

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 930 404**

51 Int. Cl.:

G01N 27/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.12.2018** **E 18215563 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.08.2022** **EP 3502678**

54 Título: **Sistema y dispositivo de medición de humedad**

30 Prioridad:

21.12.2017 IT 201700148071

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

12.12.2022

73 Titular/es:

EVCO S.P.A. (100.0%)

Via Feltre 81

32036 Sedico (BL), IT

72 Inventor/es:

DAL PONT, PIERLUIGI y

BALDAN, ROBERTO

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 930 404 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 y dispositivo de medición de humedad

5 **Referencia cruzada a solicitudes relacionadas**

Esta solicitud de patente reivindica la prioridad de la solicitud de patente italiana n.º 102017000148071, presentada el 21/12/2017.

10 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un sistema y un dispositivo de medición de humedad.

Divulgación de la invención

15 El objeto de la presente invención es proporcionar un dispositivo de medición de humedad que está diseñado para ser conectado eléctricamente a dos bornes de un aparato electrónico de medición de humedad, los cuales, a su vez, están destinados a ser conectados también a unos sensores de temperatura por termistor.

20 Otro objeto de la presente invención es proporcionar un dispositivo de medición de humedad de bajo consumo que, para su funcionamiento, requiere una corriente muy baja para reducir la caída de tensión a la entrada del aparato de medición electrónico. Esta reducción de la caída de tensión permite aumentar el intervalo de tensión de la señal de medición de humedad, proporcionada por el dispositivo de medición de humedad, en función de la humedad relativa en la misma entrada de medición del aparato de medición electrónico.

25 El objeto de la presente invención es, por tanto, proporcionar una solución que permita alcanzar los objetivos mencionados.

30 Este objeto se consigue con la presente invención ya que se refiere a un sistema y un dispositivo de medición de humedad definidos de acuerdo con lo que se reivindica en las reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

35 La presente invención se describirá a continuación con referencia a los dibujos adjuntos, que muestran un ejemplo de realización no limitante, en los que:

- La figura 1 es un diagrama de bloques del sistema de medición de humedad fabricado de acuerdo con los dictados de la presente invención;
- La Figura 2 es un diagrama de circuito de una posible realización del dispositivo de medición de humedad
- 40 incluido en el sistema mostrado en la Figura 1;
- La Figura 3 es un diagrama de bloques del sistema de medición de humedad fabricado de acuerdo con una primera variante de la presente invención;
- La Figura 4 es un diagrama de circuito del dispositivo de medición de humedad incluido en el sistema mostrado en la Figura 3;
- 45 - La Figura 5 es un diagrama de bloques del sistema de medición de humedad que no forma parte de la presente invención;
- La Figura 6 es un diagrama de circuito del dispositivo de medición de humedad incluido en el sistema mostrado en la Figura 5.

50 **Mejor modo de llevar a cabo la invención**

A continuación, se describe la presente invención en detalle con referencia a las Figuras adjuntas para permitir que un experto en la materia pueda fabricarla y usarla. Varias modificaciones de las realizaciones descritas serán inmediatamente evidentes para los expertos en la materia y los principios genéricos descritos pueden aplicarse a

55 otras realizaciones y aplicaciones sin salirse por ello del alcance de la presente invención, como se define en las reivindicaciones adjuntas. Por lo tanto, no se debe considerar que la presente invención está limitada a las realizaciones descritas y mostradas en el presente documento, pero se le debe conceder el mayor alcance de protección de acuerdo con los principios y características descritos y reivindicados en el presente documento.

60 Los términos utilizados en la continuación de la presente descripción se definen como sigue.

La expresión señal PWM (acrónimo de Pulse Width Modulation (modulación por ancho de pulsos)) indica una señal de pulsos de onda rectangular en la que la relación entre la duración del pulso positivo y la duración del pulso negativo es variable. El término DC indica el ciclo de trabajo, concretamente la relación entre la duración del pulso

65 positivo y la duración del período de ciclo de la señal PWM. Está claro que el DC puede variar de 0 a 1 (0-100 %).

Con referencia a la Figura 1, el número 1 indica esquemáticamente el conjunto de un sistema de medición de humedad, que comprende una sonda o dispositivo 2 de medición de humedad configurado para detectar/medir la humedad y proporcionar una señal eléctrica de medición de la humedad detectada/medida, y un aparato electrónico 3 de medición, que está conectado eléctricamente al dispositivo 2 de medición de humedad para recibir la señal eléctrica de medición y está diseñado para procesar la misma con el fin de proporcionar un valor indicativo de la humedad medida.

Con referencia a la realización mostrada en la Figura 1, el aparato electrónico 3 de medición está provisto de un par de bornas o bornes 3a y 3b, que están diseñados para ser conectados respectivamente a los bornes 2a y 2b del dispositivo 2 de medición de humedad a través de dos cables eléctricos. En el ejemplo mostrado, el aparato electrónico 3 de medición comprende además: un borne 3c de alimentación ajustado a una tensión Vdd, un resistor de polarización 3RL que tiene una resistencia RL y está conectado entre el borne 3c de alimentación y el borne 3a a través de un nodo 3d de polarización, y un módulo 5 de procesamiento que tiene una entrada conectada al nodo 3d de polarización. Durante su uso, el borne 3a es atravesado por una corriente IS y tiene una tensión VS correspondiente a la diferencia entre la tensión de alimentación Vdd y la caída de tensión ΔV en los extremos de la resistencia de polarización RL: $\Delta V = I_S \cdot R_L$. En cuanto al borne 3b, puede conectarse a un borne 3 y ajustarse a un potencial de referencia, preferentemente un potencial de tierra AGND asociado al aparato 3 de medición.

Preferentemente, el módulo 5 de procesamiento puede estar configurado para determinar un valor indicativo de la humedad medida en función de la tensión VS en el nodo 3d de polarización. De acuerdo con un posible ejemplo de realización mostrado en la Figura 1, el módulo 5 de procesamiento puede comprender un microprocesador que, a su vez, puede estar provisto de una etapa 5a de conversión, preferentemente un convertidor analógico-digital, configurado para recibir como entrada la señal de tensión analógica VS y convertirla en la señal de tensión discreta/digital VSd. El microprocesador también puede estar provisto de una etapa 5b de cálculo configurada para determinar y, preferentemente, proporcionar un valor indicativo de la humedad medida en función de la señal de tensión VS, preferentemente la señal de tensión discreta VSd suministrada en la salida del convertidor analógico-digital.

Con referencia a la realización mostrada en la Figura 1, el dispositivo 2 de medición de humedad comprende un sensor 6 de humedad de bajo consumo, que está configurado para medir la humedad y está diseñado para proporcionar una señal PWM, cuyo DC varía en función de la humedad medida. Es más, el dispositivo 2 de medición de humedad puede comprender convenientemente una primera etapa electrónica 8, que recibe como entrada la señal PWM y provoca una variación de la tensión VS en el borne 3a y, por lo tanto, en el nodo 3d de polarización del aparato electrónico 3 de medición, en función del DC de la señal PWM recibida. El dispositivo 2 de medición de humedad puede comprender además una segunda etapa electrónica 9, que se conecta al borne 2a ajustado a la tensión VS y está diseñada para suministrar una tensión de alimentación Vcc, convenientemente estabilizada, al sensor 6 de humedad.

De acuerdo con un posible ejemplo de realización mostrado en la Figura 2, el sensor 6 de humedad puede comprender un primer borne ajustado a un potencial de referencia, preferentemente un potencial de tierra GND asociado al sensor 6 de humedad, un borne 6a para suministrar la señal PWM y un par de bornes, que están conectados entre sí y a un borne 6b, para recibir la tensión de alimentación Vcc, y a un borne de referencia ajustado a un potencial de referencia, por ejemplo, un potencial de tierra, a través de un condensador 6C3.

Con respecto a la primera etapa electrónica 8, esta puede comprender un borne 8a conectado al borne 6a del sensor 6 de humedad para recibir la señal PWM, un borne 8b correspondiente al borne 2a ajustado a la tensión VS y atravesado por la corriente IS, y un borne 8c correspondiente al borne 2b ajustado a la tensión de referencia, preferentemente la tensión de tierra AGND. La primera etapa electrónica 8 puede comprender además dos bornes 8d y 8e conectados respectivamente a dos bornes 9a y 9b de la segunda etapa electrónica 9.

De acuerdo con una realización preferida mostrada en la Figura 2, la primera etapa electrónica 8 puede estar diseñada para variar, en función de la señal PWM, la resistencia eléctrica, indicada en lo sucesivo por RS, entre los dos bornes 8b-8c conectados a los bornes 3a-3b del aparato electrónico 3 de medición para provocar una correspondiente variación de la tensión VS en el nodo 3d de polarización conectado al módulo de tratamiento 5. De acuerdo con un ejemplo preferido de realización mostrado en la Figura 2, la primera etapa electrónica 8 puede comprender: dos líneas eléctricas 10 y 11, conectadas respectivamente entre los bornes 8b-8d y 8c-8e, una rama 12 de variación de resistencia, que tiene los dos bornes opuestos conectados a las dos líneas eléctricas 10 y 11 y, preferentemente, un condensador 8C8 conectado en paralelo a la rama 12 de variación de resistencia. En el ejemplo mostrado, la rama 12 de variación de resistencia está diseñada para ser atravesada por una corriente 12 y puede comprender un resistor 8R9 con una resistencia R9 y un interruptor electrónico 8Q4 conectados en serie entre sí. El interruptor electrónico 8Q4 puede comprender, por ejemplo, un transistor, preferentemente un transistor de efecto de campo (MOSFET), que está dispuesto en serie con el resistor 8R9 y es controlado en su apertura/cierre por la señal PWM. Preferentemente, el transistor del interruptor electrónico 8Q4 puede estar configurado para cerrarse y abrirse alternativamente cuando la señal PWM está respectivamente en el nivel alto (pulso positivo) y en el nivel bajo (pulso negativo). Preferentemente, el borne de puerta del transistor del interruptor electrónico 8Q4 puede estar conectado al borne 8a para recibir la señal PWM, y los bornes de fuente y de drenaje del mismo pueden estar conectados en

serie con el resistor 8R9 a lo largo de la rama 12 de variación de resistencia.

Obsérvese que si I_2 es la corriente instantánea que pasa por el resistor 8R9, entonces la corriente media 12 que lo atraviesa por cada ciclo de la señal PWM es

5

$$I_2 = I_{2s} * DC;$$

$$I_2 = (VS/R9) * DC.$$

10 De ello se deduce que la resistencia "equivalente" R_C entre los dos bornes de la rama 12 de variación de resistencia es la siguiente

$$R_C = VS/I_2 = VS/(VS*DC/R9)$$

15 $R_C = R9/DC$; esta última relación matemática demuestra que la primera etapa electrónica 8 funciona de forma sustancialmente análoga a un circuito que varía la resistencia equivalente R_C en función de la humedad medida por el sensor 6. De hecho, la primera etapa electrónica 8 varía la resistencia R_C en función del DC de la señal PWM, modulada a su vez por el sensor 6 de humedad en función de la humedad medida. La resistencia R_C varía entonces a partir de un valor mínimo correspondiente a la resistencia $R9$ y es inversamente proporcional al DC. El Solicitante ha descubierto que un valor conveniente de la resistencia $R9$ podría ser, por ejemplo, 7,15 KOhm aproximadamente. Con respecto al condensador 8C8, este sirve convenientemente para eliminar las variaciones instantáneas de la corriente I_S y la tensión V_S , que se generan al conmutar el interruptor electrónico 8Q4, con el fin de obtener un valor medio sustancialmente estabilizado de la corriente I_S y la tensión V_S .

25 De acuerdo con un ejemplo preferido de realización mostrado en la Figura 2, la segunda etapa electrónica 9 puede comprender una etapa electrónica 91 de alimentación diseñada para proporcionar una tensión de referencia V_{REF} convenientemente estabilizada. La segunda etapa electrónica 9 puede comprender además, preferentemente pero no necesariamente, una etapa electrónica 911 de vigilancia, que está diseñada para recibir la tensión V_{REF} y suministrar la tensión estabilizada V_{CC} al sensor 6 de humedad. La etapa electrónica 911 de vigilancia también está diseñada para supervisar el estado de funcionamiento del sensor 6 de humedad y puede activar/desactivar la tensión de alimentación V_{CC} del sensor de acuerdo con la condición detectada en determinados momentos. Preferentemente, el sensor 6 de humedad puede estar en un primer estado de funcionamiento cuando genera correctamente la señal PWM, o alternativamente en un segundo estado de funcionamiento, cuando no genera la señal PWM. La etapa electrónica 911 de vigilancia puede estar configurada para desactivar/interrumpir la tensión de alimentación V_{CC} al sensor 6 de humedad cuando detecta el segundo estado de funcionamiento en un tiempo de monitorización preestablecido y, por el contrario, para suministrar y/o mantener la tensión de alimentación V_{CC} al sensor 6 de humedad cuando detecta el primer estado de funcionamiento en el tiempo de monitorización preestablecido. De acuerdo con un ejemplo preferido de realización mostrado en la Figura 2, además de los dos bornes 9a y 9b, la etapa electrónica 91 de alimentación puede comprender un borne 9c conectado a un borne 9d de la etapa electrónica 911 de vigilancia para proporcionar la misma referencia de tensión V_{REF} . De acuerdo con un ejemplo preferido de realización mostrado en la Figura 2, la etapa electrónica 91 de alimentación puede comprender un circuito operacional 13, un primer circuito resistivo 14, un segundo circuito resistivo 15, una etapa estabilizadora 16 y un dispositivo amplificador 18. El primer circuito resistivo 14 tiene dos bornes opuestos conectados respectivamente a los bornes 9a y 9b y puede comprender un divisor resistivo que consiste en dos resistores 9R7 y 9R8, que tienen unas respectivas resistencias R_7 y R_8 , conectados en serie entre sí a través de un nodo intermedio 17. El segundo circuito resistivo 15 puede comprender un resistor 9R5 que tiene una resistencia R_5 , y que tiene un borne conectado al borne 9b y el otro borne conectado a un borne 30 de referencia ajustado a un potencial de referencia preestablecido, preferentemente un potencial de tierra GND del sensor 6.

50 El circuito operacional 13 puede comprender un amplificador operacional 21, que tiene una entrada inversora conectada al nodo intermedio 17 del primer circuito resistivo 14 y a la salida del amplificador operacional 21 a través de un condensador 9C6. El amplificador operacional 21 puede comprender además una entrada no inversora, que está conectada tanto al nodo intermedio 17, a través de un condensador 9C7, como a un borne de referencia ajustado a un potencial de referencia, por ejemplo, un potencial de tierra, preferentemente a través de un resistor 9R6 que tiene una resistencia R_6 . La salida del amplificador operacional 21 puede estar conectada a un borne de control del dispositivo amplificador 18 a través de un resistor 9R4 que tiene una resistencia R_4 . El dispositivo amplificador 18 puede comprender, por ejemplo, un transistor de unión bipolar, preferentemente del tipo PNP, que tiene el borne base correspondiente al borne de control conectado a la salida del amplificador operacional 21 a través del resistor 9R4, el borne emisor conectado al borne 9a y el borne colector conectado al borne 9c a través de un nodo común 19 que tiene la tensión de referencia V_{REF} . En cuanto a la etapa estabilizadora 16, puede comprender un diodo Zener DZ_1 , cuyo cátodo está conectado al nodo común 19 y cuyo ánodo está conectado al borne de referencia 30. La etapa estabilizadora 16 puede comprender además dos condensadores 9C4 y 9C5 conectados en paralelo al diodo Zener DZ_1 . De acuerdo con un ejemplo preferido de realización mostrado en la Figura 2, además del borne 9d, la etapa electrónica 911 de vigilancia puede comprender un borne 9e de alimentación, conectado al borne 6b del sensor 6 de humedad para suministrar la tensión de alimentación V_{CC} , y un

65

borne 9f de detección conectado al borne 6e del sensor 6 de humedad para recibir la señal PWM. La etapa electrónica 911 de vigilancia puede comprender además un dispositivo amplificador 31, preferentemente un transistor de efecto de campo, que tiene los bornes de fuente y drenaje respectivamente conectados a los bornes 9d y 9e y el borne de puerta conectado a un borne de tierra a través de un resistor 9R1 con resistencia R1. La etapa electrónica 911 de vigilancia puede comprender además un dispositivo amplificador 32, preferentemente un transistor de efecto de campo, que tiene el borne de la fuente conectado al borne 9d, el borne de drenaje conectado al borne de puerta del dispositivo amplificador 31 y el borne de puerta conectado al borne 9e a través de un condensador 9C1 y un resistor 9R2 conectados en serie entre sí. La etapa electrónica 911 de vigilancia puede comprender además un resistor 9R3 conectado entre los bornes de puerta y de drenaje del dispositivo amplificador 32 y al borne de puerta del dispositivo amplificador 31, un diodo 36 y un condensador 9C2 conectados en serie entre sí a través de un nodo intermedio 37 entre el borne de fuente del dispositivo amplificador 32 y el borne 6e, y un diodo 38 conectado entre el nodo intermedio 37 y el borne de puerta del dispositivo amplificador 32.

A continuación se describe el funcionamiento del sistema de medición de humedad 1.

Durante su uso, el sensor 6 de humedad proporciona la señal PWM a la primera etapa electrónica 8 y ajusta/varía el DC de la señal PWM en función de la humedad medida. La variación del DC de la señal PWM provoca una correspondiente variación de la resistencia RC en la primera etapa electrónica 8, que a su vez determina una variación preestablecida de la tensión VS en el aparato electrónico 3 de medición. El sensor 6 de humedad puede estar configurado para variar el DC de la señal PWM entre un valor de aproximadamente cero y un valor de aproximadamente uno. La variación del DC por medio del sensor 6 puede ser, de preferencia directamente proporcional a la humedad. El sensor 6 puede estar calibrado además para que la variación del DC esté contenida dentro de un intervalo de medición preestablecido, delimitado por un valor mínimo y por un valor máximo, asociados respectivamente a una humedad mínima y máxima preestablecidas. Durante su uso, cuando la humedad corresponde al valor mínimo, el sensor 6 de humedad proporciona la señal PWM con el DC mínimo (por ejemplo, aproximadamente igual a cero). En esta condición, el dispositivo 8Q4 de transistor está en corte (abierto), y la resistencia RC en la rama 12 de variación de resistencia es infinita. Por lo tanto, en esta condición la resistencia total equivalente RS entre el borne 3a y el borne de referencia 3b del dispositivo electrónico de medición 3 corresponde a la resistencia RF en la segunda etapa electrónica 9. De hecho, ocurre que

$$RS = RF = ((VS/I1) * (R7 + R8)) / ((VS/I1) + (R7 + R8))$$

$$VS = Vdd - RL * (Vdd / (RL + RS))$$

Por el contrario, en la condición opuesta, concretamente cuando la humedad medida se corresponde con el valor máximo de humedad preestablecido, el sensor 6 de humedad proporciona una señal PWM con un DC aproximadamente igual a uno. En este estado, el dispositivo transistor 8Q4 está activo (cerrado), la resistencia en la rama 12 de variación de resistencia es R9 y la resistencia equivalente total RS entre los bornes 3a y 3b del dispositivo electrónico 3 corresponde a

$$VS = Vdd - RL * (Vdd / (RL + ((R9 + RF) / (R9 * RF))))$$

$$RS = R9 * RF / (RF + R9)$$

Por otra parte, cuando la humedad varía dentro del intervalo preestablecido, el sensor 6 de humedad varía el DC de la señal PWM y el valor de la resistencia total equivalente RS, entre el borne 3a y el borne de referencia 3b del dispositivo electrónico 3 de medición, varía de acuerdo con el DC de la señal PWM en función de la siguiente relación:

$$RS = (R9 / DC) * RF / ((R9 / DC) + RF)$$

La variación de la resistencia RS determina una variación de la corriente IS, una variación de la caída de tensión sobre la resistencia de carga RL y por tanto una variación de la tensión VS que depende del DC y por tanto de la humedad. Es evidente que si la etapa 5a de conversión está provista de un convertidor analógico-digital que tenga, por ejemplo, una resolución de conversión igual a 2ⁿ (niveles de conversión discretos), la señal de tensión discreta VS suministrada por el convertidor a la etapa 5b de cálculo puede corresponder a:

$$VSd = 2^n * RS / (RS + RL)$$

$$VSd = 2^n * [(R9 / DC) * RF / (R9 / DC + RF)] / [(R9 / DC) * RF / (R9 / DC + RF) + RL]$$

De ello se deduce que la tensión VS suministrada a la entrada de la etapa 5b de cálculo depende directamente de la humedad medida. De hecho, la resistencia RS está regulada por la primera etapa electrónica 8 en respuesta a la variación del DC de la señal PWM, que a su vez es activada por el sensor 6 de humedad en función de la humedad

medida.

El Solicitante ha descubierto que es conveniente establecer una tensión Vdd de un valor tal que limite, en uso, la variación de la tensión VS dentro de un intervalo de tensión preestablecido, asociado a un correspondiente intervalo de humedad preestablecido. El solicitante también ha descubierto que un valor mínimo de la tensión VS, obtenido en respuesta a un máximo de DC, podría ser convenientemente de 2,4 V aproximadamente.

La etapa 5b de cálculo puede entonces procesar la tensión discreta $VS_d = 2^n \cdot (RS / (RS + RL))$ y determinar el valor de humedad detectado por el aparato 2 de medición de humedad en función de dicha tensión. Es evidente que la etapa 5b de cálculo puede comprender una unidad de procesamiento configurada para determinar el valor de humedad en función de la tensión VSd por medio de al menos una tabla de cálculo, una función de cálculo y/o implementando un algoritmo de cálculo. El algoritmo de cálculo puede ser parametrizado, por ejemplo, de acuerdo con los valores de los componentes electrónicos presentes en el dispositivo 2 de medición de humedad y/o en función de sus características eléctricas. Por ejemplo, una función de cálculo podría ser parametrizada/preseleccionada/calibrada para garantizar que cada valor de tensión VS se corresponda unívocamente con un valor de humedad, y esta relación puede ser determinada en una fase de prueba/calibración del aparato electrónico 3 de medición y/o del dispositivo 2 de medición de humedad.

En cuanto al funcionamiento de la etapa electrónica 91 de alimentación de la segunda etapa electrónica 9, funciona como un circuito regulador de corriente en función de la tensión VS y está diseñado para generar la tensión estabilizada VREF necesaria para suministrar la tensión de alimentación Vcc al sensor 6. Cabe destacar que la regulación de la corriente I1 por medio de la etapa electrónica 91 de alimentación se lleva a cabo de forma sustancialmente independiente de la señal PWM del sensor 6 de humedad. Por lo tanto, la etapa electrónica 91 de alimentación se comporta como un resistor cuyo valor es sustancialmente fijo, es decir, igual a $R_F = VS / I_1$, en donde I1 es sustancialmente la corriente controlada por el dispositivo amplificador 18.

Durante su uso, la etapa electrónica 91 de alimentación está configurada para alcanzar una condición de equilibrio en el que las entradas inversora y no inversora del amplificador operacional 21 están al mismo potencial. Puesto que, por un lado, el potencial eléctrico en la entrada inversora del amplificador operacional 21 con respecto al potencial del borne 8c corresponde aproximadamente a la tensión en los extremos del resistor 9R8 y, por otro lado, el potencial eléctrico en la entrada no inversora del amplificador operacional 21 con respecto al borne 8c corresponde aproximadamente a la tensión en el resistor 9R5, la condición de equilibrio se produce cuando la tensión en el resistor 9R8 es aproximadamente igual a la tensión en el resistor 9R5. El circuito operacional 13 regula entonces la corriente I1 a través del dispositivo amplificador 18 para asegurar que la caída de tensión en el resistor 9R5 sea aproximadamente igual a la caída de tensión en el resistor 9R8. Durante su uso, una bajada de la tensión VS provoca una disminución de la tensión en el resistor 9R8 y una disminución de la tensión en la entrada inversora del amplificador operacional 21. En este caso, el amplificador operacional 21 aumenta la tensión de salida y controla a través del dispositivo amplificador 18 una disminución de la corriente I1. La corriente I1 se reduce hasta alcanzar un valor tal que la caída de tensión en el resistor 9R5 corresponda aproximadamente a la tensión en los extremos del resistor 9R8. Es evidente que el resistor 9R6, si está presente, compensa convenientemente el desequilibrio de la tensión de entrada del amplificador operacional 21 debido a la corriente de polarización, mientras que los condensadores 9C6 y 9C7, si están presentes, forman una red de estabilización de la frecuencia. En cuanto al diodo Zener DZ1, está diseñado para estabilizar en el nodo 19 la tensión VREF necesaria para suministrar la tensión estabilizada Vcc al sensor 6 de humedad. Los condensadores 9C4 y 9C5, si están presentes, actúan como una derivación y una reserva de energía para los picos de absorción del sensor 6 de humedad.

Por el contrario, en caso de aumento de la tensión VS, se produce un aumento de corriente en el resistor 9R5 que es proporcional al aumento de tensión, por lo que la tensión en el resistor 9R5 alcanza aproximadamente el nuevo valor de tensión en el resistor 9R8. Es evidente que la etapa electrónica 91 de alimentación está configurada preferentemente para garantizar que, en la condición de VS mínima, el valor prefijado de la corriente I1 sea superior a la suma del valor medio de la corriente absorbida por el sensor 6 de humedad y de la corriente necesaria para el funcionamiento de la etapa electrónica 91 de alimentación. De manera conveniente, la corriente I1 puede determinarse en función de la relación entre las resistencias R7 y R8 y la resistencia R5.

Con respecto a la etapa electrónica 911 de vigilancia, además de recibir la tensión VREF en el nodo 19 y suministrar la tensión Vcc al sensor 6 de humedad, funciona sustancialmente como un circuito "perro guardián", ya que monitoriza la actividad del sensor 6 de humedad en función de la presencia/ausencia de la señal PWM. Si la etapa electrónica 911 de vigilancia detecta la ausencia de la señal PWM, interrumpe la alimentación del sensor 6 de humedad. Preferentemente, la etapa electrónica 911 de vigilancia puede llevar a cabo la vigilancia de acuerdo con un modo cíclico, es decir, a intervalos preestablecidos, por ejemplo, hasta que detecte de nuevo la presencia de la señal PWM una vez restablecida la alimentación. El dispositivo amplificador 31 funciona como un interruptor electrónico en función de la tensión de alimentación Vcc del sensor 6 de humedad. El dispositivo amplificador 32 funciona en una zona casi lineal y, junto con el dispositivo amplificador 31 y la red formada por el resistor 9R2 y por el condensador 9C1, forma un circuito oscilador, que está diseñado para interrumpir periódicamente la alimentación de la tensión Vcc al sensor 6 de humedad. La señal PWM se toma por medio del condensador 9C2 y, junto con los diodos 36 y 38, inhibe el funcionamiento del circuito oscilador. El dispositivo amplificador 31 está diseñado para

funcionar en saturación o en corte, suministrando o no la tensión Vcc al sensor 6 de humedad. El dispositivo amplificador 32, debido a la reacción negativa introducida por el resistor 9R3, funciona en un estado inestable y trabaja como un amplificador, mientras que el resistor 9R1 constituye la carga de salida del amplificador. La red formada por el resistor 9R2 y por el condensador 9C1 introduce una reacción positiva entre el borne de drenaje del dispositivo amplificador 31 y el borne de puerta del dispositivo amplificador 32 y ayuda a definir la frecuencia de oscilación del circuito. A través del condensador 9C2, la señal PWM a la salida del sensor 6 de humedad alcanza el nodo 37 entre los diodos 36 y 38. En ausencia de la señal PWM, los diodos 36 y 38 no afectan al funcionamiento del circuito, que oscila con un periodo preestablecido, preferentemente de unos segundos. En esta condición, el dispositivo amplificador 31 interrumpe cíclicamente la tensión Vcc al sensor 6 de humedad.

Si, por otro lado, el sensor 6 de humedad funciona correctamente y la señal PWM está presente, los diodos 36 y 38 polarizan el borne de puerta del dispositivo amplificador 32 para que entre en corte. De esta manera, el dispositivo amplificador 31, debido a la presencia del resistor 9R1, entra en saturación y suministra continuamente la tensión VREF al sensor 6 de humedad.

Las ventajas del sistema de medición de humedad descrito anteriormente son las siguientes. En las condiciones de funcionamiento previstas, el dispositivo sensor de humedad se comporta como una resistencia variable que es inversamente proporcional a la variación de la humedad relativa. Su comportamiento es similar al de los termistores con coeficiente de temperatura negativo. Por lo tanto, el funcionamiento no requiere ningún cambio, o requiere pocos cambios, en el circuito eléctrico del instrumento de medición con entrada para termistores. La medición de la señal de salida del dispositivo de medición de humedad puede llevarse a cabo de forma ratiométrica y, por tanto, el valor es teóricamente independiente del valor absoluto de la tensión Vdd dentro del intervalo de tensión previsto.

La realización mostrada esquemáticamente en las Figuras 3 y 4 se refiere a un sistema 40 de medición de humedad, que es similar al sistema 1 de medición de humedad, y cuyos componentes se indicarán, cuando sea posible, con los mismos números de referencia que indican las partes correspondientes del sistema 1 de medición de humedad.

El sistema 40 de medición de humedad se diferencia del sistema 1 de medición de humedad porque en el dispositivo 42 de medición de humedad mostrado en la Figura 4 el resistor 9R7 de la etapa electrónica 91 de alimentación está conectado entre el nodo 17 y el nodo 19, en lugar de estar conectado entre el nodo 17 y el borne 9a. La conexión diferente del resistor 9R7 hace que la etapa electrónica 91 de alimentación funcione como un circuito regulador de corriente, en el que, sin embargo, la regulación de la corriente se lleva a cabo independientemente de la variación de la tensión Vs. La condición de equilibrio del circuito operacional 13 se produce de hecho cuando:

$$\frac{VREF}{(R7 + R8)} * R8 = I1 * R5$$

para que

$$I1 = \frac{VREF * R8}{(R7 + R8) * R5}$$

Por lo tanto, es evidente que la corriente I1 es independiente de la tensión VS. También en esta configuración, el circuito operativo 13 alcanza la condición de equilibrio cuando las entradas inversora y no inversora están aproximadamente al mismo potencial. Esta condición se alcanza cuando la caída de tensión en el resistor 9R5 es aproximadamente igual a la caída de tensión en el resistor 9R8. Debe observarse que la tensión en el resistor 9R8 permanece aproximadamente constante ya que depende sustancialmente, por un lado, de la relación entre los resistores 9R7 y 9R8 del divisor y, por otro lado, de la tensión de referencia VREF, que sin embargo se mantiene en un valor estable gracias al diodo Zener DZ1.

El dispositivo 42 de medición de humedad funciona de manera que varía la tensión discreta VS en función del DC y, por lo tanto, de la humedad medida, como indica la siguiente relación:

$$VSd = 2^n * (R9/DC) * (Vdd - RL * I1) / (Vdd * (RL + (R9/DC)))$$

El sistema 40 de medición de humedad es especialmente ventajoso porque reduce la necesidad de implementar variaciones en el circuito eléctrico del instrumento de medición con una entrada para termistores.

Las Figuras 5 y 6 se refieren a un sistema 50 de medición de humedad, que es similar al sistema 1 de medición de humedad, y cuyos componentes se indicarán, cuando sea posible, con los mismos números de referencia que indican las partes correspondientes del sistema 1 de medición de humedad.

El sistema 50 de medición de humedad se diferencia del sistema 1 de medición de humedad porque la primera etapa electrónica 8 y la etapa electrónica 91 de alimentación del dispositivo 2 de medición de humedad se sustituyen

en el dispositivo 52 de medición de humedad por una etapa 54 de regulación de tensión, que regula la tensión VS en función de la tensión media de la señal PWM. Con referencia a la Figura 6, la etapa 54 de regulación de tensión puede comprender un circuito electrónico regulador de tensión, que varía la tensión VS en función del valor medio de la tensión de la señal PWM y, al mismo tiempo, proporciona una tensión estabilizada VREF para suministrar la

De acuerdo con la Figura 6, la etapa 54 de regulación de tensión comprende: el circuito operacional 13, el dispositivo amplificador 18, la etapa estabilizadora 16 y el primer circuito resistivo 12, conectados mutuamente como en la etapa electrónica 91 de alimentación, y el condensador 9C8 presente en la primera etapa electrónica 8. La etapa 54 de regulación de tensión tiene un borne conectado eléctricamente al borne 6a del sensor 6 de humedad y comprende un circuito 53 de filtro electrónico, que recibe la señal PWM a través del borne y está provisto de un borne 53a conectado a la entrada no inversora del amplificador operacional 21 y al borne 19 a través del resistor 9R5.

El circuito 53 de filtro electrónico está configurado para suministrar una tensión, que tiene un valor medio proporcional a la señal PWM, a la entrada no inversora del amplificador operacional 21. El circuito 53 de filtro electrónico comprende además un borne 53b, conectado al borne de ánodo del diodo Zener DZ1, y un borne 53c conectado al borne 8c. El circuito 53 de filtro electrónico comprende además dos resistores 9R6 y 9R9, conectados en serie entre los bornes 53a y 53b a través de un nodo intermedio, que tienen unas respectivas resistencias R6 y R9, un condensador 9C8 con una capacidad C8 conectado entre dicho nodo intermedio y los bornes 53b y 53c, un condensador 9C9 con una capacidad C9 conectado entre los bornes 53a y 53c, y un resistor 9R10 con una resistencia R10 conectado en paralelo al condensador 9C9. La rama de circuito compuesta por los resistores 9R6 y 9R9 y por los condensadores 9C8 y 9C9 forma un filtro de paso bajo destinado a proporcionar a la entrada no inversora del amplificador operacional 21 una tensión que tiene un valor medio proporcional a la señal PWM. Durante el funcionamiento, el amplificador operacional 21 controla el dispositivo amplificador 18 para establecer en los bornes 2a y 2b una tensión que es directamente proporcional al valor de CC y alcanza una condición de equilibrio en la que la tensión en los extremos del resistor 9R8, a través del resistor 9R7, es aproximadamente igual a la tensión en la entrada no inversora. Las resistencias R5 y R10 de los resistores 9R5 y 9R10 se pueden ajustar en función del campo de variación de la tensión VS, así como en función de su valor mínimo. En detalle, el DZ1 estabiliza la tensión VREF necesaria para el funcionamiento del sensor 6 de humedad.

Durante su uso, si la humedad aumenta, el DC aumenta, el valor medio de la tensión en el borne 53a aumenta y la tensión en la entrada no inversora del amplificador operacional 21 aumenta. En este caso, la tensión de salida del amplificador operacional 21 aumenta, la corriente de base del dispositivo amplificador 18 disminuye, la corriente IS disminuye y la tensión VS aumenta al disminuir la caída en la resistencia RL. La tensión en la entrada inversora del amplificador operacional IC2 aumenta en consecuencia para tomar un valor aproximadamente igual a la tensión en la entrada no inversora. Es evidente que el funcionamiento se invierte cuando la humedad disminuye.

La tensión VS viene determinada por el valor DC de la señal PWM, la relación entre los valores de R5, (R6 + R9), R10 y la relación entre R7 y R8. En particular, R5 determina el valor de VS para DC igual a cero.

Cuando se suministra la tensión VS a la etapa 5a de conversión, que tiene una tensión de referencia correspondiente a la tensión de alimentación Vdd aplicada al sensor 6 de humedad por medio de RL, entonces el valor discreto VSd es el siguiente

$$VSd = 2^n * (VS/Vdd)$$

En las condiciones de funcionamiento previstas, el dispositivo de medición de humedad actúa como un regulador de tensión derivativo cuyo valor es proporcional al valor de la humedad relativa medida. Para su funcionamiento, no requiere ninguna variación, o requiere pocas variaciones, en el circuito eléctrico del instrumento de medición con una entrada para termistores. La medición de la señal de salida del dispositivo de medición de humedad puede realizarse en modo voltímetro, y el valor medido es independiente del valor de las resistencias de polarización de entrada dentro del intervalo de valores esperado.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo (2)(42) de medición de humedad conectable a un aparato electrónico (3) de medición que está provisto de:

al menos un primer borne (3a) y un módulo (5) de procesamiento, que está configurado para determinar la humedad en función de la tensión (VS) de medición en dicho borne (3a), el dispositivo (2)(42) de medición de humedad comprende:

un sensor (6) de humedad que está configurado para proporcionar una señal eléctrica de pulsos (PWM) y para modular el ciclo de trabajo (DC) de dicha señal eléctrica de pulsos (PWM) en función de la humedad detectada/medida; y una primera etapa electrónica (8), que está conectada eléctricamente a dicho sensor (6) de humedad para recibir dicha señal eléctrica de pulsos (PWM) y está configurada para variar la tensión de medición (VS) en dicho primer borne (3a) de dicho aparato (3) de medición en función del ciclo de trabajo (DC) de dicha señal eléctrica de pulsos (PWM),

dicha primera etapa electrónica (8) comprende:

un resistor (8R9), y un dispositivo electrónico (8Q4) de conmutación que se conecta a dicho resistor (8R9), en donde dicho sensor (6) de humedad controla el dispositivo electrónico (8Q4) de conmutación por medio de la señal eléctrica de pulsos (PWM) para variar la resistencia equivalente (RS) entre dicho primer borne (3a) y un segundo borne (3b) en función de la humedad detectada/medida; en donde dicho módulo (5) de procesamiento está configurado para detectar una variación de la tensión de medición (VS) en función de la variación de dicha resistencia equivalente (RS).

2. El dispositivo (2)(42) de medición de humedad de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende una segunda etapa electrónica (9) provista de una etapa (91) de alimentación, que está conectada a dicho primer borne (3a) para recibir una primera corriente (IS) asociada a dicha primera tensión (VS) y que a su vez está provista de:

un nodo de referencia (19) ajustado a una tensión de referencia (VREF), un dispositivo amplificador (18), que está conectado entre dicho primer borne (3a) y dicho nodo de referencia (19) y está configurado para controlar dicha primera corriente (IS) en función de una señal de control, un primer circuito resistivo (14) provisto de dos resistores (9R7) y (9R8) conectados en serie entre dicho primer borne (3a) y un segundo borne (3b); un segundo circuito resistivo (15) provisto de un resistor (9R5) conectado entre dicho segundo borne (3b) y un nodo puesto a potencial de tierra; un circuito operacional (13), que está conectado a dicho primer circuito resistivo (14) y al segundo circuito resistivo (15) y está configurado para proporcionar la señal de control al dispositivo amplificador (18), regulando así dicha primera corriente (IS) en función de la caída de tensión en un resistor (9R8) de dicho primer circuito resistivo (14) y de la caída de tensión en el resistor (9R5) del segundo circuito resistivo (15).

3. El dispositivo (2)(42) de medición de humedad de acuerdo con la reivindicación 2, en donde dicho circuito operacional (13) comprende un amplificador operacional (21), que tiene una entrada inversora conectada a un nodo intermedio (17) del primer circuito resistivo (14) y a la salida del amplificador operacional (21) a través de un condensador (9C6).

4. El dispositivo (2)(42) de medición de humedad de acuerdo con la reivindicación 3, en donde dicho amplificador operacional (21) comprende una entrada no inversora, que está conectada tanto al nodo intermedio (17), a través de un condensador (9C7), como a un borne de referencia ajustado a un potencial de referencia.

5. El dispositivo (2)(42) de medición de humedad de acuerdo con la reivindicación 4, en donde dicha etapa de alimentación (91) está configurada para alcanzar una condición de equilibrio en la que las entradas inversora y no inversora del amplificador operacional (21) están al mismo potencial.

6. El dispositivo (2)(42) de medición de humedad de acuerdo con la reivindicación 5, en donde una salida del amplificador operacional (21) está conectada a un borne de control de dicho dispositivo amplificador (18) a través de un resistor (9R4).

7. El dispositivo (2)(42) de medición de humedad de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de 2 a 6, en donde la segunda etapa electrónica (9) comprende una etapa (911) de vigilancia electrónica, que está conectada a dicho nodo de referencia (19) y a dicho sensor (6) de humedad, para proporcionarle una tensión de alimentación estabilizada (Vcc) en función de dicha tensión de referencia (VREF); estando dicha etapa (911) de vigilancia electrónica configurada para interrumpir el suministro de una tensión de alimentación estabilizada (Vcc) al sensor (6) de humedad en función de dicha (PWM).

8. El dispositivo (2)(42) de medición de humedad de acuerdo con la reivindicación 7, en donde dicha etapa (9II) de vigilancia electrónica, monitoriza la actividad del sensor (6) de humedad en función de la presencia/ausencia de dicha (PWM).

9. El dispositivo (2)(42) de medición de humedad de acuerdo con la reivindicación 8, en donde dicha etapa (9II) de vigilancia electrónica comprende un borne (9e) de alimentación conectado a un borne (6b) del sensor (6) de humedad para suministrar la tensión de alimentación estabilizada (Vcc), y un borne (9f) de detección conectado a un borne (6e) del sensor (6) de humedad para recibir dicha señal eléctrica de pulsos (PWM).

10. El dispositivo (2)(42) de medición de humedad de acuerdo con la reivindicación 9, en donde dicha etapa (9II) de vigilancia electrónica comprende un dispositivo amplificador (31), que tiene los bornes de fuente y de drenaje conectados respectivamente a un primer borne 9d y a un segundo borne 9e y el borne de puerta conectado a un borne de tierra a través de un resistor (9R1).

11. El dispositivo (2)(42) de medición de humedad de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde, cuando la humedad varía dentro del intervalo preestablecido, dicho sensor (6) de humedad varía el ciclo de trabajo de dicha señal eléctrica de pulsos (PWM) y el valor de la resistencia total equivalente (RS) entre el primer borne (3a) y el segundo borne (3b) del dispositivo electrónico (3) de medición de acuerdo con la señal eléctrica de pulsos, en función de la siguiente relación:

$$RS = (R9/DC) * RF / ((R9/DC) + RF)$$

en donde DC es el ciclo de trabajo de la señal eléctrica de pulsos (PWM).

12. Un sistema (1)(40) de medición de humedad que comprende:

un aparato electrónico (3) de medición que está provisto de: al menos un primer borne (3a), y un módulo (5) de procesamiento, que está configurado para determinar la humedad en función de la tensión de medición (VS) en dicho borne (3a), y
un dispositivo (2)(42) de medición de humedad fabricado de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores:
dicho módulo (5) de procesamiento está configurado para detectar una variación de la tensión de medición (VS) en función de la variación de dicha resistencia equivalente (RS).

FIG. 1

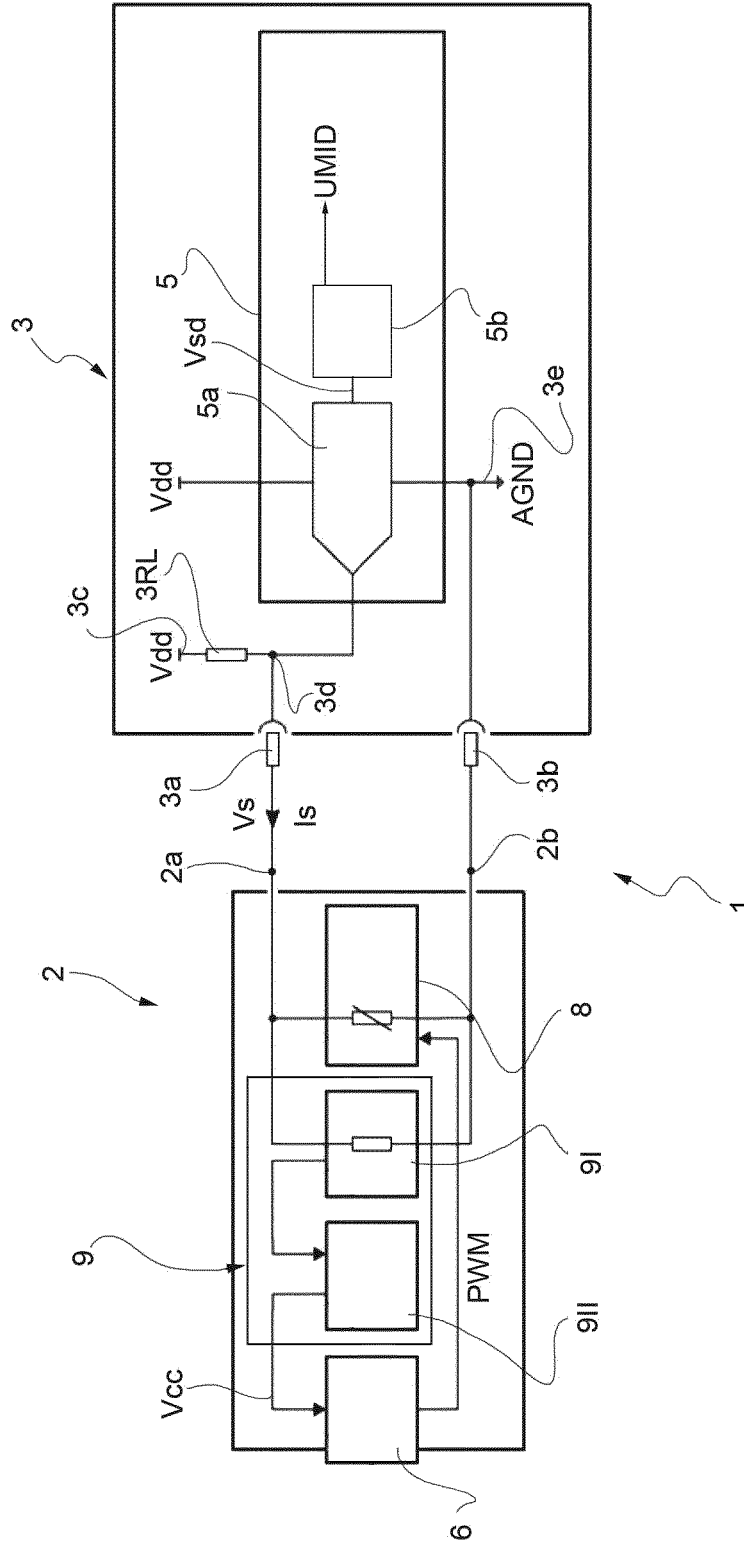


FIG. 2

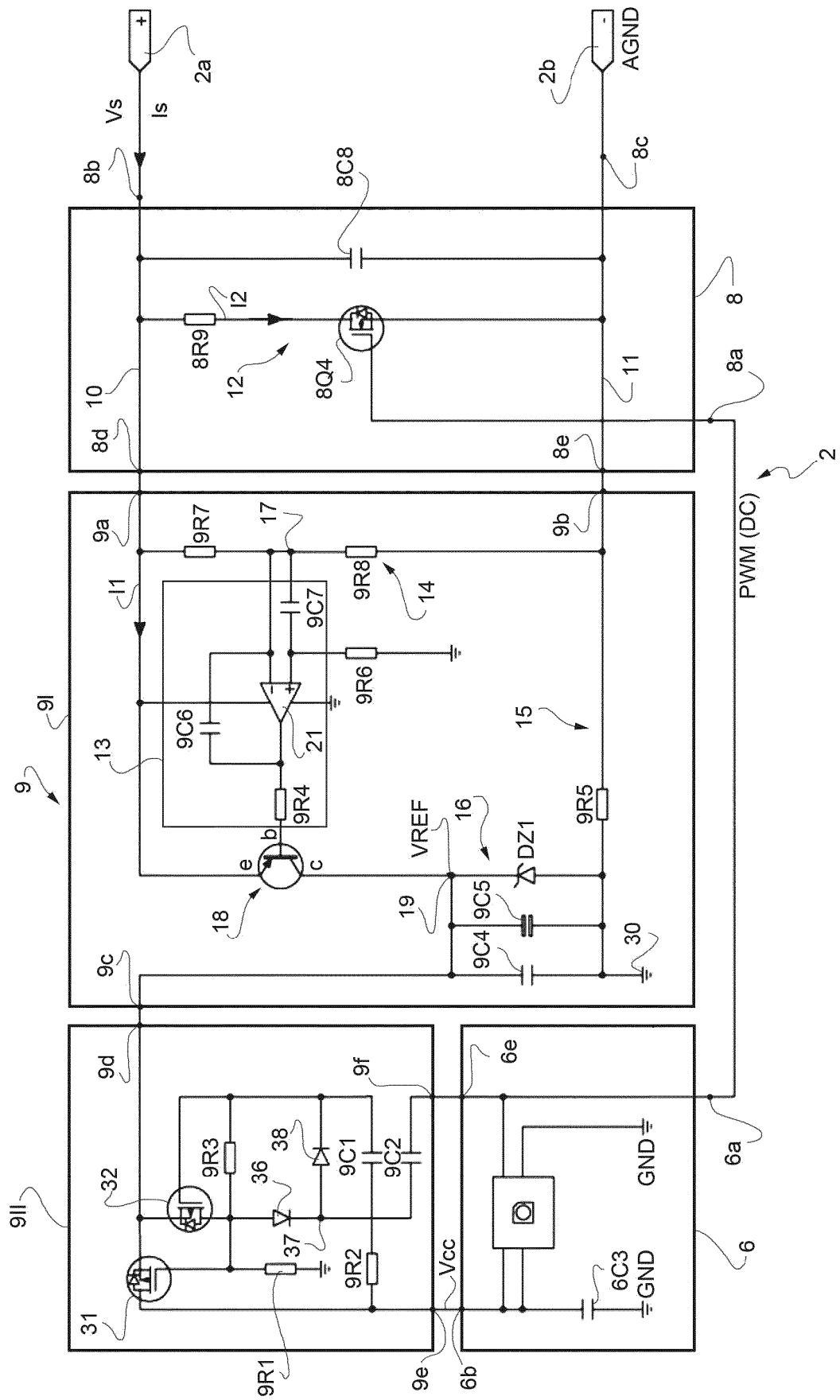


FIG. 4

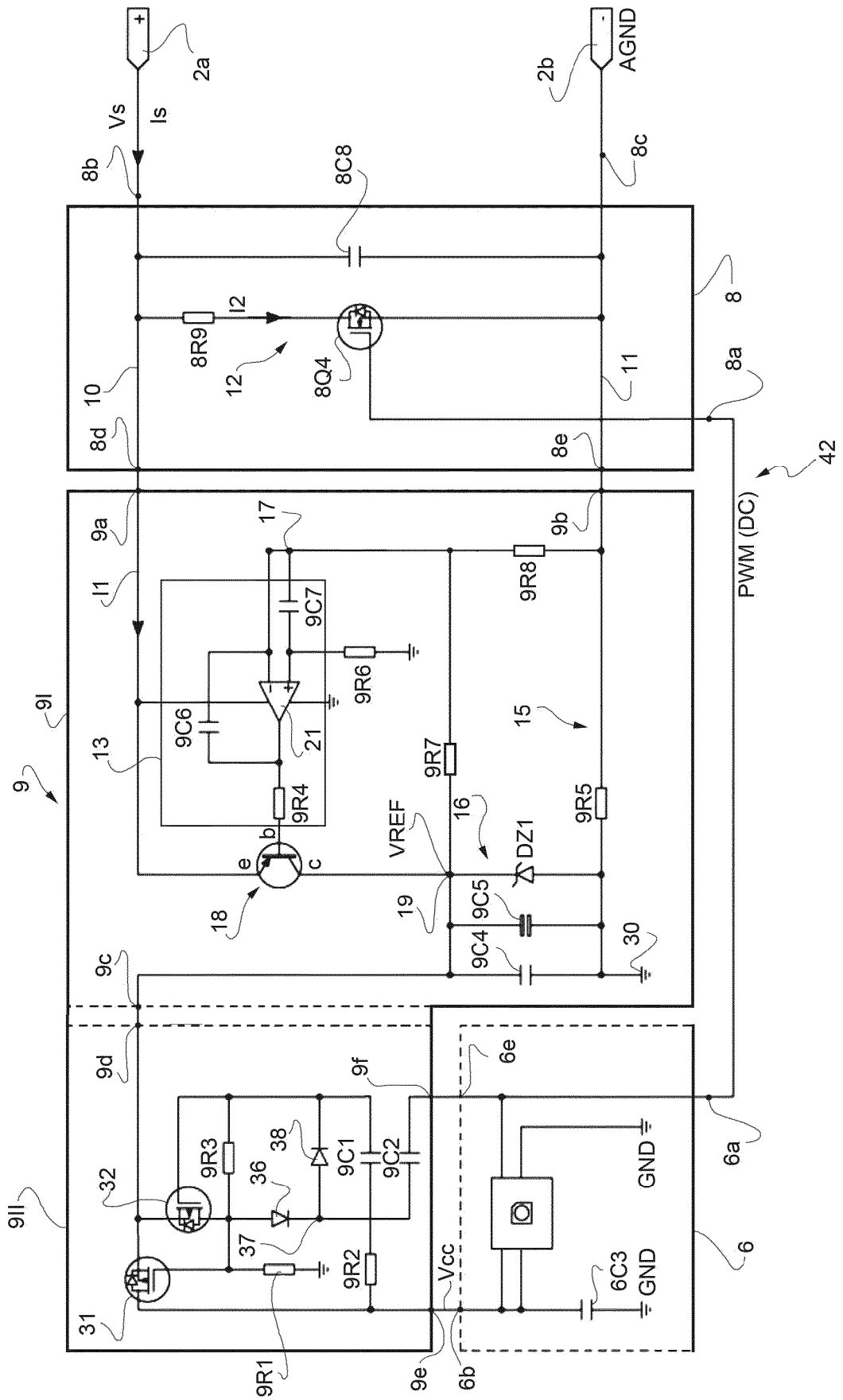
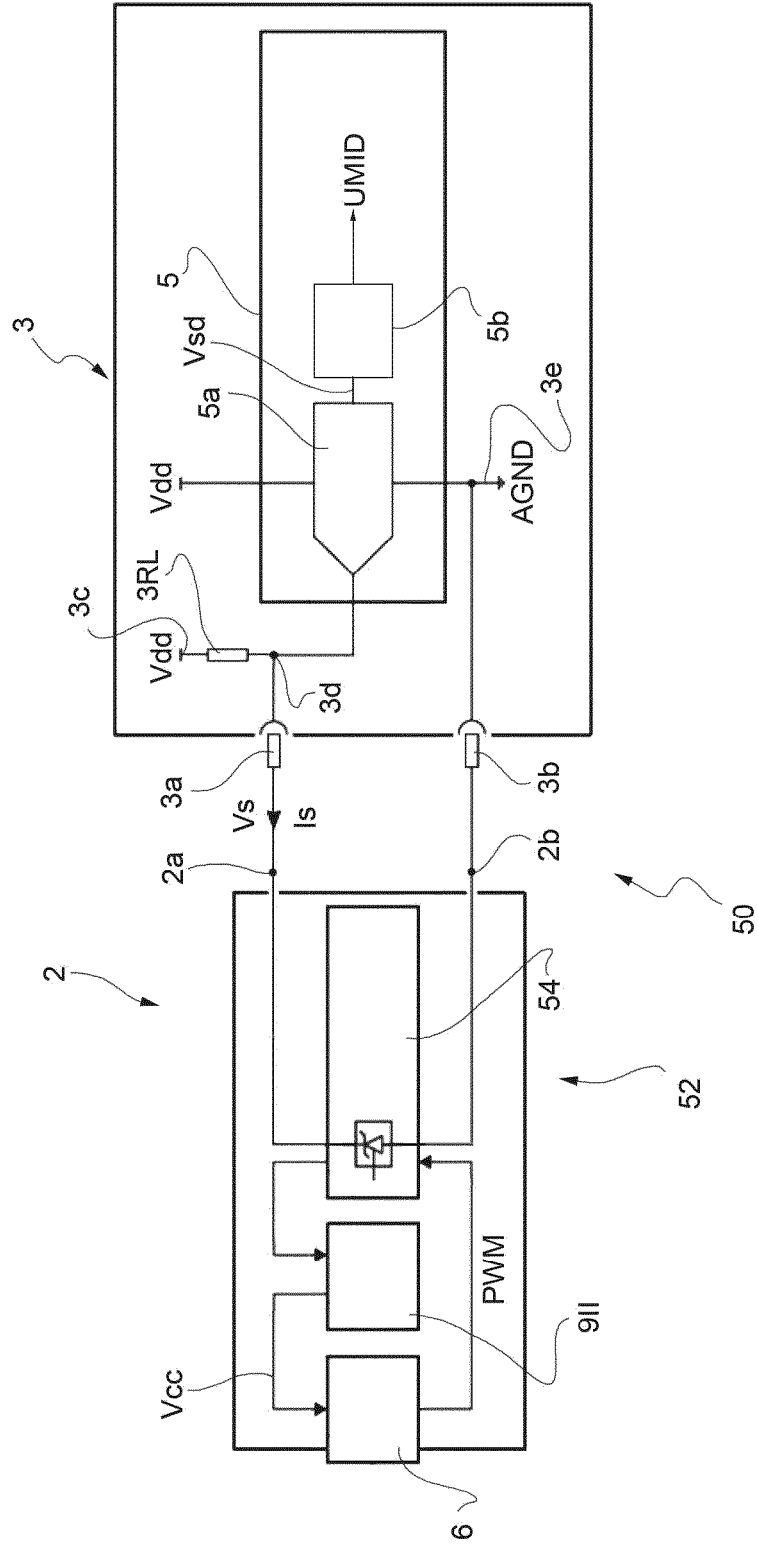


FIG. 5



6.6

