(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 334 868**

(21) Número de solicitud: 200701601

(51) Int. Cl.:
G01J 1/44 (2006.01)

(12) SOLICITUD DE PATENTE A1

(22) Fecha de presentación: **11.06.2007**

(43) Fecha de publicación de la solicitud: **16.03.2010**

(43) Fecha de publicación del folleto de la solicitud: **16.03.2010**

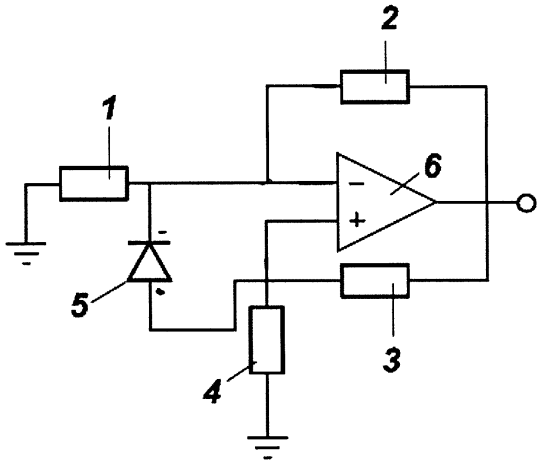
(71) Solicitante/s: **Universidad Politécnica de Madrid**
c/ Ramiro de Maeztu, 7
28040 Madrid, ES

(72) Inventor/es: **Hernández Perdomo, Wilmar**

(74) Agente: **No consta**

(54) Título: **Fotómetro lineal robusto de ganancia variable.**

(57) Resumen:
Fotómetro lineal robusto de ganancia variable.
La presente invención se refiere a un nuevo circuito fotométrico lineal robusto de ganancia variable basado en compensaciones retroactivas tanto positiva como negativa. Aquí, el amplificador de transimpedancia utilizado para convertir la fotocorriente en tensión es compensado con retroacción positiva, con el objetivo de hacer que el circuito multilazo robustezca la fotocorriente, compensado las variaciones de corriente que atraviesan el fotodiodo mientras mantiene a cero la caída de tensión entre sus terminales. El nuevo dispositivo fotométrico es robusto frente a variaciones e incertidumbres en los parámetros de los fotodiodos y frente a variaciones en las condiciones ambientales, tales como variaciones de temperatura durante el proceso de medición, disminuyendo considerablemente la desviación de la señal de salida desde el valor verdadero de medida frente a incertidumbres paramétricas y a efectos no deseados debidos a la dinámica no modelada que se manifiestan como ruido de medida.



ES 2 334 868 A1

DESCRIPCIÓN

Fotómetro lineal robusto de ganancia variable.

Sector técnico

La invención se encuadra en el sector técnico de tecnología electrónica, más concretamente en el relativo al diseño de circuitos y dispositivos fotoeléctricos (fotómetros).

Estado de la técnica

Actualmente, dentro del desarrollo de dispositivos lineales para medir intensidad de luz utilizando fotodiodos, el método físico básico de medida que más se emplea es el del amplificador de transimpedancia. Dicho dispositivo de medida se basa en conectar un fotodiodo entre los terminales de entrada negativa y positiva de un amplificador operacional y aplicar retroalimentación negativa al amplificador; de esta forma la relación entre la tensión de salida del amplificador y la corriente fotogenerada que circula a través del fotodiodo depende de la retroalimentación negativa (pasiva o activa) aplicada al amplificador operacional. Esta configuración de amplificador de transimpedancia es un conversor corriente-tensión.

Los dispositivos basados en el circuito descrito arriba tienen varias ventajas, donde es importante destacar que si la retroalimentación negativa es lineal, entonces la tensión de salida de dispositivo en función de la corriente fotogenerada es lineal, porque se fuerza a que la tensión entre el ánodo y el cátodo del fotodiodo sea constante (en concreto, cero) y, por tanto, que la respuesta del mismo sea sólo por corriente, siendo esta corriente la corriente de cortocircuito. Los dispositivos fotodetectores basados en este principio de medida han demostrado hasta la fecha ser los más eficientes y fiables en cuanto a la realización de medidas lineales de la intensidad de luz. Por lo que son los más utilizados hasta la fecha en fotómetros para realizar este tipo de medidas.

Ejemplos de fabricantes de dispositivos electrónicos y circuitos integrados que diseñan fotodiodos y circuitos de acondicionamiento de señal, los cuales pueden venir integrados dentro del mismo chip, para fotodiodos utilizando el amplificador de transimpedancia explicado anteriormente, son Burr-Brown, Texas Instruments, Analog Devices, GIGA, Sipex Corporation e Integrated Photomatrix Limited.

Además, en la literatura sobre principios físicos de medida con fotodiodos se pueden encontrar varios circuitos básicos. En concreto, ejemplos de circuitos básicos de medida reportados hasta el momento en la literatura científica y que tienen relación con el inventado en esta patente, son los siguientes:

1) Circuito fotométrico basado en un amplificador operacional con retroalimentación negativa, un fotodiodo y dos resistores. En este circuito el ánodo del fotodiodo está conectado al terminal de entrada negativo del amplificador operacional y el cátodo del fotodiodo está conectado a un nodo formado por la unión de un resistor cuyo otro terminal está conectado al terminal de salida del amplificador operacional, y de otro resistor cuyo segundo terminal está conectado a tierra. Además, el terminal de entrada positiva del amplificador operacional está conectado a tierra.

   Esta configuración tiene dos problemas fundamentales. El primero es que aquí la señal de salida varía de forma no-lineal en función de la intensidad de luz, y el segundo que la sensibilidad a la variación de los parámetros eléctricos del fotodiodo es grande.

   Comparación con el circuito fotométrico presentado en esta patente:

   El circuito fotométrico presentado en esta patente está formado por un amplificador operacional con retroalimentación negativa y positiva, un fotodiodo y cuatro resistores, los cuales pudieran tener algún condensador en paralelo en caso de necesidad.

   El circuito objeto de la presente patente es un fotómetro lineal robusto de ganancia variable caracterizado por contener un fotodiodo cuya operación es controlada por un amplificador operacional con retroalimentaciones negativa y positiva, que impone una caída de tensión fija entre los terminales del fotodiodo (es decir, el ánodo y el cátodo del fotodiodo) y que lo fuerza a trabajar en modo corriente para cualquier rango de longitudes de ondas. El fotodiodo se ubica directamente entre el terminal de entrada positivo del amplificador operacional y el terminal de entrada negativa del amplificador operacional, con el ánodo del fotodiodo conectado al terminal de entrada positiva y el cátodo conectado al terminal de entrada negativa. Por lo que el fotodiodo no se encuentra conectado directamente a tierra.

   Además, la retroalimentación negativa esta formada por una red que se conecta entre el cátodo del fotodiodo y la tierra del circuito fotométrico, y otra red que se conecta entre el cátodo del fotodiodo y la salida del amplificador. También, la retroalimentación positiva esta formada por una red que se conecta entre el ánodo del fotodiodo y la salida del amplificador operacional, y otra red que se conecta entre el ánodo del fotodiodo y la tierra del circuito fotométrico.

Por último, el fotómetro lineal robusto presentado en la presente patente también está caracterizado porque la ganancia del circuito fotométrico se puede variar de forma lineal variando los valores de las ganancias de los lazos de retroalimentación sin necesidad de conectar en cascada otras etapas amplificadoras. Si las redes que forman los lazos de retroalimentación están formadas por elementos activos, la ganancia del fotómetro se puede variar variando la ganancia de dichas redes. Si las redes están formadas por elementos pasivos, la ganancia del fotómetro se puede variar trabajando con redes pasivas de impedancia variable.

En la invención presentada en esta patente los dos problemas (entre otros) que tiene la configuración eléctrica del circuito fotométrico mencionado en el apartado 1) son resueltos satisfactoriamente. En concreto, la señal de salida del circuito fotométrico presentado en esta patente es ultra-lineal y dicho circuito es prácticamente inmune a las variaciones en los parámetros del fotodiodo. Además, la estabilidad térmica del circuito objeto de la presente invención es mucho mejor que la del circuito con el cual se está comparando.

2) Circuito fotométrico basado en un conversor corriente-tensión formado por un amplificador operacional, un fotodiodo y un resistor, el cual pudiera estar en paralelo con un condensador. En este circuito el cátodo del fotodiodo conectado al terminal de entrada negativa del amplificador operacional y el ánodo del fotodiodo conectado a tierra. Además, el terminal de entrada positiva del amplificador operacional está conectado a tierra y su terminal de entrada negativa está conectado a un nodo formado por la unión del resistor, el cual pudiera estar en paralelo con un condensador, de retroalimentación negativa y el cátodo del fotodiodo.

Esta configuración tiene varios problemas eléctricos. En primer lugar, la sensibilidad a la variación de los parámetros eléctricos del fotodiodo es muy grande. En segundo lugar, como el fotodiodo no se encuentra formando parte del lazo de retroalimentación, éste está ubicado en lazo abierto y cualquier variación o incertidumbre en sus parámetros eléctricos afecta considerablemente la respuesta de salida del circuito. Por último, la estabilidad térmica de este circuito no es muy buena.

Comparación con el circuito fotométrico presentado en esta patente:

En la invención presentada en esta patente los problemas planteados en el párrafo anterior son resueltos satisfactoriamente. En concreto, el circuito presentado en esta patente es prácticamente inmune a las variaciones en los parámetros del fotodiodo y su estabilidad térmica es mucho mejor que la del circuito con el cual se compara arriba.

3) Circuito fotométrico basado en un conversor corriente-tensión formado por dos amplificadores operacionales formando un amplificador compuesto, un fotodiodo, dos o tres resistores y un condensador. Este circuito es igual al típico conversor corriente-tensión explicado arriba con la diferencia de que en vez de trabajar con un único amplificador operacional se trabaja con dos amplificadores operacionales formando un amplificador compuesto, uno de los amplificadores operacionales se emplea como amplificador de entrada en lazo abierto con el terminal de entrada negativa conectado a tierra y el terminal de entrada positiva conectado al cátodo del fotodiodo, y el otro amplificador operacional se pone en cascada con el primero en configuración de integrador. Además, en este circuito el lazo de retroalimentación negativa global va desde la salida del integrador hasta la entrada positiva del primer amplificador operacional. El integrador lo forman con dos resistores y un condensador.

Este circuito tiene los mismos problemas que el conversor corriente-tensión explicado arriba, lo único que su respuesta frente al ruido es mejor.

Comparación con el circuito fotométrico presentado en esta patente:

Teniendo en cuenta la información dada en párrafos anteriores sobre el circuito presentado en esta patente, el circuito fotométrico objeto de la presente patente soluciona los problemas que presenta el conversor corriente-tensión explicado en el párrafo anterior.

4) Circuito fotométrico formado por un conversor corriente-tensión basado en un amplificador operacional, un fotodiodo y tres resistores. Este circuito es similar al conversor corriente-tensión explicado en el apartado 2), pero aquí ni el ánodo del fotodiodo ni el terminal positivo del amplificador operacional están conectados a tierra, sino que ambos están conectados a un resistor (resistor 1) cuyo otro terminal está conectado a tierra. Por lo que solo hay una retroalimentación negativa aplicada el amplificador operacional, implementada poniendo un resistor (resistor 2) entre la salida del amplificador operacional y su entrada negativa, y el otro resistor (resistor 3) entre la entrada negativa del amplificador operacional y tierra.

Este circuito tiene el problema de que su rechazo al ruido de alta frecuencia es muy bajo, además es muy sensible a perturbaciones e incertidumbres en los parámetros del fotodiodo.

Comparación con el circuito fotométrico presentado en esta patente:

En la invención presentada en esta patente los dos problemas planteados en el párrafo anterior son resueltos satisfactoriamente. Además, la estabilidad térmica del circuito presentado en esta patente es mucho mejor que la del circuito con el cual se compara en los dos párrafos anteriores.

5) Por último, otro circuito fotométrico que tiene relación con el presentado en esta patente y que vale la pena mencionar, es el formado por el típico amplificador de instrumentación basado en tres amplificadores operacionales, dos amplificadores operacionales en la etapa de entrada y el otro formando el restador de salida.

Aquí, el fotodiodo está ubicado entre los terminales de entrada negativa de los dos primeros amplificadores operacionales, y los terminales de entrada positiva de dichos amplificadores operacionales están conectados a tierra. Además, para formar los respectivos conversores corriente-tensión, se conecta un resistor entre el terminal de salida y el terminal de entrada negativa de cada uno de los dos amplificadores operacionales de la etapa de entrada del amplificador de instrumentación.

De esta forma, los componentes pasivos que forman el circuito básico de medida son los siguientes: dos resistores para la etapa de entrada y cuatro resistores para la etapa de salida, formada por el amplificador restador.

Este circuito tiene el problema de que la sensibilidad de la salida a las variaciones e incertidumbres en los parámetros del fotodiodo es grande y su estabilidad térmica no es muy buena.

Comparación con el circuito fotométrico presentado en esta patente:

Como bien se ha comentado en párrafos anteriores, en la invención presentada en esta patente los dos problemas planteados en el párrafo anterior son resueltos satisfactoriamente.

Existen también otros circuitos fotométricos que realizan la medición de la intensidad de luz incidente sobre el fotodiodo utilizando otros modos de medida diferentes a los descritos como los expuestos en publicaciones de Burr-Brown, M. Jonson, J. Graeme y R. Pallas-Areny & J. G. Webster.

Diversas patentes diseñan sistemas basados en circuitos fotométricos donde el elemento básico sensor es el fotodiodo conectado al amplificador de transimpedancia:

En la patente "regulación automática de enfoque" con número de publicación ES 2 064 763, se describe un circuito de regulación de enfoque para un dispositivo de exploración óptico, en el cual un haz luminoso se lleva con la ayuda de un circuito de regulación de pistas a lo largo de las pistas de datos wobuladas en una frecuencia media de un soporte de registro en forma de disco, se enfoca sobre el soporte de registro mediante el circuito de regulación de enfoque y es reflejado por el soporte de registro sobre un fotodetector de cuatro cuadrantes. La relación entre esta patente y la presentada aquí es muy poca. En concreto, la patente ES 2 064 763 se basa en un circuito de regulación de enfoque caracterizado por trabajar las señales de salida de dos parejas de fotodiodos.

En la patente "dispositivo para la detección automática de defectos en lentes oftálmicas" ES 2 143 944, el fotómetro que utilizan es convencional. En concreto, no patentan el fotómetro, sino un dispositivo para la detección automática de defectos en lentes oftálmicas.

El objeto de la patente "goniómetro de doble reflexión" ES 2 187 384 es el diseño de un goniofotómetro destinado para medir en modo automático el flujo luminoso de luminarias, con una realización que permite que las dimensiones del sistema sean mínimas, al plegar mediante reflexión el cono formado por la radiación de la luminaria. El goniofotómetro consta de un sistema óptico-fotométrico (detector-filtro fotométrico-diagras-amplificador), montado sobre un sistema posicionador que le permite el movimiento relativo con respecto a la fuente luminosa o luminaria que se desea evaluar.

El circuito fotométrico mostrado en la patente "Solid state photometer circuit" (United States Patent 4689305) está formado por una fuente de emisión bioluminiscente, un primer amplificador operacional en la configuración clásica de conversor corriente-tensión, un segundo amplificador operación en configuración de integrador y un interruptor para conectar o desconectar la salida del primer amplificador operacional con la entrada del integrador según convenga, con el objetivo de obtener un salida proporcional a la emisión de la fuente bioluminiscente.

En la patente "Multifunctional photometer apparatus" (United States Patent 5825478), se diseña un fotómetro, para aplicaciones en análisis químicos, con el objetivo de medir la absorción de radiación electromagnética en una muestra de forma simultánea a múltiples longitudes de ondas. Aquí, los circuitos detectores de luz son conversores corriente-tensión convencionales, como los explicados en páginas anteriores. Además, las salidas de los conversores son enviadas a restadores y las señales resultantes son acondicionadas electrónicamente y enviadas a un controlador proporcional-integral-derivativo. Las señales resultantes son tratadas y convertidas en mediciones de absorción de radiación electromagnética en muestras.

Y, por último, en la patente "Light measuring aparatos and colorimeter" (United States Patent 6462819) los dispositivos fotodetectores son fotodiodos y la conversión también se realiza mediante conversores corriente-tensión convencionales. Las salidas de estos conversores son multiplexadas, amplificadas, convertidas a señales digitales mediante un conversor analógico-digital y enviadas a un microprocesador, el cual se encarga de realizar las operaciones matemáticas necesarias para dar una señal de salida que represente la medición de la intensidad de luz incidente.

Sin embargo, debido al tipo de amplificador de transimpedancia que utilizan los circuitos fotométricos comentados arriba, todos están basados en el amplificador de transimpedancia convencional (es decir, conversores corriente-tensión convencionales), éstos tienen los problemas comentados en páginas anteriores. En concreto, no pueden compensar satisfactoriamente la respuesta de salida de tales dispositivos frente a variaciones e incertidumbres en los parámetros de los fotodiodos que llevan incorporados debido a variaciones en la temperatura ambiente y a otras perturbaciones. Por lo que necesitan de una gran cantidad de circuitos de instrumentación (tanto analógica como digital) externa, para poder funcionar en aplicaciones tanto de laboratorio como industriales.

El gran problema de los circuitos fotométricos reportados hasta el momento es que en éstos el elemento sensor se encuentra en lazo abierto y no hay ningún lazo de control retroalimentado que garantice prestaciones robustas. Por lo que los dispositivos diseñados hasta el momento no son robustos y la respuesta de salida de los mismos depende fuertemente de las condiciones de trabajo, de la temperatura ambiente y de la calidad de los parámetros del elemento sensor (es decir, de la calidad del fotodiodo).

Todo lo anterior es un problema que afecta considerablemente las mediciones cuando se trabaja en ambientes industriales no controlados, introduciendo gran incertidumbre de medida en los dispositivos.

Por tanto, la presente invención tiene como objetivo resolver el problema planteado anteriormente, introduciendo un dispositivo sencillo, de bajo coste, de fácil fabricación y de fácil integración en la tecnología actual de fabricación de dispositivos sensores de intensidad de luz, tanto discretos como de circuitos integrados formados por uno o varios fotodiodos y las respectivas etapas de tratamiento de señal incorporadas dentro del mismo circuito integrado.

Descripción de la invención

El circuito objeto de la presente patente es un fotómetro lineal robusto de ganancia variable caracterizado por contener un fotodiodo cuya operación es controlada por un amplificador operacional con retroalimentaciones negativa y positiva, que impone una caída de tensión fija igual a cero voltios entre los terminales del fotodiodo (es decir, el ánodo y el cátodo del fotodiodo), forzando al fotodiodo a trabajar en modo corriente para cualquier rango de longitudes de ondas y garantizando una relación lineal entre la energía de luz recibida y la respuesta del fotodiodo.

En la presente patente, el fotodiodo se ubica directamente entre el terminal de entrada positivo del amplificador operacional y el terminal de entrada negativa del amplificador operacional, con el ánodo del fotodiodo conectado al terminal de entrada positiva y el cátodo conectado al terminal de entrada negativa. Por lo que el fotodiodo no se encuentra conectado directamente a tierra.

Además, la retroalimentación negativa esta formada por una red que se conecta entre el cátodo del fotodiodo y la tierra del circuito fotométrico, y otra red que se conecta entre el cátodo del fotodiodo y la salida del amplificador. También, la retroalimentación positiva esta formada por una red que se conecta entre el ánodo del fotodiodo y la salida del amplificador operacional, y otra red que se conecta entre el ánodo del fotodiodo y la tierra del circuito fotométrico.

Por último, el fotómetro lineal robusto presentado en la presente patente también está caracterizado porque la ganancia del circuito fotométrico se puede variar de forma lineal variando los valores de las ganancias de los lazos de retroalimentación sin necesidad de conectar en cascada otras etapas amplificadoras. Si las redes que forman los lazos de retroalimentación están formadas por elementos activos, la ganancia del fotómetro se puede variar variando la ganancia de dichas redes. Si las redes están formadas por elementos pasivos, la ganancia del fotómetro se puede variar trabajando con redes pasivas de impedancia variable.

Breve descripción de los dibujos

El circuito de la figura 1 representa un esquema del circuito lineal robusto fotométrico objeto de la presente patente. Aquí, (1), (2), (3) y (4) representan asociaciones de componentes activos y/o pasivos que forman los lazos de retroalimentación. Además, (5) representa el fotodiodo (es decir, el elemento sensor) y (6) representa el amplificador operacional.

Descripción detallada de la invención

La presente invención se refiere a un nuevo circuito fotométrico para medida de la intensidad de luz, basado en amplificadores operacionales y retroalimentación negativa y positiva que supera las desventajas de los circuitos fotométricos que aparecen en el estado actual de la técnica. Esta invención resuelve todos los problemas planteados anteriormente en el apartado dedicado a la descripción del estado de la técnica que tienen las patentes anteriores.

Aquí se describe un circuito fotométrico lineal y robusto basado en lazos de retroalimentación positiva y negativa, donde el fotodiodo está forzado a trabajar en modo corriente y está ubicado directamente entre los terminales de entrada del amplificador operacional; es decir, entre el terminal de entrada positiva y el terminal de entrada negativa. Además, dicho amplificador está retroalimentado con lazos de retroalimentación negativa y positiva. El fotodiodo está trabajando en régimen lineal y las variaciones en sus parámetros eléctricos, tales como la capacidad de la unión, la resistencia de la unión y la resistencia serie, quedan compensadas por la acción de ambos lazos de retroalimentación.

En concreto, el uso de ambas retroalimentaciones permite conformar de forma robusta la función de sensibilidad complementaria de los circuitos fotométricos, ubicando los autovalores y los ceros del circuito de conversión corriente-tensión en los lugares deseados teniendo en cuenta las características del fotodiodo (es decir, la resistencia de la unión, la capacidad de la unión y la resistencia serie) y del amplificador operacional utilizado (es decir, la impedancia de entrada, la impedancia de salida, el producto ganancia ancho de banda y la frecuencia de corte de ganancia unitaria, entre otros).

Con la presente invención se logra por primera vez que el fotodiodo completo quede gobernado por un sistema retroalimentado multilazo, donde se diseña el controlador de forma tal que incertidumbres en los parámetros del fotodiodo (o sea, las incertidumbres estructuradas y las no estructuradas) afecten lo menos posible las medidas realizadas por el circuito fotométrico. Además, gracias a esta estructura novedosa de diseño, los efectos de variación de la respuesta de salida del circuito fotométrico debido a variaciones de la temperatura se reducen considerablemente. Lo cual es un problema que afecta considerablemente a los circuitos fotométricos actuales y, por su puesto, a los circuitos fotométricos descritos en las patentes mencionadas en el apartado dedicado a la descripción del estado de la técnica.

En concreto, con la presente invención el diseñador puede conformar de forma robusta la respuesta en frecuencia del circuito fotométrico, los valores singulares de la función de sensibilidad y de la función de sensibilidad complementaria de dicho circuito, garantizando un ancho de banda satisfactorio y minimizando los posibles picos de resonancia de la función de sensibilidad, los cuales provocan la amplificación de perturbaciones en los parámetros de los fotodiodos.

Además, la solución aportada desemboca en una disminución apreciable de los costes, la estructura básica puede estar compuesta por muy pocos resistores y condensadores (en caso de que se desee disminuir el ancho de banda del circuito fotométrico) y por un solo amplificador operacional. Por lo que el consumo de energía es muy bajo, la implementación es sencilla y es de fácil integración en la tecnología actual de fabricación de sensores con etapas de instrumentación incorporadas dentro del mismo chip. Lo que abre las puertas al diseño de fotómetros inteligentes.

El amplificador operacional (6), de la forma en la cual está conectado en la figura 1, impone que la caída de tensión entre el ánodo y el cátodo del fotodiodo (5) sea idealmente cero; además, al tener alta impedancia de entrada, evita que la corriente fotogenerada y las corrientes debidas a las retroacciones entren al mismo, forzando a que todas las corrientes debidas a la respuesta del sensor y a la retroalimentación circulen a través de los componentes que forman los lazos de retroalimentación (1), (2), (3) y (4), y permitiendo la compensación por corriente del fotodiodo (5).

El fotodiodo (5) puede ser un fotodiodo comercial y el amplificador operacional (6) debe escogerse de forma tal que tenga alta impedancia de entrada, baja impedancia de salida, alta ganancia en lazo abierto, alto rechazo a variaciones en la fuente de alimentación, alto rechazo al modo común en la entrada, bajo ruido y, preferiblemente, gran ancho de banda para poder aprovechar al máximo las prestaciones del fotodiodo. De forma tal que las limitaciones en la respuesta en frecuencia del dispositivo sean mínimas.

Además, los elementos que forman los lazos de retroalimentación (1), (2), (3) y (4), pueden ser tanto componentes activos como componentes pasivos, según el tipo de función de transferencia deseada. Sin embargo, se recomienda que el circuito de medida sea lo más sencillo posible. Por lo que, utilizando resistores y condensadores, se pueden implementar todas las funciones de transferencia deseadas para el circuito fotométrico.

Ambos lazos de retroalimentación de la figura 1 determinan la velocidad de respuesta del circuito fotométrico y la ganancia del mismo, y la ganancia se puede variar de forma lineal variando los valores de las ganancias de los lazos de retroalimentación sin necesidad de conectar en cascada otras etapas amplificadoras. Si las redes que forman los lazos de retroalimentación están formadas por elementos activos, la ganancia del fotómetro se puede variar variando la ganancia de dichas redes. Si las redes están formadas por elementos pasivos, la ganancia del fotómetro se puede variar trabajando con redes pasivas de impedancia variable.

Sin embargo, en determinadas aplicaciones concretas, en las cuales el diseñador o los diseñadores deciden que las redes sean pasivas, las combinaciones de las impedancias equivalentes representadas por (1), (2), (3) y (4) pudieran hacer que el circuito fotométrico fuera inestable, perdiéndose así las propiedades de prestaciones robustas y pasando a un régimen de estabilidad condicional. En este nuevo régimen, los diseñadores pudieran lograr tiempos de respuesta mucho más pequeños, pero la respuesta tendría rebase y oscilaciones. Todos estos problemas son resueltos con el circuito fotométrico presentado en esta patente.

También, debido a la conexión del amplificador operacional con retroalimentación negativa y retroalimentación positiva, el circuito fotométrico presentado en esta patente evita la necesidad de formar amplificadores compuestos para reducir el ancho de banda del ruido, sin necesidad de reducir el ancho de banda de la señal útil. El circuito de la figura 1 evita la necesidad de formar amplificadores compuestos utilizando un único amplificador operacional de bajo ruido, de gran ancho de banda, con impedancia de entrada mucho mayor que la resistencia paralelo de la unión del fotodiodo y con baja impedancia de salida.

Por último, con el objeto de cumplir con la función divulgativa del documento, un modo de realización de la invención es utilizar el fotodiodo de silicio BPW21 de Siemens, el amplificador operacional OPAl28 de Burn-Brown, y

diseñar los lazos de retroalimentación negativa y positiva alrededor del amplificador operacional como una asociación de resistores conectados según se indica en la figura 1. Además, poner resistores de los siguientes valores:

R_1 = 1 kΩ, R_2 = 100 Ω, R_3 = 100 kΩ y R_4 = 22,08 kΩ.

Con el presente modo de realización se obtiene un circuito fotométrico robusto de fácil implementación, tanto con componentes discretos como con tecnología de circuitos integrados monolíticos, con sensibilidad a la intensidad de luz incidente en el fotodiodo igual as 3323,3 V/W, con no-linealidad (expresada como tanto por ciento de la salida a plena escala) igual a 0,55%, con coeficiente de variación de la tensión de salida con la temperatura igual a -21.83 μV/°C y prácticamente insensible a perturbaciones e incertidumbres en los parámetros eléctricos del fotodiodo.

Aplicación industrial

La aplicación industrial del dispositivo descrito en la presente patente es muy amplia. Se puede aplicar para mejorar el circuito fotométrico básico que llevan incorporados fotómetros comerciales, tanto portátiles como de laboratorio, tales como: los fotómetros utilizados en equipos para la medición de cloro libre y total, medidores de pH y dureza total, y, en equipos de medición multiparamétrica, para determinar la calidad de las aguas; y los fotómetros que se utilizan para tomar fotografías a individuos u objetos.

Además, se puede aplicar para mejorar el circuito fotométrico básico de los fotómetros que se utilizan en productos para investigación médica y biológica, y para mejorar los circuitos fotométricos básicos de fotómetros de mano. También, esta patente se puede utilizar para mejorar el circuito fotométrico de los circuitos integrados opto-electrónicos, el amplificador de transimpedancia y el fotodetector con circuito electrónico incorporado.

REIVINDICACIONES

1. Fotómetro lineal robusto de ganancia variable **caracterizado** por contener un fotodiodo cuya operación es controlada por un amplificador operacional con retroalimentaciones negativa y positiva, estando dicho fotodiodo ubicado directamente entre el terminal de entrada positiva del amplificador operacional y el terminal de entrada negativa del amplificador, con el ánodo del fotodiodo conectado al terminal de entrada positiva y el cátodo conectado al terminal de entrada negativa. Además, el amplificador operacional está retroalimentado con lazos de retroalimentación positiva y retroalimentación negativa formados por redes. Aquí, el lazo de retroalimentación negativa está formado por dos redes, una conectada entre el terminal de salida del amplificador operacional y el terminal de entrada negativa del amplificador operacional, y la otra red está conectada entre el cátodo del fotodiodo y la tierra del circuito fotométrico. También, el lazo de retroalimentación positiva está formado por dos redes, una conectada entre el terminal de salida del amplificador operacional y el terminal de entrada positiva del amplificador operacional, y la otra red está conectada entre ánodo del fotodiodo y la tierra del circuito fotométrico.

2. Fotómetro lineal robusto de ganancia variable según reivindicación 1 en el que al menos las redes conectadas a tierra son resistores.

3. Fotómetro lineal robusto de ganancia variable según reivindicación 2 en el que las redes entre salida y entradas son resistores.

4. Fotómetro lineal robusto de ganancia variable según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que los lazos de retroalimentación están compuestos por redes pasivas de impedancia variable.

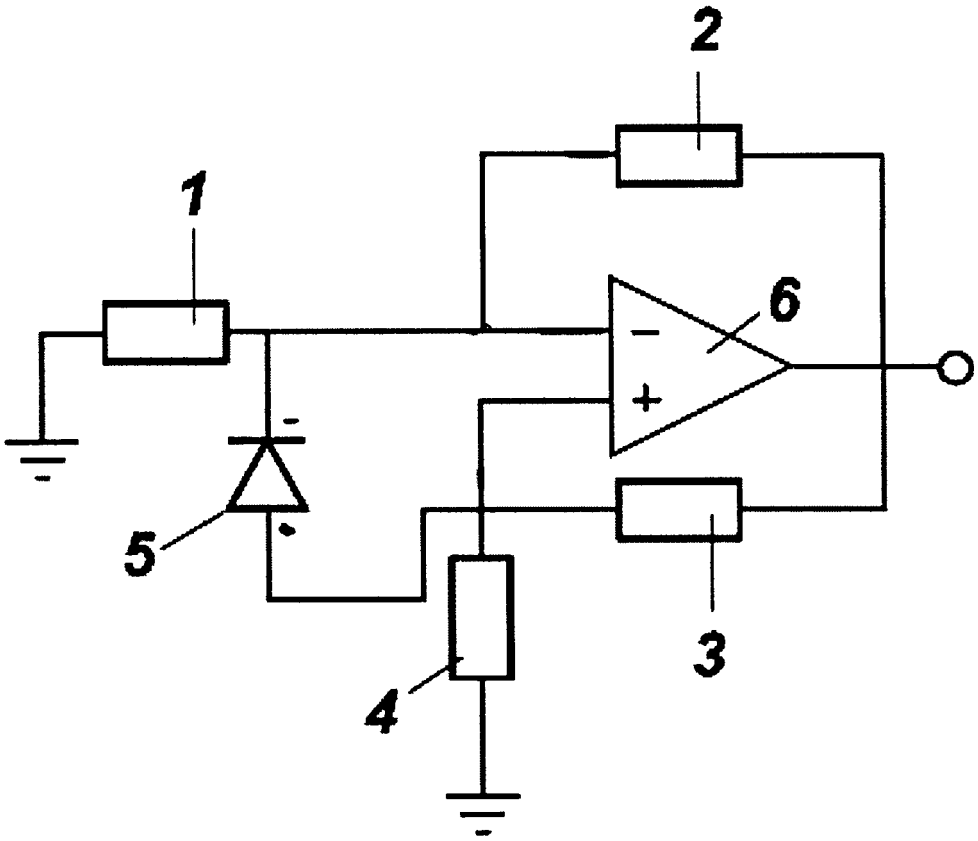


Figura 1

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) ES 2 334 868

(21) Nº de solicitud: 200701601

(22) Fecha de presentación de la solicitud: **11.06.2007**

(32) Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

(51) **Int. Cl.:** ***G01J 1/44*** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	(56) Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	Burr-Brown Application Bulletin AB-075 "Photodiode Monitoring With Op Amps" (figura 7b, figura 4) Enero 1995.	1-4
Y	US 5670775 A (ABRAHAM et al.) 23.09.1997, columna 2, línea 40 - columna 3, línea 37; figura.	1-4

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia
Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
A: refleja el estado de la técnica
O: referido a divulgación no escrita
P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones ☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe	Examinador	Página
25.02.2010	J. Olalde Sánchez	1/1