

(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la
Propiedad Intelectual
Oficina internacional



(43) Fecha de publicación internacional
29 de agosto de 2013 (29.08.2013)

WIPO | PCT

(10) Número de Publicación Internacional
WO 2013/124508 A1

(51) Clasificación Internacional de Patentes:
G01K 7/01 (2006.01) **G01K 15/00** (2006.01)

(21) Número de la solicitud internacional:
PCT/ES2013/070096

(22) Fecha de presentación internacional:
18 de febrero de 2013 (18.02.2013)

(25) Idioma de presentación: español

(26) Idioma de publicación: español

(30) Datos relativos a la prioridad:
P201230276
23 de febrero de 2012 (23.02.2012)

ES

(71) Solicitante: **UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA** [ES/ES]; C/ Jordi Girona, 31, Edificio Til·lers, planta 1, E-08034 Barcelona (ES).

(72) Inventores: **ALTET SANAHUJES, Josep**; C/ Jordi Girona, 31, Edificio Til·lers, planta 1, E-08034 Barcelona (ES). **GÓMEZ SALINAS, Dídac**; C/ Jordi Girona, 31, Edificio Til·lers, planta 1, E-08034 Barcelona (ES). **MATEO PEÑA, Diego**; C/ Jordi Girona, 31, Edificio Til·lers, planta 1, E-08034 Barcelona (ES).

(81) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europea (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Declaraciones según la Regla 4.17:

— sobre el derecho del solicitante para solicitar y que le sea concedida una patente (Regla 4.17(ii))

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: ELECTRONIC CIRCUIT WITH AN ELECTRICAL OUTPUT MAGNITUDE DEPENDENT ON THE VOLTAGE DIFFERENCE BETWEEN TWO INPUT NODES AND ON THE TEMPERATURE DIFFERENCE BETWEEN TWO OF THE DEVICES THEREOF

(54) Título : CIRCUITO ELECTRÓNICO CON MAGNITUD ELÉCTRICA DE SALIDA DEPENDIENTE DE LA DIFERENCIA DE TENSIÓN DE DOS NODOS DE ENTRADA Y DE LA DIFERENCIA DE TEMPERATURA DE DOS DE SUS DISPOSITIVOS

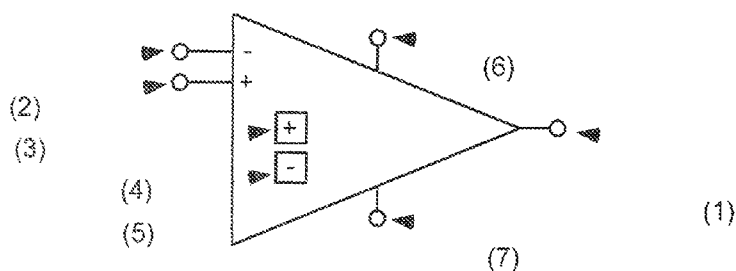


Figura 1

(57) Abstract: The present invention describes an electronic circuit, the electrical output magnitude of which depends on the voltage difference between two of the input nodes of said circuit as well as on the temperature difference between two of the internal devices thereof. Figure 1 shows the symbol of the electronic circuit. Said circuit has two voltage inputs (2) and (3) and two power supply inputs (6) and (7) as electrical inputs and has one node (1) as an output. In addition, said circuit has two internal devices (4) and (5), the temperature difference between which will directly influence the value of the electrical magnitude of the output node. In the circuit of the present invention, the variation in the electrical magnitude of the output (1) depends on the voltage difference between the two input nodes (2) and (3) as well as on the temperature difference between the internal devices (4) and (5).

(57) Resumen:

[Continúa en la página siguiente]

WO 2013/124508 A1

**Publicada:**

— con informe de búsqueda internacional (Art. 21(3))

— antes de la expiración del plazo para modificar las reivindicaciones y para ser republicada si se reciben modificaciones (Regla 48.2(h))

La presente invención describe un circuito electrónico cuya magnitud eléctrica de salida depende de la diferencia de tensión de dos de los nodos de entrada del mismo así como de la diferencia de temperatura de dos de sus dispositivos internos. La figura 1 muestra el símbolo del circuito electrónico. Éste tiene como entradas eléctricas dos entradas en tensión (2) y (3) y dos entradas de alimentación (6) y (7), y como salida tiene un nodo (1). Además, tiene dos dispositivos internos (4) y (5) cuya diferencia de temperaturas influirá de forma directa en el valor de la magnitud eléctrica del nodo de salida. En el circuito de la presente invención la variación de la magnitud eléctrica de la salida (1) depende de la diferencia de tensión de los dos nodos de entrada (2) y (3) así como de la diferencia de temperaturas de los dispositivos internos (4) y (5).

**CIRCUITO ELECTRÓNICO CON MAGNITUD ELÉCTRICA DE SALIDA
DEPENDIENTE DE LA DIFERENCIA DE TENSIÓN DE DOS NODOS DE
ENTRADA Y DE LA DIFERENCIA DE TEMPERATURA DE DOS DE SUS
DISPOSITIVOS**

5

Sector de la técnica:

La presente invención se refiere a un circuito electrónico con magnitud eléctrica de salida dependiente de la diferencia de tensión de dos nodos de entrada y de la diferencia de temperatura de dos de sus dispositivos. El sector de la técnica al que se refiere es al de la instrumentación electrónica para la medida de temperatura en circuitos integrados.

15

Estado de la técnica:

En el sector de la técnica de la instrumentación electrónica existen, por un lado, circuitos electrónicos en los que la magnitud eléctrica de su salida principal depende de la diferencia de magnitudes eléctricas de dos nodos de entrada. Estos amplificadores se denominan amplificadores diferenciales, siendo el ejemplo paradigmático los amplificadores operacionales. Varios ejemplos de estos circuitos se pueden encontrar en el libro [1].

Por otro lado, existen los denominados sensores de temperatura diferenciales [2]. Son circuitos con aplicaciones a la realización de mediciones de temperatura en circuitos integrados. Su funcionamiento consiste en que la tensión (o corriente) de salida presenta una variación que es proporcional a la diferencia de temperatura de dos dispositivos, denominados transductores de temperatura. Estos sensores son normalmente utilizados en aplicaciones de test y caracterización de circuitos integrados, tales y como las descritas por las patentes [3], [4], ya que el funcionamiento de un determinado circuito electrónico provoca una disipación de potencia y ésta a su vez una variación de temperatura en sus proximidades. Por lo tanto, una medida de temperatura cerca de este circuito puede proporcionar

información sobre posibles anomalías y características del mismo. En comparación con los métodos clásicos de verificación de circuitos integrados basados en la medida de magnitudes eléctricas, la utilización de la temperatura como observable tiene la ventaja principal de que el circuito bajo medida no está
5 cargado eléctricamente, lo cual es crítico para circuitos de alta frecuencia.

[1] Phillip E. Allen y Douglas R. Holberg, "CMOS Analog Circuit Design", Oxford University Press, 2002, 2a Ed.

10 [2] Eduardo Aldrete-Vidrio, Diego Mateo y Josep Altet, "Differential Temperature Sensors Fully Compatible With a 0.35- μ m CMOS Process", IEEE TRANSACTIONS ON COMPONENTS AND PACKAGING TECHNOLOGIES, VOL. 30, NO. 4, DECEMBER 2007.

15 [3] Patente número 2294888. Procedimiento para determinar las características eléctricas de circuitos analógicos integrados.

[4] Patente número 2332688. Procedimiento heterodino para la realización de mediciones de temperatura.

20

[5] P.R. Gray, D.J. Hamilton y D. Lieux, "Analysis and design of temperature stabilized substrate integrated circuits," Solid-State Circuits, IEEE Journal of , vol.9, no.2, pp. 61- 69, Apr 1974.

25

Explicación de la invención:

Los sensores diferenciales de temperatura son utilizados para realizar mediciones de las variaciones de temperatura que provoca el funcionamiento de un circuito, y
30 a partir de estas mediciones, extraer características eléctricas del circuito. Estos sensores tienen como ventaja el hecho de tener una elevada sensibilidad a variaciones de temperatura provocadas por la disipación de potencia por circuitos ubicados en el mismo cristal semiconductor que el sensor, y muy poca sensibilidad a variaciones de temperatura que afecta por igual ambos

transductores de temperatura, tal y como variaciones de la temperatura ambiente. El estado del arte de los sensores diferenciales de temperatura muestra arquitecturas basadas en amplificadores diferenciales (por ejemplo, dos bipolares acoplados por emisor). Al ser un circuito con una entrada en temperatura y una salida en tensión (o corriente), no es posible realizar de forma simple una realimentación negativa entre la salida y la entrada que permita reducir la sensibilidad a variaciones de proceso, controlar la sensibilidad del sensor, variar el margen dinámico o cancelar tensiones de *offset*.

- 10 En los sensores diferenciales de temperatura, se tiene que la tensión (o corriente) del nodo de salida sigue la siguiente ecuación:

$$\Delta V_{out} \text{ (o } \Delta I_{out} \text{, según el caso)} = G_T (T_+ - T_-) = G_T \Delta T$$

- 15 Donde ΔV_{out} (o ΔI_{out} , según sea el caso) es la variación de la magnitud eléctrica de salida del sensor, y G_T es la ganancia en temperatura diferencial del sensor en $V/^\circ C$ (o $I/^\circ C$, según sea el caso), también denominada sensibilidad. En el resto de la presente invención, y sin que ello le reste generalidad, se utilizará la opción tensión para la salida a la hora de realizar las explicaciones.

20

La presente invención describe un circuito en el que la magnitud eléctrica de salida depende tanto de la diferencia de tensión de dos de sus entradas como de la diferencia de temperatura de dos de sus dispositivos electrónicos internos. De este modo, si aplicamos al nodo (2) de la figura 1 una tensión referida al nodo de referencia de valor V_+ y al nodo (3) una de valor V_- , si los dispositivos internos (4) y (5) se encuentran a una temperatura absoluta T_+ y T_- respectivamente, y asumiendo una salida en modo tensión del circuito de valor V_{out} , la expresión matemática de un circuito que se comporte como se describe en la presente invención es:

30

$$V_{out} = G_V (V_+ - V_-) + G_T (T_+ - T_-) + V_{DC\_out}$$

Donde G_V es la ganancia en tensión diferencial, G_T la ganancia en temperatura diferencial, y V_{DC_out} es la tensión en el nodo de salida cuando no hay tensión diferencial en la entrada y las temperaturas de los dos dispositivos son iguales. Otra forma de escribir la misma expresión es fijándonos únicamente en la

5 variación de la tensión de salida respecto a la de reposo, ΔV_{out} :

$$\Delta V_{out} = G_V (V_+ - V_-) + G_T (T_+ - T_-)$$

En general, los términos de ganancia G_V y G_T pueden ser no constantes y depender de las tensiones de entrada y de las temperaturas absolutas de los dos dispositivos sensores. Por simplicidad de la explicación, y sin que ello limite el alcance de la invención, en el resto de la patente se considerará que serán constantes.

15 Un circuito de estas características permite, por un lado, realizar un sensado diferencial de temperaturas, y por otro, establecer de forma inmediata una realimentación entre la salida del sensor y las entradas de tensión, dado que todos estos nodos pertenecen al dominio de señales eléctricas.

20 Descripción de los dibujos

La figura 1 muestra un circuito electrónico con dos nodos de alimentación (6) y (7), una salida electrónica (1) en modo tensión o corriente, dos entradas electrónicas en modo tensión o corriente, una inversora (2) y otra no inversora (3), y dos dispositivos internos (4) y (5) cuya diferencia de temperatura ($T_{(4)} - T_{(5)} = T_+ - T_- = \Delta T$) interviene de forma directa en el valor de la salida (1).

La figura 2 muestra una posible implementación a nivel de transistor del circuito de la figura 1. Las indicaciones (1) a (7) de la figura 2 corresponden con las de la figura 1: los dos nodos de alimentación (6) y (7), la salida (1) (en este caso en modo tensión e indicada también con V_{out}), las entradas electrónicas en modo tensión (2) (inversora, indicada también con la tensión V_-) y (3) (no inversora,

indicada con la tensión V_+), y los dispositivos sensores de temperatura que en esta implementación son los transistores bipolares Q_1 y Q_2 (correspondientes a (4) y (5) en la figura 1 y marcados como tal en la figura 2), conectados a modo de par diferencial. El cuadrado punteado de la izquierda (8) enmarca lo que es una posible implementación de un sensor de temperatura diferencial clásico, donde además del par diferencial térmico formado por Q_1 y Q_2 hay los transistores M3 a M8, los cuales realizan funciones de cargas activas y espejos de corriente. El cuadrado punteado de la derecha (9) enmarca un par diferencial eléctrico clásico formado por los transistores M1 y M2, el cual se sitúa en la implementación del circuito de la presente invención en una conexión en paralelo al par diferencial térmico.

La figura 3 muestra el mismo circuito de la figura 1, pero en configuración de retroalimentación eléctrica-eléctrica negativa, es decir, conectando el nodo de salida eléctrica (1) a la entrada eléctrica inversora (2). Dicha conexión se hace en la figura a través de una red que aporta una ganancia genérica de valor b .

La figura 4 muestra un esquema de bloques de la estructura interna del circuito de la presente invención. El bloque (1) corresponde a un transconductor de diferencia de tensión ($V_+ - V_-$) a diferencia de corriente ($I_{V_a} - I_{V_b}$). El bloque (2) corresponde a un transconductor de diferencia de temperatura de dos dispositivos internos (4) y (5), ($T_+ - T_-$), a diferencia de corriente ($I_{T_a} - I_{T_b}$). Y el bloque (3) corresponde a un amplificador que convierte la suma de ambas diferencias de corriente en tensión (o corriente, según el caso) monopolar a la salida. Si la salida es en tensión, dicho bloque (3) suele denominarse amplificador de transimpedancia.

Descripción de las aplicaciones preferidas

Como **primera** aplicación preferida se muestra la de la figura 2. Es una posible implementación del circuito que se propone en la presente invención. Los dispositivos la diferencia de temperatura de los cuales incide de forma directa en la salida del circuito son los transistores bipolares Q_1 (4) y Q_2 (5), mientras que las

entradas de tensión son las indicadas como V_+ (3) y V_- (2), y la salida es la tensión correspondiente al nodo marcado como V_{out} (1).

Este circuito consta de una parte térmica y de una parte eléctrica en paralelo. La parte térmica está formada por dos transductores de temperatura (4) y (5) acoplados por emisor. En caso de que la temperatura de ambos dispositivos sea la misma, ambos tendrán la misma corriente de colector, siendo igual a la mitad de la corriente que suministra la fuente I_{bias1} . En caso de que uno de los dos transductores de temperatura esté a una temperatura mayor que el otro, la condición de simetría desaparece y las corrientes que circulan por el par diferencial serán diferentes. En aplicaciones donde la temperatura tiene pequeñas variaciones respecto al equilibrio, se puede aproximar la diferencia de corriente por los dos colectores de los bipolares como:

$$I_{CQ2} - I_{CQ1} = \frac{dI_C}{dT} (T_{Q1} - T_{Q2})$$

$$\Delta I_C = \frac{dI_C}{dT} \Delta T = S \Delta T$$

donde S es la ganancia o sensibilidad de la corriente por los colectores de los bipolares a variaciones de temperatura. Los transistores M3, M4, M5, M6, M7 y M8 conforman un amplificador de transimpedancia clásico, convirtiendo la diferencia de corriente del par diferencial (debida a su vez a diferencias de temperatura entre Q_1 y Q_2), en variaciones de tensión a la salida respecto a la tensión de reposo de dicho nodo V_{out} (1). La relación de conversión, que tiene unidades de resistencia, se denomina usualmente transimpedancia y se le asigna la expresión K . Su valor dependerá de forma general de las relaciones de aspecto de los espejos de corriente y de constantes tecnológicas de los transistores. Las variaciones de tensión a la salida del sensor se pueden expresar como

$$\Delta V_{out} = K \Delta I_C$$

donde ΔI_C es la diferencia de corriente entre las dos ramas, $\Delta I_C = I_{CQ2} - I_{CQ1}$. Considerando de momento sólo el par diferencial térmico, las variaciones de tensión a la salida del sensor se pueden expresar:

$$\Delta V_{out} = K \frac{dI_C}{dT} \Delta T = KS \Delta T$$

En paralelo con el par diferencial térmico el sensor tiene también un par diferencial eléctrico formado por los transistores M1 y M2 (y su fuente de corriente I_{bias2}). Si ahora consideramos sólo los transistores del par diferencial eléctrico M1-M2, el circuito resultante es una implementación clásica de un amplificador diferencial de tensión, cuya salida admite una expresión:

$$\Delta V_{out} = KG (V_+ - V_-) = KGV_{dif}$$

donde G es la ganancia de corriente del par diferencial eléctrico.

El núcleo del circuito de la presente invención es el paralelo de los dos pares diferenciales, el térmico y el eléctrico. Al trabajar la salida de dichos pares diferenciales en corriente, su conexión en paralelo permite adicionar directamente las corrientes, de forma que la expresión de la salida viene dada por:

$$\Delta V_{out} = K (GV_{dif} + S \Delta T) = G_V (V_+ - V_-) + G_T (T_+ - T_-)$$

$$\Delta V_{out} = G_V V_{dif} + G_T \Delta T$$

De esta forma, las variaciones de la tensión de salida del circuito dependen de la diferencia de tensión en la entrada y de la diferencia de temperatura entre los dos dispositivos transconductores internos del circuito.

Como **segunda** aplicación preferida se muestra la de la figura 3. En ella se ha realizado una retroalimentación de la salida V_{out} a la entrada inversora V_- con una

ganancia de retroalimentación b , y se ha situado una fuente de tensión constante de valor V_{ref} en la entrada de tensión inversora. En tal configuración se obtiene que la salida del circuito V_{out} viene dada por la expresión:

$$\begin{aligned}\Delta V_{out} &= G_V (V_+ - V_-) + G_T (T_+ - T_-) \\ &= G_V (V_{ref} - bV_{out}) + G_T (T_+ - T_-)\end{aligned}$$

De donde, finalmente:

$$V_{out} = \frac{G_T}{1 + bG_V} \Delta T + \frac{G_V}{1 + bG_V} V_{ref} + \frac{V_{DC\_out}}{1 + bG_V}$$

- 10 En el caso de un sensor de temperatura diferencial clásico se tiene que $G_V=0$, de forma que la expresión para un sensor de temperatura diferencial clásico queda:

$$V_{out} \Big|_{\text{Sensor } T \text{ Clásico}} = G_T \Delta T + V_{DC\_out}$$

- 15 Los sensores de temperatura diferenciales clásicos se basan fundamentalmente en un amplificador de transconductancia en lazo abierto, lo que tiene como inconveniente una gran dependencia con las variaciones de proceso, tanto las denominadas *inter-die* o variaciones de proceso a secas, como las *intra-die* o desapareamiento *-mismatching-*, e incluso con las variaciones de temperatura.
- 20 Esta dependencia viene dada básicamente porque variaciones de proceso o de temperatura pueden hacer variar considerablemente V_{DC_out} (que idealmente está situada por diseño en un determinado punto, óptimo en cuando a prestaciones del sensor se refiere) y sacar por lo tanto al sensor de su punto de trabajo idóneo, afectando así a sus prestaciones.

25

La solución clásica de utilizar la retroalimentación para compensar los efectos de las variaciones de proceso o temperatura es de fácil implementación en el caso de amplificadores diferenciales de tensión, pero no así en el caso de sensores diferenciales de temperatura, por ser el sensor de temperatura un amplificador

transconductor que pasa del dominio térmico al eléctrico, es decir, que la retroalimentación debería actuar pasando del dominio eléctrico al térmico, actuando por lo tanto sobre la temperatura de los dispositivos transconductores de temperatura del sensor aumentando o disminuyendo su temperatura según indicara el lazo. Dicho control de temperatura es de muy compleja y costosa implementación [5].

En el caso del circuito presentado en la presente invención, la retroalimentación necesaria para minimizar los efectos de las variaciones de proceso o temperatura sobre las prestaciones del circuito es de implementación inmediata, al tener un comportamiento y utilización mixtos, sensor diferencial de temperatura-amplificador diferencial de tensión. Retomando la ecuación correspondiente a una retroalimentación con ganancia b para el circuito de la presente invención:

$$V_{out} = \frac{G_T}{1+bG_V} \Delta T + \frac{G_V}{1+bG_V} V_{ref} + \frac{V_{DC\_out}}{1+bG_V}$$

se observa que mediante el control de la tensión de referencia V_{ref} , del parámetro de retroalimentación b , y de la ganancia en tensión G_V , es posible controlar el efecto de variaciones de V_{DC_out} sobre las prestaciones del circuito cuando está funcionando como sensor diferencial de temperatura.

La tercera aplicación preferida se muestra en la figura 4. Es un circuito electrónico que comprende un bloque o subcircuito (1) cuya diferencia de corriente a su salida es proporcional a la diferencia de temperatura entre dos dispositivos internos con relación de dependencia S , en paralelo con otro bloque o subcircuito (2) cuya diferencia de corriente a su salida es proporcional a la diferencia de tensión de dos nodos de entrada, con relación de dependencia G . Dicha conexión en paralelo es a su vez la entrada de un bloque (3) que convierte la suma de ambas diferencias de corriente en un valor eléctrico monopolar, bien tensión (como es el caso de la figura 4), bien corriente, con relación de dependencia K . Así, la expresión matemática del funcionamiento del circuito puede es:

$$\begin{aligned}\Delta V_{out} \text{ (o } \Delta I_{out} \text{ , según el caso)} &= K \left(I_{TIA\_a} - I_{TIA\_b} \right) \\ &= K \Delta I_{TIA} = K \left(\Delta I_T + \Delta I_V \right) \\ &= KS \Delta T + KG \Delta V \\ &= G_T \Delta T + G_V \Delta V\end{aligned}$$

Reivindicaciones:

- 1.- Un circuito electrónico caracterizado porque la variación de su magnitud eléctrica de salida (que puede ser tensión ΔV_{out} o corriente ΔI_{out}) depende de la
 5 diferencia de temperatura de dos de sus dispositivos internos $\Delta T = T_+ - T_-$ y de la diferencia de tensión de dos de sus nodos de entrada $\Delta V = V_+ - V_-$, siguiendo el comportamiento indicado por la expresión:

$$\Delta V_{out} \text{ (o } \Delta I_{out} \text{, según el caso)} = G_V (V_+ - V_-) + G_T (T_+ - T_-) \\ = G_V \Delta V + G_T \Delta T$$

10

siendo G_V la ganancia en tensión del circuito y G_T la ganancia en temperatura o sensibilidad del circuito.

- 15 2. Un circuito electrónico según la reivindicación 1 caracterizado por la conexión en paralelo de dos bloques o subcircuitos: un primer bloque o subcircuito con dos ramas de salida cuya diferencia de corriente a su salida ΔI_T es proporcional a la diferencia de temperatura entre dos dispositivos internos ΔT con relación de dependencia S , y un segundo bloque o subcircuito con dos entradas de tensión y
 20 dos ramas de salida cuya diferencia de corriente a su salida ΔI_V es proporcional a la diferencia de tensión de sus dos nodos de entrada con relación de dependencia G . Dicha conexión en paralelo realiza la suma de ambas diferencias de corriente $\Delta I_T + \Delta I_V$, y es a su vez la entrada de un bloque o subcircuito con dos ramas de entrada y un nodo de salida que convierte la suma de ambas
 25 diferencias de corriente en un valor eléctrico monopolar, bien tensión, bien corriente, con relación de dependencia K . Así, la expresión matemática del funcionamiento del circuito puede obtenerse:

$$\begin{aligned}\Delta V_{out} \left(\text{o } \Delta I_{out}, \text{ según el caso} \right) &= \\ &= K \left(\Delta I_T + \Delta I_V \right) \\ &= KS\Delta T + KG\Delta V \\ &= G_T\Delta T + G_V\Delta V\end{aligned}$$

donde G_T es la ganancia en temperatura o sensibilidad y G_V la ganancia en tensión, expresión coincidente con la dada en la reivindicación 1.

Dibujos:

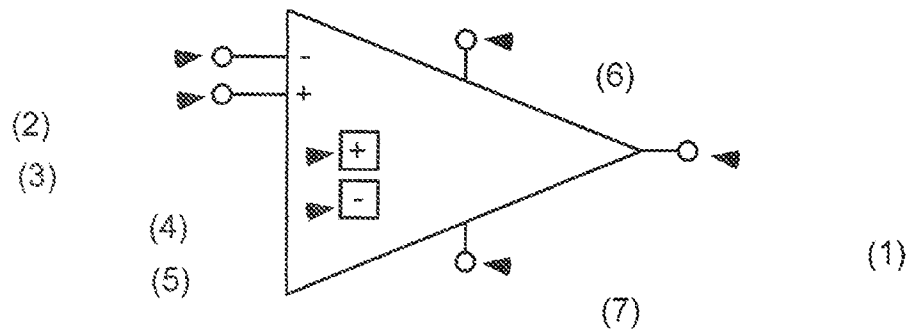


Figura 1

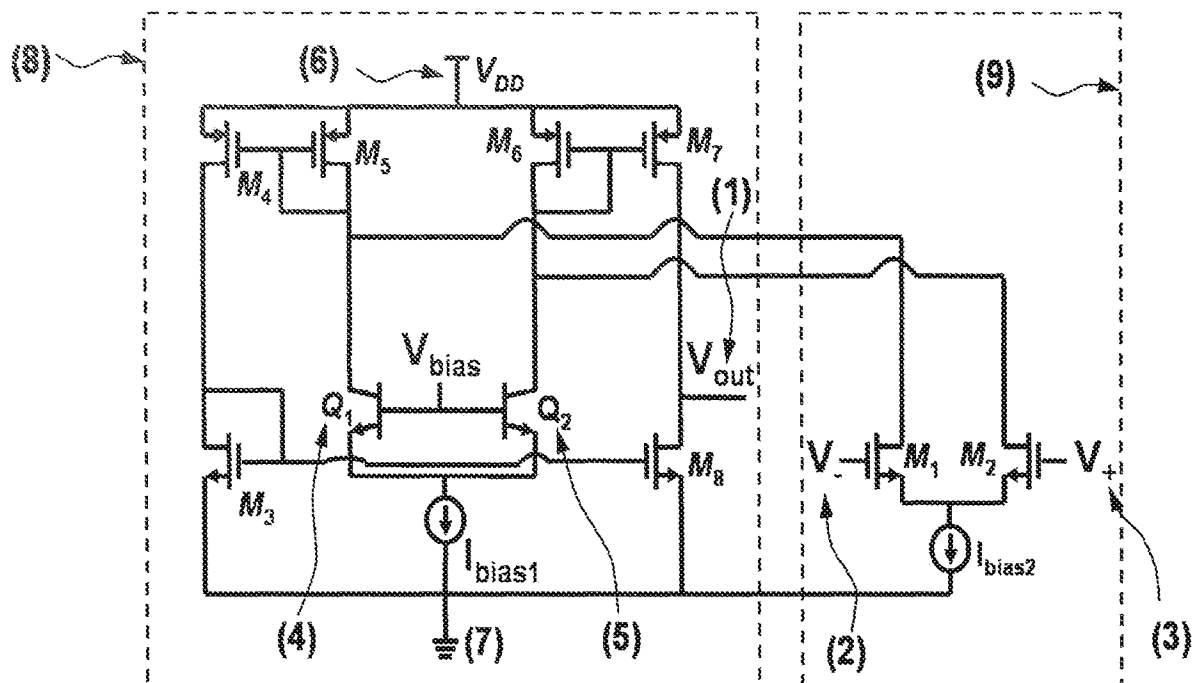


Figura 2

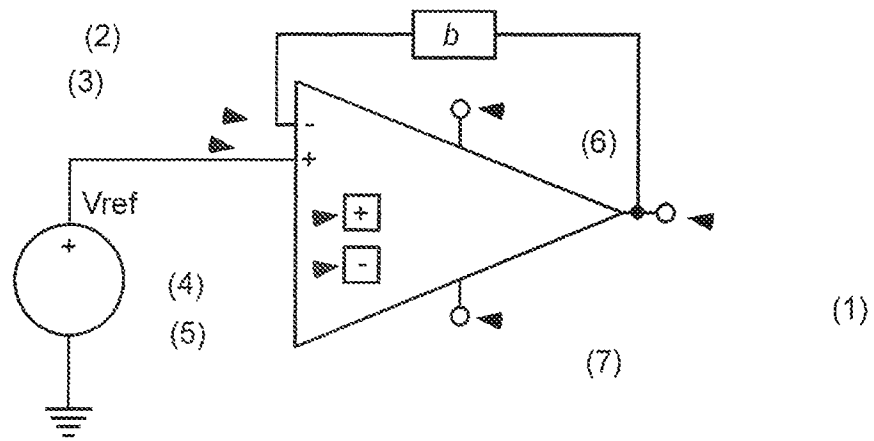


Figura 3

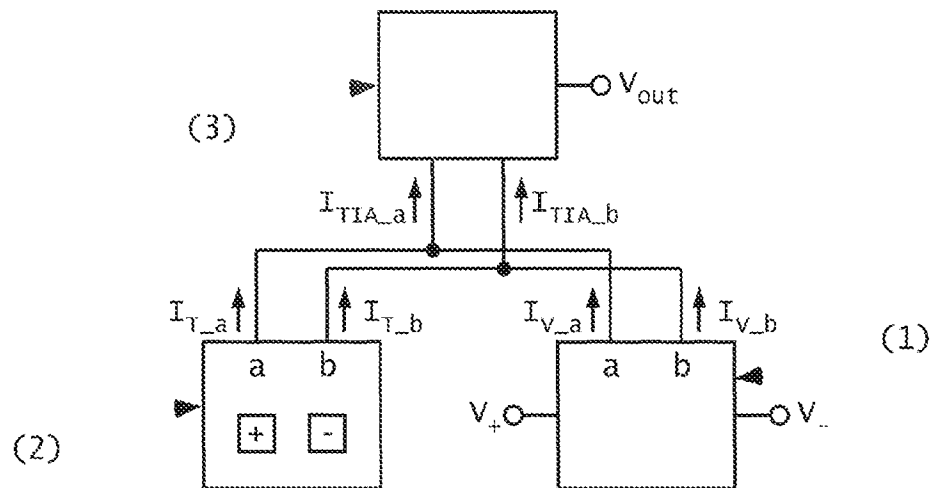


Figura 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ES2013/070096

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01K7/01 (2006.01)

G01K15/00 (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPODOC, INVENES, WPI, NPL, XPESP, XPAIP, XPI3E, INSPEC.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2011116527 A1 (GRIFFIN JED ET AL.) 19/05/2011, paragraphs [0003] to [0022]; figures 1 a 4.	1,2
A	Aldrete-Vidrio E., Mateo D., Altet J.. "Differential Temperature Sensors Fully Compatible With a 0.35- um CMOS Process".IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies, 20071201 IEEE Service Center, Piscataway, NJ, US 01/12/2007 VOL: 30 No: 4 Pags: 618 – 626 XP011346781 ISSN 1521-3331.	1,2

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance.	
"E" earlier document but published on or after the international filing date	
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"O" document referring to an oral disclosure use, exhibition, or other means.	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other documents , such combination being obvious to a person skilled in the art
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
19/06/2013

Date of mailing of the international search report
(01/07/2013)

Name and mailing address of the ISA/

Authorized officer
J. Botella Maldonado

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS
Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España)
Facsimile No.: 91 349 53 04

Telephone No. 91 3495382

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ES2013/070096

Information on patent family members

Patent document cited in the search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US2011116527 A1	19.05.2011	NONE	

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº

PCT/ES2013/070096

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

G01K7/01 (2006.01)

G01K15/00 (2006.01)

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y CIP.

B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G01K

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda internacional (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

EPODOC, INVENES, WPI, NPL, XPESP, XPAIP, XPI3E, INSPEC.

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones nº
A	US 2011116527 A1 (GRIFFIN JED ET AL.) 19/05/2011, párrafos [0003] a [0022]; figuras 1 a 4.	1,2
A	Aldrete-Vidrio E., Mateo D., Altet J.. "Differential Temperature Sensors Fully Compatible With a 0.35- um CMOS Process".IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies, 20071201 IEEE Service Center, Piscataway, NJ, US 01/12/2007 VOL: 30 No: 4 Pags: 618 – 626 XP011346781 ISSN 1521-3331.	1,2

☐ En la continuación del recuadro C se relacionan otros documentos

☒ Los documentos de familias de patentes se indican en el anexo

* Categorías especiales de documentos citados:	"T"	documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.
"A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.	"X"	documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.
"E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.	"Y"	documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.
"L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).	"&"	documento que forma parte de la misma familia de patentes.
"O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.		
"P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.		

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional.
19/06/2013

Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional.
01 de julio de 2013 (01/07/2013)

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional
OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS
Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España)
Nº de fax: 91 349 53 04

Funcionario autorizado
J. Botella Maldonado
Nº de teléfono 91 3495382

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Informaciones relativas a los miembros de familias de patentes

Solicitud internacional n°

PCT/ES2013/070096

Informaciónes relativas a los miembros de familias de patentes			
Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de Publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de Publicación
US2011116527 A1	19.05.2011	NINGUNO	