

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 511 217**

51 Int. Cl.:

**H03F 3/08**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.03.2012 E 12158623 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.07.2014 EP 2501036**

54 Título: **Disposición de circuito para evaluar mediciones fotoeléctricas**

30 Prioridad:

**17.03.2011 AT 1572011**

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

**22.10.2014**

73 Titular/es:

**DITEST FAHRZEUGDIAGNOSE GMBH (100.0%)  
Alte Poststrasse 152  
8020 Graz, AT**

72 Inventor/es:

**AXMANN, HARALD y  
EICHBERGER, BERND**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 511 217 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

Disposición de circuito para evaluar mediciones fotoeléctricas

- 5 La invención se refiere a una disposición de circuito para evaluar mediciones fotoeléctricas, en particular para la medición de luz difusa de partículas en el gas de escape de motores de combustión interna, con un detector que proporciona una corriente fotoeléctrica analógica basándose en la luz que va a medirse, un amplificador de transimpedancia conectado en el lado de entrada con el mismo así como un convertidor analógico-digital (ADC) conectado con la salida del amplificador de transimpedancia con un nivel de entrada diferencial, cuya salida proporciona una señal digital proporcional a la luz que va a medirse para una unidad de evaluación digital conectada.
- 10 Hoy en día se utilizan para mediciones fotoeléctricas como detectores sensibles a la luz en la mayoría de los casos fotodiodos que proporcionan una corriente de salida proporcional a la luz incidente que se evalúa en una disposición de circuito adecuada. Especialmente en el caso de intensidades de luz absolutas pequeñas de la luz incidente así como también en el caso de pequeños cambios que se pueden detectar durante el desarrollo temporal de la intensidad de luz son necesarias configuraciones especiales de estas disposiciones de circuito para evitar que ruidos de fondo y perturbaciones del entorno impidan mediciones significativas.
- 15 En particular en aparatos para medir concentraciones de partículas, tal como se utilizan, por ejemplo, también para la medición de gas de escape en motores diésel como máquinas de accionamiento para vehículos, los requisitos con respecto a un aumento de la sensibilidad para la medición del gas de escape también de motores de combustión interna modernos han aumentado cada vez más en los últimos años, lo que ha llevado a que se hayan desarrollado aparatos de medición a base de la medición de luz difusa que aún pueden medir también de manera fiable concentraciones extremadamente pequeñas de partículas, estando disponible, sin embargo, sólo una luz difusa muy débil que aumenta adicionalmente los requisitos de calidad con respecto al circuito de evaluación utilizado.
- 20 Las disposiciones de circuito del tipo mencionado al inicio conocidas hasta el momento y adecuadas en principio para evaluar mediciones fotoeléctricas utilizan en la interfaz de la región analógica con la región digital para aplicaciones de precisión unos ADC de alta resolución con un nivel de entrada diferencial que con respecto a variantes de terminación sencilla y pseudodiferenciales ofrecen grandes ventajas en particular con respecto a la supresión de perturbaciones y la sensibilidad de señal en el caso de intensidades pequeñas de señal. Resulta siempre problemático en particular en el caso de corrientes fotoeléctricas extremadamente pequeñas demostrables o de alta resolución temporal el amplificador de transimpedancia necesario para la conversión de la corriente fotoeléctrica entre la salida del detector y la entrada de tensión de los ADC habituales con un nivel de entrada diferencial o su circuito que debe posibilitar una conversión con poco ruido y con pocas perturbaciones de la corriente fotoeléctrica muy pequeña en una tensión diferencial con una amplificación muy elevada al mismo tiempo y un rechazo de modo común igual de alto.
- 25 El objetivo de la presente invención es cumplir con los requisitos mencionados en último lugar con respecto a la disposición de circuito en particular con respecto al amplificador de transimpedancia y, con ello, asegurar una evaluación lo más precisa y libre de perturbaciones posible incluso de las corrientes fotoeléctricas más pequeñas.
- 35 Circuitos utilizados hasta el momento en contextos de este tipo tienen una estructura similar a un amplificador de instrumentación. La corriente fotoeléctrica se refleja en un nivel intermedio como tensión diferencial, aunque se convierte directamente en una señal unipolar (de terminación sencilla) con respecto a un potencial de referencia, preferiblemente a tierra.
- 40 Además, son conocidos circuitos que realizan una preparación completamente diferencial de señales, pero que sólo amplifican señales alternas – filtran la parte idéntica con condensadores en el trayecto de señal. A modo de ejemplo cabe mencionar en este caso la patente estadounidense 5343160. Sin embargo, desde el punto de vista electrónico, el circuito dado a conocer en el mismo tiene una serie de inconvenientes. Existen fuentes de tensión sin potencial, la región dinámica está limitada, lo que sobre todo en el caso de tensiones de alimentación bajas puede llevar a problemas, además no está claro el punto de trabajo de tensión continua. Además, la configuración simétrica de las fuentes de tensión ni es necesaria ni ventajosa, las dos fuentes se pueden agrupar sin problemas para formar una única fuente. En la aplicación concreta, la parte idéntica (corriente continua) de la señal de medición constituye un parámetro fundamental, por lo que un acoplamiento de corriente alterna en el amplificador no es adecuado.
- 45 En el caso de un circuito adicional, conocido por el documento US2001/0050333 A1, se trata de un circuito de recepción fotoeléctrico que es adecuado para convertir señales ópticas de alta frecuencia en señales de tensión eléctricas. Para ello, la señal del fotodiodo se convierte en primer lugar, con un acoplamiento de corriente continua, en una tensión diferencial, sin embargo, a continuación se elimina la parte idéntica a través de condensadores. Para procesarse adicionalmente, la señal se debe preparar a través de un amplificador diferencial adicional. A este respecto, las frecuencias límite inferiores del trayecto de señal positivo y negativo no sólo dependen de los
- 50
- 55

condensadores usados sino también de la resistencia de entrada del amplificador. Circuitos de este tipo son muy adecuados para la transmisión de datos con una tasa de transmisión de datos elevada, sin embargo, debido al acoplamiento de corriente alterna no son adecuados para la detección continua de las cantidades de luz más pequeñas.

5 Por tanto, el objetivo de la amplificación de alta precisión de acuerdo con la presente invención se consigue en una disposición de circuito del tipo mencionado al inicio por que para la conversión directa de la corriente fotoeléctrica en una tensión diferencial se utiliza un amplificador de transimpedancia con un acoplamiento continuo de corriente continua entre el detector y el ADC que presenta dos ramas de amplificador de transimpedancia de estructura simétrica y activadas de manera diferencial que están previstas respectivamente entre una de las salidas de corriente del detector y una de las entradas de tensión del ADC. La disposición de circuito de acuerdo con la invención proporciona una conversión diferencial de corriente en tensión utilizando los componentes constructivos de referencia de alta precisión que son necesarios como mínimo aprovechando al mismo tiempo óptimamente la región dinámica. La preparación de señales se realiza de manera completamente diferencial, una conversión de terminación sencilla en diferencial con sus posibles inconvenientes no es necesaria. A partir de la corriente fotoeléctrica se genera directamente una señal de tensión diferencial que no está relacionada con el potencial de tierra que posiblemente está perturbado. La transimpedancia necesaria para la conversión de corriente en tensión se reparte respectivamente a mitades por las dos ramas de amplificador. Una ventaja adicional es a este respecto el funcionamiento del fotodiodo sin tensión previa, por lo que se mejoran claramente la sensibilidad, la estabilidad y la precisión con respecto a disposiciones de circuito con un fotodiodo operado bajo una tensión previa. Además, mediante el acoplamiento de corriente continua se evitan los problemas de filtros paso alto y su emparejamiento en la respuesta de frecuencia.

En una configuración preferida de la invención está previsto en las dos ramas de amplificador respectivamente un amplificador operacional conectado con una entrada de señal con respectivamente una salida de corriente del detector, estando esta entrada de señal retroacoplada además a través de una red de retroacoplamiento con al menos una resistencia de referencia con la salida del amplificador operacional y estando la otra entrada del amplificador operacional conectada con una fuente de tensión de referencia. Perturbaciones en la tensión de referencia se producen de este modo sólo como perturbación de modo común y no influyen en la calidad de señal con el rechazo elevado del modo común (*common mode rejection ratio*, CMRR) del ADC. Las resistencias de referencia en ambas ramas de amplificador tienen el mismo valor que determina el grado de la amplificación – cuanto más alto es el valor, mayor es la tensión que resulta de la corriente fotoeléctrica.

La tensión de referencia se puede dividir en dos resistencias igual de grandes y se puede utilizar para la modulación simétrica de las entradas del siguiente ADC por la mitad de la tensión de referencia. Estas resistencias para dividir la tensión de referencia se deberían elegir lo suficientemente grandes para no cargar demasiado la fuente de tensión de referencia, pero lo suficientemente pequeñas para que el centro no adquiera una resistencia elevada, y, con ello, se vuelva propenso a fallos. El valor absoluto de la tensión media se omite en la formación de diferencia en el ADC y por tanto es irrelevante para la precisión de la disposición de circuito.

En una configuración preferible adicional de la invención, la red de retroacoplamiento de cada uno de los dos amplificadores operacionales puede presentar al menos un condensador conectado en paralelo a la resistencia de referencia, lo que sirve para corregir la respuesta de fase. Sin estos condensadores, la disposición de circuito podría empezar a oscilar debido a la capacidad interna del fotodiodo. Para suprimir este comportamiento se pueden calcular los valores de capacidad correspondientes a partir de los valores de capacidad del fotodiodo y aquéllos de las entradas de los amplificadores operacionales.

En una configuración adicional de la invención, las entradas de señal de los amplificadores operacionales conectadas con el detector pueden estar conectadas con una fuente de corriente constante para especificar una corriente de desplazamiento. La razón subyacente a esta configuración es que la luz que se puede demostrar a través del fotodiodo o a través del fotodetector sólo puede provocar una modulación unidireccional, por lo que sólo se aprovecha la mitad de la región de modulación diferencial. Al especificar una corriente de desplazamiento se puede ampliar de manera sencilla la región de modulación.

Para representar la fuente de corriente constante, las entradas de señal de los amplificadores operacionales conectadas con el detector pueden estar conectadas respectivamente a través de una resistencia, que preferiblemente es al menos aproximadamente idéntica a la resistencia de referencia en el retroacoplamiento, por un lado, a la fuente de tensión de referencia, y, por otro lado, a tierra. Cuando, en el caso de este suministro sencillo de la corriente de desplazamiento, las resistencias se eligen de modo que son idénticas a la resistencia de referencia en el respectivo retroacoplamiento, se puede aprovechar toda la región de modulación.

La invención se explica a continuación en más detalle mediante los ejemplos representados esquemáticamente en las dos figuras de disposiciones de circuito correspondientes.

La estructura básica de las disposiciones de circuito de acuerdo con la figura 1 y la figura 2 es idéntica y también se describe conjuntamente - el ejemplo de realización de acuerdo con la figura 2 se diferencia sólo en que en este caso las entradas de señal de los amplificadores operacionales de las dos ramas de amplificador de transimpedancia, que están conectadas con el detector, están conectadas con una fuente de corriente constante para especificar una corriente de desplazamiento.

La disposición de circuito representada en ambos casos sirve, por ejemplo, para la medición de luz difusa de partículas en el gas de escape de motores de combustión interna y presenta un detector 1 que proporciona una corriente fotoeléctrica analógica basándose en la luz que va a medirse (flechas 1), un amplificador de transimpedancia 2 conectado en el lado de entrada con el mismo así como un ADC no representado en más detalle en este caso, conectado con la salida del amplificador de transimpedancia 2 con un nivel de entrada diferencial (ADC+, ADC-), cuya salida proporciona entonces una señal digital proporcional a la luz 1 que va a medirse para una unidad de evaluación digital conectada que tampoco está representada en más detalle. El amplificador de transimpedancia 2 presenta dos ramas de amplificador de transimpedancia 3, 4 con una estructura totalmente simétrica y activadas de manera diferencial para la conversión directa de la corriente fotoeléctrica en una tensión diferencial que están previstas respectivamente entre una de las salidas de corriente del detector D1 y una de las entradas de tensión (ADC+, ADC-) del ADC. En las dos ramas de amplificador 3, 4 está previsto respectivamente un amplificador operacional (IC1A, IC1B) conectado con una entrada de señal (-) con respectivamente una salida de corriente del detector D1, estando retroacoplada esta entrada de señal (-) además a través de una red de retroacoplamiento 5, 6 con al menos una resistencia de referencia (R5, R6) con la salida del amplificador operacional (IC1A, IC1B). La otra entrada (+) del amplificador operacional (IC1A, IC1B) está conectada respectivamente con una fuente de tensión de referencia 7.

La fuente de tensión de referencia 7 tiene en este caso dos resistencias R1, R2 que son igual de grandes y que dividen la tensión de referencia existente en VREF y la tierra (GND) por la mitad. El condensador C2 sirve sólo para alisar y eliminar posibles perturbaciones. El siguiente ADC requiere una modulación diferencial por la mitad de la tensión de referencia, tolerándose una desviación de un pequeño porcentaje. El valor absoluto de la tensión media se elimina en la formación de diferencia en el ADC y por tanto es irrelevante para la precisión. Por este motivo, la tensión de referencia alimentada como tensión media se puede realizar de manera sencilla a través de un divisor de tensión.

Las dos partes de la disposición de circuito representadas respectivamente en la parte inferior a la derecha muestran sólo la alimentación de tensión de los dos amplificadores operacionales IC1A, IC1B también a través de la tensión de referencia.

Tal como se puede ver en las dos figuras, todo el trayecto de señal desde el detector óptico D1 hasta el ADC tiene una estructura simétrica y está modulado de manera diferencial. Se trata de una preparación completamente diferencial de señales que no implica una conversión temporal de terminación sencilla en diferencial. A partir de la corriente fotoeléctrica se genera directamente una señal de tensión diferencial que no está relacionada con el potencial de tierra que posiblemente está perturbado. Perturbaciones en la tensión de referencia sólo pueden producirse como perturbación de modo común y no influyen en la calidad de señal debido al alto rechazo de modo común del ADC. Una ventaja adicional es la operación dada en este caso del fotodiodo sin tensión previa, por lo que se pueden mejorar claramente la sensibilidad, la estabilidad y la precisión con respecto a un circuito con una tensión previa.

Los dos amplificadores operacionales IC1A, IC1B utilizados se pueden configurar de manera ventajosa también en una forma monolítica conjuntamente como circuito integrado, lo que da como resultado unas propiedades de emparejamiento ventajosas.

Tal como se mencionó, en la disposición de circuito de acuerdo con la figura 2 está especificada una corriente de desplazamiento que amplía la región de modulación. La razón subyacente a ello es que la luz 1 en D1 sólo puede provocar una modulación unidireccional, por lo que sólo se aprovecha la mitad de la región de modulación diferencial. Al especificar una corriente de desplazamiento, la región de modulación se puede ampliar, estando disponible toda la región de modulación cuando las resistencias de referencia R5 y R6 en el retroacoplamiento de los amplificadores operacionales IC1A, IC1B son idénticas a las resistencias R7 y R8 de la tensión de referencia VREF de nuevo existente en este caso.

**REIVINDICACIONES**

1. Disposición de circuito para evaluar mediciones fotoeléctricas, en particular para la medición de luz difusa de partículas en el gas de escape de motores de combustión interna, con un detector (D1) que proporciona una corriente fotoeléctrica analógica basándose en la luz (1) que va a medirse, un amplificador de transimpedancia (2) conectado en el lado de entrada con el mismo así como un convertidor analógico-digital (ADC) conectado con la salida del amplificador de transimpedancia (2) con un nivel de entrada diferencial, cuya salida proporciona una señal digital proporcional a la luz (1) que va a medirse para una unidad de evaluación digital conectada, caracterizada porque para la conversión directa de la corriente fotoeléctrica en una tensión diferencial se utiliza un amplificador de transimpedancia (2) con un acoplamiento continuo de corriente continua entre el detector (D1) y el ADC, que presenta dos ramas de amplificador de transimpedancia (3, 4) de estructura simétrica y activadas de manera diferencial que están previstas respectivamente entre una de las salidas de corriente del detector (D1) y una de las entradas de tensión (ADC+, ADC-) del ADC.
2. Disposición de circuito de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada porque en las dos ramas de amplificador (3, 4) está previsto respectivamente un amplificador operacional (IC1A, IC1B) conectado con una entrada de señal (-) con respectivamente una salida de corriente del detector (D1), por que esta entrada de señal (-) está retroacoplada además a través de una red de retroacoplamiento (5, 6) con al menos una resistencia de referencia (R5, R6) con la salida del amplificador operacional (IC1A, IC1B), y por que la otra entrada (+) del amplificador operacional (IC1A, IC1B) está conectada con una fuente de tensión de referencia (7).
3. Disposición de circuito de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizada porque la red de retroacoplamiento (5, 6) presenta al menos un condensador (C5, C6) conectado en paralelo a la resistencia de referencia.
4. Disposición de circuito de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada porque para especificar una corriente de desplazamiento, las entradas de señal (-) de los amplificadores operacionales (IC1A, IC1B) conectadas con el detector (D1) están conectadas con una fuente de corriente constante.
5. Disposición de circuito de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizada por que, para representar la fuente de corriente constante, las entradas de señal (-) de los amplificadores operacionales (IC1A, IC1B) conectadas con el detector (D1) están conectadas respectivamente a través de una resistencia (R7, R8), que preferiblemente es al menos aproximadamente idéntica a la resistencia de referencia (R5, R6) en el retroacoplamiento, por un lado, a la fuente de tensión de referencia (VREF, 7), y, por otro lado, a tierra (GND).

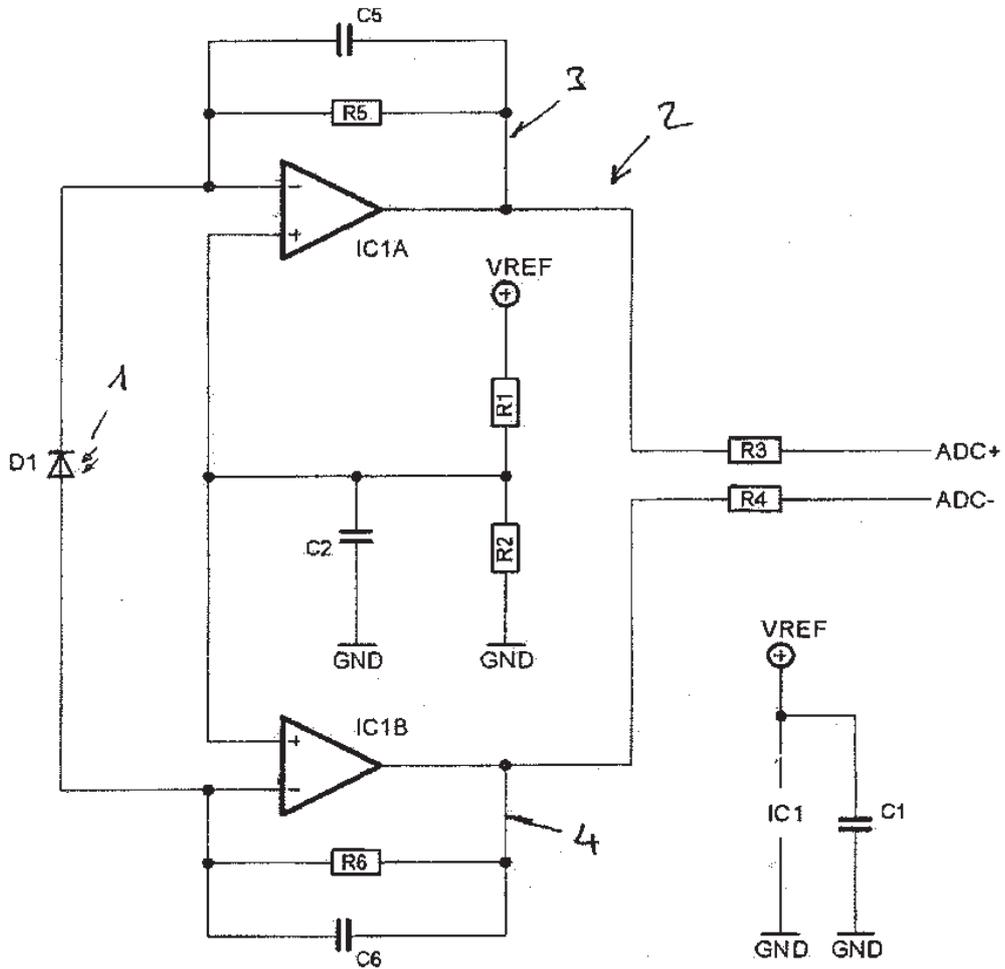


Fig. 1

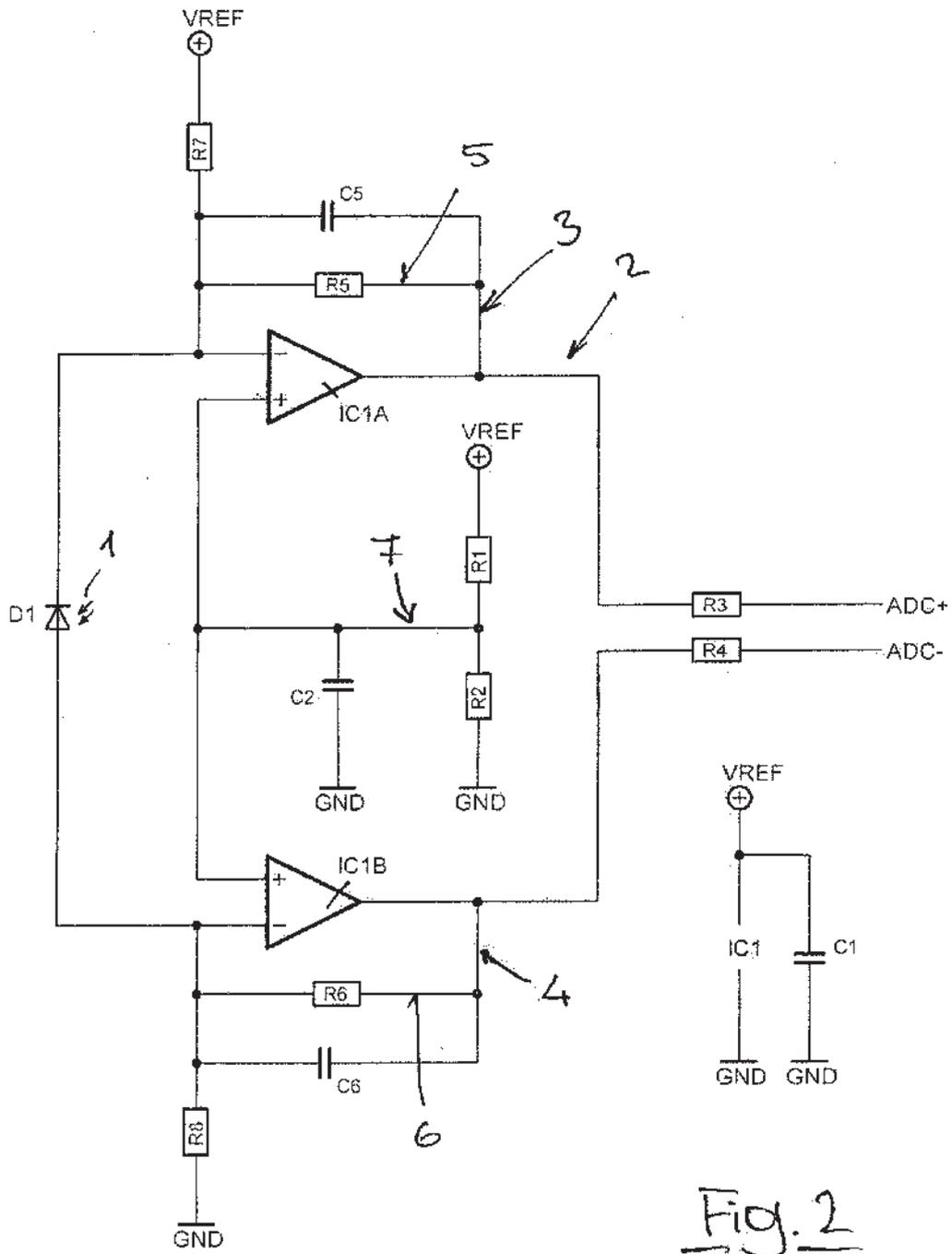


Fig. 2