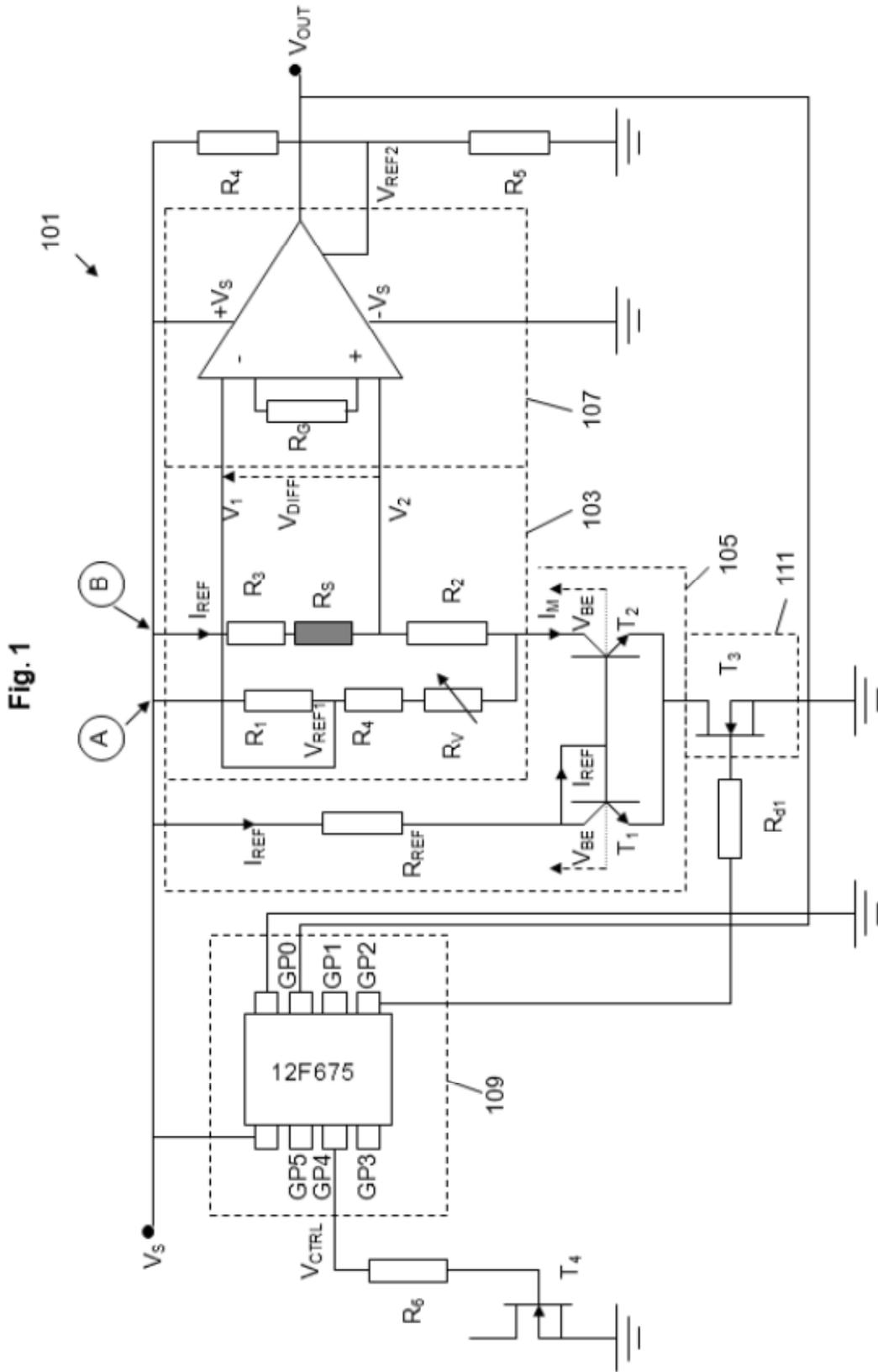
12. Un método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 9 a la 11, que comprende además la etapa de ajustar la sensibilidad del sistema sensor, que comprende uno o más de:

ajustar periódicamente la resistencia de un resistor variable en el circuito de detección;

20 proporcionar un circuito de compensación que se autoajusta; y

suministrar una señal de calibración pulsada S_C al circuito de detección (103).

13. Un método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 9 a la 12 que comprende además la etapa de suministrar un aerosol a un usuario en dependencia de las características de una calada detectada por el circuito de detección (103).



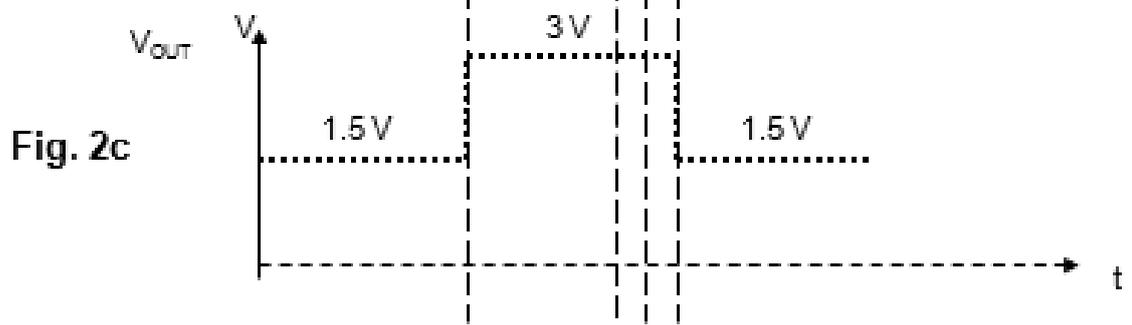
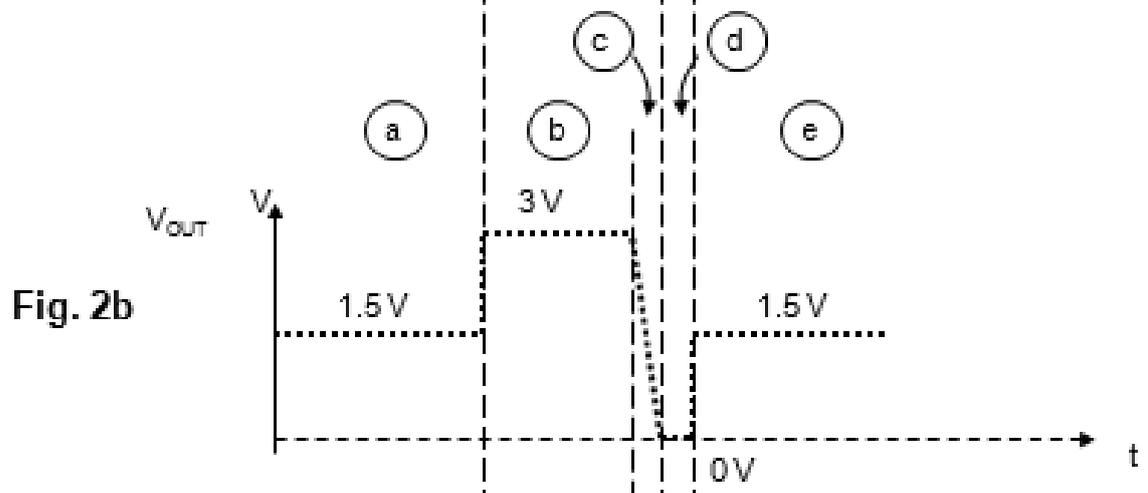
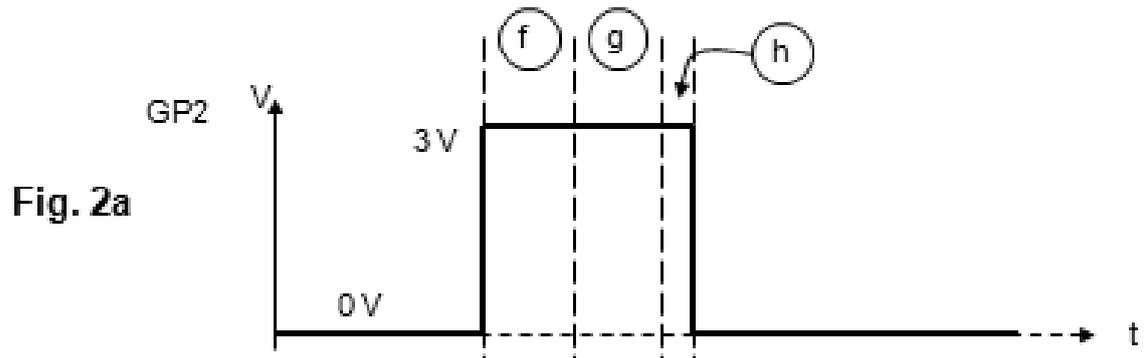


Fig. 3

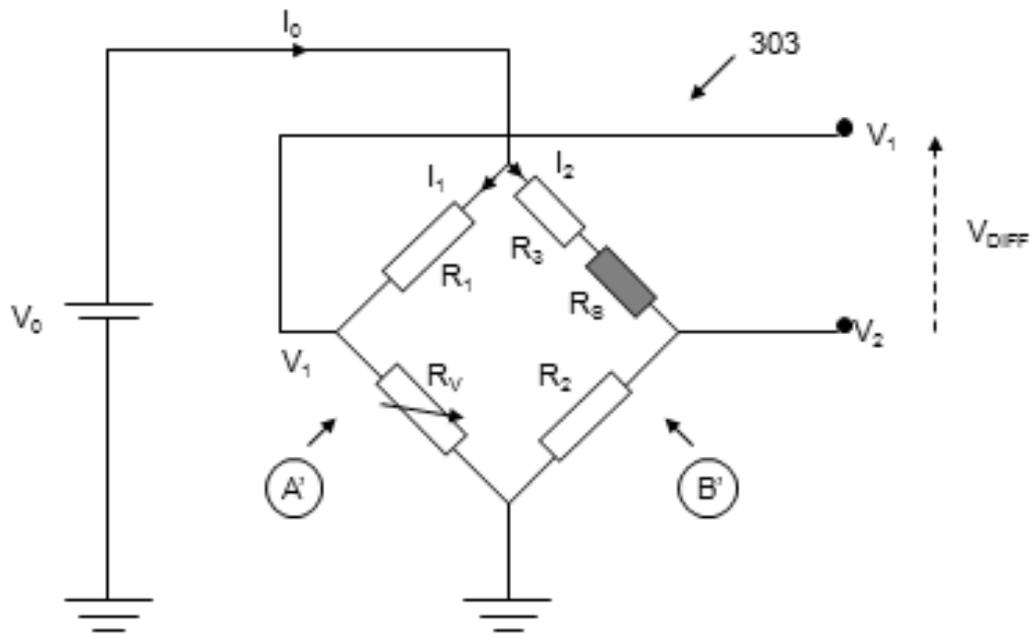


Fig. 4

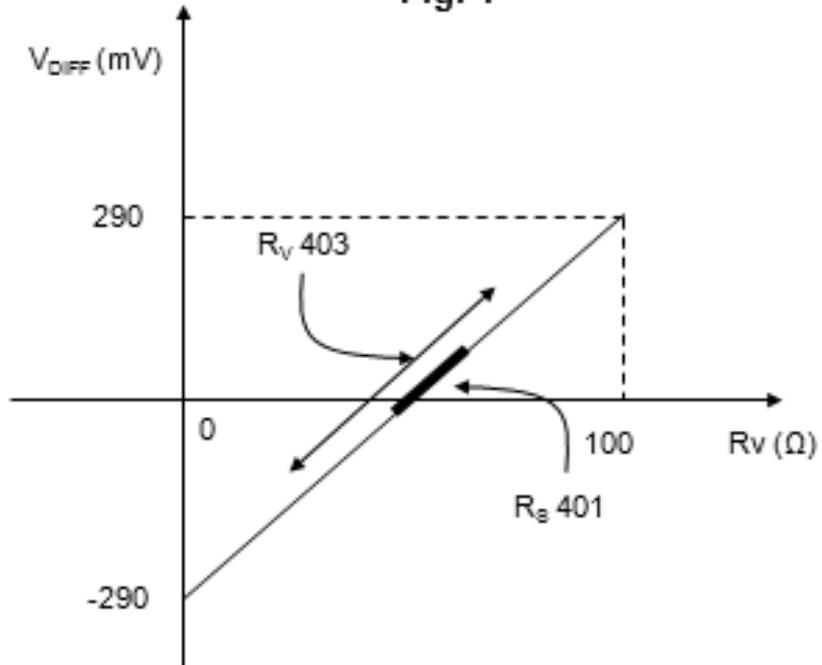


Fig. 5

