



(12)

## BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2017 00338**

(22) Data de depozit: **06/06/2017**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/07/2019** BOPI nr. **7/2019**

(41) Data publicării cererii:  
**29/11/2017** BOPI nr. **11/2017**

(73) Titular:  
• **BANU VIOREL, STR.TURDA 127, BL.2,  
SC.C, AP.113, SECTOR 1, BUCUREȘTI,  
RO;**  
• **POPESCU MELANIA-ANA, STR.TURDA  
NR.127, BL.2, SC.C, ET.5, AP.113,  
SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:  
• **BANU VIOREL, STR.TURDA 127, BL.2,  
SC.C, AP.113, SECTOR 1, BUCUREȘTI,  
RO;**  
• **POPESCU MELANIA-ANA, STR.TURDA  
NR.127, BL.2, SC.C, ET.5, AP.113,  
SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:  
**US 8907652 B2; US 6856189 B2;  
US 6885179 B1; US 4249122**

(54) **GENERATOR DE TENSIUNE DE REFERINȚĂ DIFERENȚIALĂ  
COMPENSATĂ LA VARIAȚIA TEMPERATURII**



# RO 132280 B1

1 Generatorul de tensiune de referință reprezintă unul dintre blocurile funcționale esențiale  
ale oricărui circuit integrat analogic sau memorie digitală. Generatoarele de tensiune de  
3 referință sunt folosite în toate circuitele care necesită măsurarea și compararea tensiunii, atât  
în circuitele analogice, cât și în unele circuite digitale, cum ar fi memoriile DRAM, memoriile  
5 FLASH, convertoarele digital-analogice (DAC) sau convertoarele analog-digitale (ADC). De  
asemenea, în electronica de putere sunt necesare generatoare de tensiune de referință stabile  
7 pe o gamă de temperatură cât mai largă. Generatorul de tensiune de referință trebuie să  
prezinte o mare stabilitate a tensiunii în raport cu variațiile de temperatură, măsurată în părți pe  
9 milion (ppm).

Stabilitatea referinței de tensiune determină precizia oricărui circuit electronic analogic  
11 sau analog digital, atât în cazul circuitelor integrate, cât și în cazul circuitelor realizate cu  
componente discrete. De exemplu, numărul maxim de biți al unui convertor analog-digital este  
13 limitat de precizia referinței de tensiune. Folosirea pe scară tot mai largă a aparatelor și  
dispozitivelor portabile sau a circuitelor alimentate de la tensiuni reduse sub 1 V conduce la  
15 necesitatea realizării unor generatoare de tensiune de referință de valoare tot mai redusă și  
alimentate de la tensiuni mai mici de 1 V. Practic, generatoarele de tensiune de referință stabile  
17 cu temperatura sunt strict necesare în orice domeniu al electronicii în care se realizează  
procesarea semnalelor.

19 Cel mai răspândit procedeu de realizare a unei variații scăzute a tensiunii de referință  
în raport cu temperatura este compensarea a două semnale care au sens de variație opus în  
21 raport cu variația temperaturii. Larg răspândite ca surse de tensiune de referință compensate  
cu temperatura sunt referințele de tip Bandgap urmate de referințele XFET. Arhitectura acestor  
23 referințe de tensiune este bazată pe procesarea unor semnale obținute din dispozitive  
semiconductoare cu comportare stabilă în raport cu temperatura. Există și referințe de tensiune  
25 realizate cu tranzistoare MOS cu poartă flotantă, care au drept tensiune de referință tensiunea  
la care este încărcat un capacitor MOS.

27 Procesarea semnalelor în dispozitive de tip Bandgap sau XFET este relativ complicată  
și necesită circuite speciale de pornire (numite circuite de start-up). Pentru ambele aceste  
29 arhitecturi este destul de dificilă obținerea unei tensiuni de referință diferențială. De asemenea,  
este dificilă obținerea unei tensiuni de referință de nivel redus necesară în circuitele portabile.

31 Referințele de tensiune bazate pe tranzistoare MOS cu poartă flotantă se bazează pe  
încărcarea unui capacitor flotant situat sub poarta tranzistorului MOS. Această tensiune  
33 reprezintă tensiunea de referință și este citită prin circuite speciale cu consum de curent extrem  
de redus, pentru a evita descărcarea capacitorului porții flotante MOS și, implicit, variația  
35 tensiunii de referință. Totuși, deși oferă o tensiune extrem de stabilă cu temperatura, domeniul  
de temperatură este limitat, iar pe termen lung, capacitorul porții flotante se descarcă în timp  
37 datorită pierderilor dielectrice inerente.

Scopul invenției îl constituie un circuit destinat generării unei tensiuni de referință com-  
39 pensată la variația temperaturii, atât diferențială, cât și raportată la punctul de masă, realizabil  
atât cu componente discrete, cât și prin integrare pe orice tip de semiconductor pentru care sta-  
41 diul tehnologiei permite integrarea monolitică de circuite. Circuitul propus poate genera, într-un  
mod simplu, tensiuni de referință diferențiale într-o gamă cuprinsă de la valori sub 0,2 V până  
43 la 1 V, prezentând coeficienți de temperatură reduși și care permite compensarea efectului de  
ordinul doi al coeficientului de temperatură (TC).

45 Conform prezentei invenții, circuitul generează o pereche de curbe tensiune-temperatură  
de nivele de tensiune diferite și paralele, diferența de tensiune dintre cele două caracteristici  
47 reprezentând tensiunea de referință diferențială compensată la variația temperaturii. Pentru  
aceasta, conform invenției, este folosită o pereche de dispozitive semiconductoare parcurse de

# RO 132280 B1

curenți de densități diferite, care generează o pereche de curbe primare tensiune-temperatură de nivele diferite, dar neparalele. Urmează procesarea uneia dintre curbele primare tensiune-temperatură pentru a obține paralelizarea ei cu cealaltă curbă tensiune-temperatură a perechii. Paralelizarea se poate face prin amplificarea sau prin divizarea uneia dintre curbe, pentru a obține o curbă paralelă cu cealaltă curbă a perechii situată la alt nivel de tensiune. Astfel, circuitul generează la ieșire două caracteristici de tensiune-temperatură paralele, diferența de tensiune dintre cele două caracteristici reprezentând tensiunea de referință diferențială compensată la variația temperaturii.

Un avantaj al circuitului realizat conform invenției este că tensiunea diferențială de referință se obține într-un mod simplu și direct, permițând obținerea unor valori ale tensiunii de referință mai mici de 1 V, utile în special în cazul circuitelor portabile. Un avantaj al circuitului potrivit invenției față de circuitele de tip Bandgap la care, pentru generarea semnalelor de temperatură, se folosesc exclusiv perechi de tranzistoare bipolare, conform actualei invenții, este că, pentru obținerea semnalelor primare de tensiune dependente de temperatură, se pot folosi perechi de dispozitive semiconductoare de diverse tipuri, cum ar fi, de exemplu, tranzistoare bipolare, tranzistoare MOS, diode bipolare, diode Schottky, tranzistoare JFET, tranzistoare MESFET și chiar perechi de dispozitive mixte, ca, de exemplu, un tranzistor bipolar împreună cu un tranzistor MOS. Un alt avantaj major al prezentei invenții este că funcționalitatea schemei nu depinde de tipul de semiconductor din care sunt alcătuite elementele schemei sau de tipul de semiconductor pe care se face integrarea schemei într-un circuit monolitic.

În continuare, se face o scurtă prezentare a fig. 1...7, în legătură cu exemplele de implementare a invenției:

- fig. 1a...c, procedeul de generare a referinței de tensiune compensate în temperatură de tip Bandgap, conform stadiului tehnicii;

- fig. 2a...c, procedeul de generare a tensiunii de referință diferențială compensată la variația temperaturii conform invenției, prin amplificare;

- fig. 3a...c, procedeul de generare a tensiunii de referință diferențială compensată la variația temperaturii conform invenției, prin divizare;

- fig. 4a...c, procedeul de generare a tensiunii de referință diferențială compensată la variația temperaturii conform invenției prin amplificare și compensarea efectului de ordinul doi;

- fig. 5a...b, rezultatele experimentale ale aplicării procedurii de generare a tensiunii de referință diferențială compensată la variația temperaturii conform invenției, prin amplificare: a) fără compensarea efectului de ordinul doi; b) cu compensarea efectului de ordinul doi;

- fig. 6a...d, rezultatele experimentale ale aplicării procedurii de generare a tensiunii de referință diferențială compensată la variația temperaturii conform invenției, prin amplificare și divizare, folosind o pereche de tranzistoare MOS pentru generarea primară a semnalelor de tensiune-temperatură;

- fig. 7a...c, rezultatele experimentale ale aplicării procedurii de generare a tensiunii de referință diferențială, compensată la variația temperaturii conform invenției, prin amplificare, folosind, pentru generarea primară a semnalelor de tensiune-temperatură, o pereche mixtă de tranzistoare: un tranzistor bipolar și un tranzistor N-MOS.

Dintre exemplele cuprinse în stadiul tehnicii, vom detalia principiul de funcționare al referinței de tip Bandgap, care este cea mai răspândită arhitectură folosită în circuitele integrate, reprezentativă pentru stadiul tehnicii. În principiu, la generatoarele de tip Bandgap, pentru obținerea tensiunii de referință sunt însumate două tensiuni cu sensuri de variație complementară în raport cu temperatura, generate cu tranzistoare bipolare. Pentru caracteristicile tensiune-

# RO 132280 B1

1 temperatură **1** și **2** din fig. 1a ale tranzistoarelor bipolare **DS1**, respectiv **DS2**, parcurse de  
curenții egali  $I_1$  și  $I_2$ , dar cu tranzistoare de arii diferite în raport 1:N (fig. 1c), putem scrie  
3 relațiile:

$$V_{d1} = kT/q \cdot \ln(J_1/J_0)$$

$$5 \quad V_{d2} = kT/q \cdot \ln(J_2/J_0)$$

**V<sub>d1</sub>** și **V<sub>d2</sub>** reprezintă tensiunile de la bornele tranzistoarelor **DS1** și **DS2**, iar variația  
7 lor cu temperatura este ilustrată de curbele **1** și **2** din fig. 1a.

În graficul din fig. 1a se observă că tensiunile **1** și **2** de la bornele celor două dispozitive  
9 alimentate la densități de curent diferite datorită diferenței de arie dintre tranzistoare, scad odată  
cu creșterea temperaturii, dar diferența de tensiune dintre cele două dispozitive crește  
11 (caracteristicile sunt divergente). Această proprietate este folosită în generatoarele de tensiune  
de referință de tip Bandgap, pentru a genera o tensiune liniar crescătoare în funcție de  
13 temperatură  $V_3$ , proporțională cu temperatura absolută și depinzând parametric doar de raportul  
densității curenților care parcurg cele două dispozitive reprezentată de curba **3** din fig. 1a:

15  $V_3 = V_{d1} - V_{d2} = kT/q \cdot \ln(J_1/J_2) = kT/q \cdot \ln(N)$ , unde  $k$  este constanta lui Boltzman,  $T$  este  
temperatura absolută, iar  $N$  este raportul densităților de curenți  $J_1$  și  $J_2$  care parcurg cele două  
17 dispozitive semiconductoare **Q1** și **Q2**.

Tensiunea  $V_3$  este amplificată cu un factor  $A_1 > 1$ , obținându-se curba **4**.

$$19 \quad V_4 = A_1 \cdot V_3$$

Valoarea factorului de amplificare  $A_1$  este aleasă astfel încât pantele curbelor **1** și **4** să  
21 fie egale în modul, astfel încât, prin însumare, să se compenseze reciproc.

Valoarea tensiunii de referință de tip Bandgap, reprezentată de curba **5** din fig. 1b, este:  
23  $V_{ref1} = V_4 + V_{d1} = A_1 \cdot V_3 + V_{d1}$

Se constată existența unei curburi de tip parabolic a tensiunii de referință de tip Bandgap  
25 **5**, care este determinată de caracterul parabolic al curbei **1** a dispozitivului semiconductor **DS1**  
(fig. 1c). Curba **1** a tensiunii dispozitivului semiconductor **DS1** (fig. 1c) este însumată cu  
27 tensiunea liniară **4** în raport cu temperatura, rezultând curba **5** care păstrează caracterul  
parabolic al variației tensiunii dispozitivului **DS1** în raport cu temperatura. Valoarea coeficientului  
29 de temperatură al referinței de tip Bandgap este  $TC_1 = 32 \text{ ppm/K}$ .

Se dau, în continuare, mai multe exemple de realizare a invenției în legătură cu fig. 2...7:

## 31 Exemplul 1

Un prim exemplu de implementare a invenției este prezentat în legătura cu fig. 2a...c.

33 Pentru generarea tensiunii de referință este folosită o pereche de dispozitive  
semiconductoare **DS1** și **DS2** (fig. 2c) parcurse de curenți constanți. În cazul unor dispozitive  
35 similare, cele două dispozitive semiconductoare sunt alimentate la densități de curenți diferite,  
în scopul obținerii unor caracteristici tensiune-temperatură de nivele diferite. În fig. 2a, curbele  
37 **6** și **7** reprezintă tensiunile **V<sub>d1</sub>** și **V<sub>d2</sub>** ale dispozitivelor semiconductoare **DS1** și **DS2** în funcție  
de temperatură. În cazul particular prezentat, cele două dispozitive semiconductoare **DS1** și  
39 **DS2** sunt tranzistoare bipolare.

Considerând în fig. 2c curenții  $I_1 = I_2$  și un factor de multiplicitate  $m = N$  pentru **DS2**,  
41 raportul densităților de curent dintre **DS1** și **DS2** este  $N:1$ , asta însemnând că dispozitivul **DS1**  
este parcurs de un curent cu densitatea de  $N$  ori mai mare decât dispozitivul **DS2**. Același efect  
43 se poate obține dacă avem ambele dispozitive egale ca suprafață (factori de multiplicitate egali),  
dar alimentate de curenți diferiți în raport de  $N:1$ , curentul mai ridicat trecând prin **DS1**.

45 Se observă că cele două curbe **6** și **7** din fig. 2a, reprezentând tensiunile în funcție de  
temperatură ale dispozitivelor semiconductoare **DS1** și **DS2**, sunt divergente, diferența de  
47 tensiune dintre ele crescând odată cu temperatura. La capetele intervalului de temperatură avut  
în vedere, curba **6** trece prin punctele  $A(t_1, V_{61})$  și  $B(t_2, V_{62})$ , iar curba **7**, prin punctele

# RO 132280 B1

C( $t_1, V_{71}$ ) și D( $t_2, V_{72}$ ). Potrivit invenției, se va procesa cel puțin una dintre curbele perechii primare tensiune-temperatură pentru a obține două curbe paralele. Amplificând tensiunea **Vd1** reprezentată de curba **6** cu un factor  $A_2 > 1$ , obținem la ieșirea amplificatorului **OP21** tensiunea **O21** (fig. 2c), reprezentată în fig. 2b prin curba **8** care trece prin punctele E( $t_1, V_{81}$ ) și F( $t_2, V_{82}$ ). Curba **8** este paralelă cu o curbă **7**. Diferența de tensiune dintre punctele **E** și **C** din diagrama din fig. 2c este egală cu diferența de tensiune dintre punctele **F** și **D**. Diferența de tensiune dintre cele două curbe **7** și **8** reprezintă tensiunea diferențială constantă în raport cu variația temperaturii și este ilustrată de curba **9**. Tensiunea de referință diferențială compensată la variația temperaturii apare între nodurile **O21** și **Vd2**, iar prin intermediul amplificatorului **OP22**, poate fi transformată într-o tensiune de referință compensată cu temperatura raportată la punctul de masă al circuitului, având ieșirea **O22** (fig. 2c). La fel ca în cazul referinței de tip Bandgap, tensiunea de referință potrivit invenției prezintă o ușoară curbura de tip parabolic, datorată formei parabolice a caracteristicilor tensiune-temperatură **6** și **7** ale celor două tranzistoare bipolare **DS1** și **DS2**. Valoarea coeficientului de temperatură este  $TC_2 = 33 \text{ ppm/K}$ , similar cu referințele Bandgap.

## Exemplul 2

Al doilea exemplu de realizare a invenției este prezentat în legătură cu fig. 3 a...c. Folosind aceleași dispozitive semiconductoare **DS1** și **DS2** de tip tranzistor bipolar (fig. 3c), se obțin perechea primară de caracteristici tensiune-temperatură **6** și **7** ilustrate în fig. 3a și 3b. La capetele intervalului de temperatură avut în vedere, curba **6** trece prin punctele A( $t_1, V_{61}$ ) și B( $t_2, V_{62}$ ), iar curba **7** prin punctele C( $t_1, V_{71}$ ) și D( $t_2, V_{72}$ ). Conform invenției, se va procesa una dintre cele două curbe pentru a obține două curbe paralele. Prin divizarea tensiunii **Vd2** reprezentată de curba **7** cu un factor  $A_3 < 1$ , obținem, la ieșirea divizorului format de rezistoarele **R1** și **R2**, tensiunea **Div3** (fig. 3c), reprezentată în fig. 3b prin curba **10** care trece prin punctele G( $t_1, V_{101}$ ) și H( $t_2, V_{102}$ ). Curba **10** este paralelă cu o curbă **6**. Diferența de tensiune dintre punctele **A** și **G** din fig. 3b este egală cu diferența de tensiune dintre punctele **B** și **H**. Diferența de tensiune dintre cele două curbe **6** și **10** reprezintă tensiunea diferențială constantă în raport cu variația temperaturii și este ilustrată de curba **11**.

Tensiunea de referință diferențială compensată la variația temperaturii apare între nodurile **Vd1** și **Div3**, iar prin intermediul amplificatorului **OP3** poate fi transformată într-o tensiune de referință compensată cu temperatura, raportată la punctul de masă al circuitului, având ieșirea **O3** (fig. 3c). Și în cazul acestui exemplu, tensiunea de referință conform invenției prezintă o ușoară curbura de tip parabolic, datorată formei parabolice a caracteristicilor tensiune-temperatură **6** și **7** ale celor două tranzistoare bipolare **DS1** și **DS2** din fig. 3c. Valoarea coeficientului de temperatură este  $TC_3 = 33 \text{ ppm/K}$ , egală cu cel din exemplul de implementare precedent.

## Exemplul 3

Al treilea exemplu de implementare conform invenției, în legătură cu fig. 4a...c, se referă la compensarea efectului de curbura de ordinul doi al caracteristicii generatorului de tensiune de referință compensată la variația temperaturii, având drept scop reducerea coeficientului de temperatură. Obținerea tensiunii de referință se face conform primului exemplu de implementare a prezentei invenții, descris în legătură cu fig. 2a...c. Deosebirea constă în faptul că, pentru generarea curbelor primare de tensiune-temperatură, sunt folosite două dispozitive semiconductoare compuse **DSC1** și **DASC2** (fig. 4c), formate prin înserierea unor tranzistoare de tip JFET, **DS3** și **DS4** cu tranzistoarele bipolare **DS1** și **DS2** (fig. 4c). Tranzistoarele JFET prezintă o componentă de ordinul doi al variației cu temperatura, opus celui al tranzistoarelor bipolare; tranzistoarele JFET au o componentă de ordinul doi pozitivă, comparativ cu tranzistoarele

# RO 132280 B1

1 bipolare care au o componentă de ordinul doi negativă. **DS3** și **DS4** sunt astfel alese încât  
2 tensiunile **Vd3** și **Vd4** (fig. 4c) în raport cu temperatura, reprezentate de curbele **12** și **13**, să fie  
3 perfect liniare. La capetele intervalului de temperatură avut în vedere, curba **12** trece prin punc-  
4 tele I(t1, V121) și J(t2, V122), iar curba **13**, prin punctele K(t1, V131) și L(t2, V132). Amplificând  
5 tensiunea **Vd3** reprezentată de curba **12** cu un factor  $A4 > 1$ , obținem la ieșirea amplificatorului  
6 **OP41** tensiunea **O41** (fig. 4c), reprezentată în fig. 4a de curba **14** care trece prin punctele  
7 M(t1, V141) și N(t2, V142). Curba **14** este paralelă cu o curbă **13**. Diferența de tensiune dintre  
8 punctele **M** și **K** din diagrama din fig. 4a este egală cu diferența de tensiune dintre punctele **N**  
9 și **L**. Diferența de tensiune dintre cele două curbe **14** și **13** reprezintă tensiunea diferențială  
10 constantă în raport cu variația temperaturii și este ilustrată de curba **15** din fig. 4b. Tensiunea  
11 de referință diferențială compensată la variația temperaturii apare între nodurile **O41** și **Vd4**, iar  
12 prin intermediul amplificatorului **OP42**, este transformată într-o tensiune de referință compen-  
13 sată cu temperatura raportată la punctul de masă al circuitului, având ieșirea **O42** (fig. 4c). În  
14 cazul acestui exemplu, tensiunea de referință conform invenției prezintă o curbă de tip S,  
15 ceea ce demonstrează suprimarea efectului de ordinul doi al caracteristicilor tensiune-tempe-  
16 ratură al celor două tranzistoare bipolare **DS1** și **DS2**. Valoarea coeficientului de temperatură  
17 este  $TC4 = 0,6 \text{ ppm/K}$ , ceea ce reprezintă o reducere drastică a dependenței de temperatură  
18 a generatorului de tensiune de referință diferențială.

19 Cele trei exemple de implementare a actualei invenții au fost calculate teoretic, utilizând  
20 modele de precizie ale componentelor semiconductoare utilizate.

21 În fig. 5a este prezentat rezultatul experimental al aplicării invenției, folosind componente  
22 comerciale discrete, în legătură cu exemplul de implementare a invenției din fig. 2a...c.  
23 Tensiunea de referință obținută experimental  $V_{ref2-exp}$  este ilustrată prin curba **16** și prezintă  
24 un coeficient de temperatură  $TC5 = 15,86 \text{ ppm/K}$ .

25 În fig. 5b este prezentat rezultatul experimental al aplicării invenției, folosind componente  
26 comerciale discrete, în legătură cu exemplul de implementare a invenției din fig. 4a...c. Tensiu-  
27 nea de referință obținută experimental  $V_{ref4-exp}$  este ilustrată prin curba **17** și prezintă un  
28 coeficient de temperatură  $TC6 = 0,46 \text{ ppm/K}$ .

## 29 Exemplul 4

30 Al patrulea exemplu reprezintă rezultate experimentale ale aplicării invenției, folosind  
31 componente comerciale discrete, și este prezentat în legătură cu fig. 6a...c.

32 La fel ca în primul exemplu de aplicare a invenției, folosind dispozitivele semiconduc-  
33 toare **DS5** și **DS6** de tip tranzistor N-MOS (fig. 6c), se obține perechea primară de caracteristici  
34 tensiune-temperatură **18** și **19** ilustrate în fig. 6a. Conform invenției, cu ajutorul amplificatorului  
35 **OP61** (fig. 6c), se amplifică cu un factor  $A6 > 1$  curba **18** obținând tensiunea **O61**, care este  
36 redată în funcție de temperatură de curba **20** din fig. 6a. Curba **20** este paralelă cu o curbă **19**,  
37 iar diferența dintre cele două curbe **20** și **19** la nodurile **O61** și **Vd6** (fig. 6a) reprezintă tensiunea  
38 de referință diferențială compensată la variația temperaturii  $V_{ref7-exp}$ . Aceasta se poate  
39 transforma în tensiune de referință raportată la punctul de masă al circuitului, la ieșirea **O62** a  
40 amplificatorului **OP62**. Și în cazul acestui exemplu, tensiunea de referință conform invenției  
41 prezintă o ușoară curbă de tip parabolic, având un coeficient de ordinul doi pozitiv, datorată  
42 formei parabolice a caracteristicilor tensiune-temperatură **18** și **19** ale celor două tranzistoare  
43 N-MOS, **DS5** și **DS6**. Valoarea coeficientului de temperatură este  $TC7 = 91 \text{ ppm/K}$ .

## 44 Exemplul 5

45 Al cincilea exemplu reprezintă rezultate experimentale ale implementării invenției cu  
46 dispozitive discrete comerciale și este prezentat în fig. 6 a, b, d. La fel ca în cel de-al doilea  
47 exemplu, folosind dispozitivele semiconductoare **DS5** și **DS6** de tip tranzistor N-MOS (fig. 6c),  
se obțin caracteristicile tensiune temperatură **18** și **19** ilustrate în fig. 6 a. Conform invenției, prin

divizarea tensiunii **Vd6** reprezentată de curba **21** cu un factor  $A7 < 1$ , obținem la ieșirea divizorului format de rezistoarele **R3** și **R4** tensiunea **Div7** (fig. 6d), reprezentată în fig. 6a prin curba **21**. Curba **18** este paralelă cu o curbă **21**, iar diferența dintre cele două curbe **18** și **21** (fig. 6a) la nodurile **Vd5** și **Div7** din fig. 6d reprezintă tensiunea de referință diferențială compensată la variația temperaturii  $V_{ref8-exp}$ , care se poate transforma în tensiune de referință raportată la punctul de masă al circuitului, la ieșirea **O3** a amplificatorului **OP3**. Și în cazul acestui exemplu, tensiunea de referință conform invenției prezintă o ușoară curbă de tip parabolic, având un coeficient de ordinul doi pozitiv, datorată formei parabolice a caracteristicilor tensiune-temperatură **18** și **19** ale celor două tranzistoare N-MOS **DS5** și **DS6**. Valoarea coeficientului de temperatură este  $TC8 = 91 \text{ ppm/K}$ .

## Exemplul 6

Al șaselea exemplu de realizare potrivit invenției, în relație cu fig. 7a...c, se referă la folosirea unei perechi mixte de dispozitive semiconductoare pentru generarea curbelor primare de tensiune-temperatură. La fel ca în primul exemplu, dar folosind perechea mixtă de dispozitive semiconductoare **DS1** de tip tranzistor bipolar, respectiv **DS7** tranzistor N-MOS (fig. 7c), se obțin caracteristicile primare tensiune-temperatură **24** și **25** ilustrate în fig. 7a. Conform invenției, cu ajutorul amplificatorului **OP71** (fig. 7c) se amplifică cu un factor  $A7 > 1$ , curba **24** obținând tensiunea **O71** care este redată în funcție de temperatură de curba **26** din fig. 7a. Curba **26** este paralelă cu o curbă **25**, iar diferența dintre cele două curbe **26** și **25** între nodurile **O71** și **Vd7** (fig. 7c) reprezintă tensiunea de referință diferențială compensată la variația temperaturii  $V_{ref-mixt}$ . Aceasta este transformată în tensiune de referință raportată la punctul de masă al circuitului, la ieșirea **O72** a amplificatorului **OP72**. Și în cazul acestui exemplu, tensiunea de referință conform invenției prezintă o ușoară curbă de tip parabolic, având o componentă de ordinul doi a variației cu temperatura pozitivă, datorată formei parabolice a caracteristicilor tensiune-temperatură **18** și **19** ale celor două tranzistoare, **DS1** tranzistor bipolar și **DS7** tranzistor N-MOS. Valoarea coeficientului de temperatură este  $TC9 = 49 \text{ ppm/K}$ .

Rezultatele experimentale sunt în bună concordanță cu calculele teoretice efectuate utilizând modele de precizie ale componentelor semiconductoare și confirmă valabilitatea practică a prezentei invenții.

# RO 132280 B1

## Revendicări

1  
3 1. Metodă de generare a unei tensiuni de referință diferențială stabilă în raport cu  
5 variația temperaturii, **caracterizată prin aceea că** tensiunea de referință diferențială este  
7 obținută prin realizarea a două caracteristici de tensiune-temperatură paralele, folosind pro-  
9 cesarea unei perechi de caracteristici primare tensiune-temperatură (**6 și 7**) neparalele între ele,  
11 având nivele de tensiune diferite, generate de o pereche de dispozitive semiconductoare active  
13 parcurse de curenți constanți de densități diferite, astfel încât, prin amplificarea caracteristicii  
15 (**6**), să se obțină o caracteristică (**8**) tensiune-temperatură paralelă cu cealaltă caracteristică (**7**)  
17 tensiune-temperatură a perechii primare, fie prin divizarea caracteristicii (**7**) să se obțină o  
19 caracteristică (**10**) tensiune-temperatură paralelă cu cealaltă caracteristică (**6**) tensiune-  
21 temperatură a perechii primare, diferența de tensiune dintre caracteristicile paralele (**7 și 8**,  
23 respectiv **6 și 10**), pe domeniul de temperatură utilizat fiind constantă și definind tensiunea de  
25 referință diferențială compensată la variația temperaturii, respectiv o caracteristică (**9**) reprezintă  
27 diferența dintre unele caracteristici (**8 și 7**) iar altă caracteristică (**11**) reprezintă diferența dintre  
alte caracteristici (**6 și 10**).

17 2. Circuit electronic de generare a unei tensiuni de referință diferențială compensată la  
19 variația temperaturii, **caracterizat prin aceea că** este alcătuit dintr-o pereche de dispozitive  
21 semiconductoare (**DS1 și DS2**) din categoria tranzistoarelor bipolare de tip N sau P, diodelor  
23 bipolare de tip N sau P, diodelor Schottky de tip N sau P, a tranzistoarelor MOS cu canal N sau  
25 P, parcurse de curenți constanți de densități diferite, furnizează tensiunile (**Vd1 și Vd2**) având  
27  $Vd1 > Vd2$ , tensiunea (**Vd1**) este amplificată de amplificatorul (**OP21**) cu un factor  $A_2 > 1$ , astfel  
ales încât caracteristica (**8**) de variație cu temperatura a nodului (**O21**) să fie paralelă cu  
caracteristica (**7**) de variație cu temperatura a unui nod (**Vd2**), diferența de tensiune dintre  
noduri (**O21 și Vd2**) reprezentând tensiunea de referință diferențială compensată la variația  
temperaturii pe tot intervalul de temperatură utilizat (**9**).

27 3. Circuit electronic de generare a unei tensiuni de referință diferențială compensată la  
29 variația temperaturii, **caracterizat prin aceea că** este alcătuit dintr-o pereche de dispozitive  
31 semiconductoare (**DS1 și DS2**) din categoria tranzistoarelor bipolare de tip N sau P, diodelor  
33 bipolare de tip N sau P, diodelor Schottky de tip N sau P, sau a tranzistoarelor MOS cu canal  
35 N sau P, parcurse de curenți constanți de densități diferite, furnizează tensiunile (**Vd1 și Vd2**)  
având  $Vd1 > Vd2$ , urmată de divizarea tensiunii (**Vd2**) prin divizorul rezistiv format din niște  
rezistoare (**R1, R2**) cu un factor  $A_3 < 1$  astfel ales încât caracteristica (**10**) de variație cu tempe-  
ratura a unui nod (**Div3**) să fie paralelă cu caracteristica (**6**) de variație cu temperatura a unui  
nod (**Vd1**), diferența de tensiune dintre noduri (**Div3 și Vd1**) reprezentând tensiunea de referință  
diferențială compensată la variația temperaturii pe tot intervalul de temperatură utilizat (**11**).

37 4. Circuit electronic de generare a unei tensiuni de referință diferențială compensată la  
39 variația temperaturii, conform revendicărilor 2 și 3, **caracterizat prin aceea că**, pentru  
41 generarea caracteristicilor primare de tensiune-temperatură în scopul compensării efectului de  
43 curbură de ordinul doi al caracteristicilor primare de tensiune-temperatură, sunt folosite perechi  
45 de dispozitive compuse (**DSC1, DSC2**) formate prin inserierea dispozitivelor semiconductoare  
47 (**DS1 și DS2**) alese din categoria tranzistoarelor bipolare de tip N sau P, a diodelor bipolare de  
tip N sau P, a diodelor Schottky de tip N sau P, a tranzistoarelor MOS cu canal N sau P, cu  
dispozitivele (**DS3** respectiv **DS4**) alese din categoria tranzistoarelor JFET cu canal N sau P sau  
tranzistoarelor MESFET cu canal N sau P având dimensiuni astfel alese încât componentele  
de ordinul 2 a tranzistoarelor (**DS3**) și (**DS4**) să compenseze componentele de ordinul doi de  
semn opus ale tranzistoarelor (**DS1**) și (**DS2**).



# RO 132280 B1

5. Circuit electronic de generare a unei tensiuni de referință diferențială compensată la variația temperaturii, conform revendicărilor 2 și 3, **caracterizat prin aceea că** generarea caracteristicilor primare de tensiune-temperatură se face folosind perechi mixte de dispozitive de tipuri diferite alese din categoria tranzistoarelor bipolare de tip N sau P, a diodelor bipolare de tip N sau P, a diodelor Schottky de tip N sau P, a tranzistoarelor MOS cu canal N sau P, a tranzistoarelor JFET cu canal N sau P, a tranzistoarelor MESFET cu canal N sau P. 1  
3  
5

6. Circuit electronic de generare a unei tensiuni de referință diferențială compensată la variația temperaturii, conform revendicărilor 2, 3, 4 și 5, **caracterizat prin aceea că** circuitul electronic de generare a tensiunii de referință diferențială compensată la variația temperaturii potrivit invenției, poate genera simultan o tensiune de referință compensată la variația temperaturii, raportată la punctul de masă al circuitului prin adăugarea unui amplificator diferențial (**OP22, OP3, OP42 sau OP62**) destinat amplificării tensiunii de referință diferențială compensată la variația temperaturii în raport cu punctul de masă al circuitului. 7  
9  
11  
13

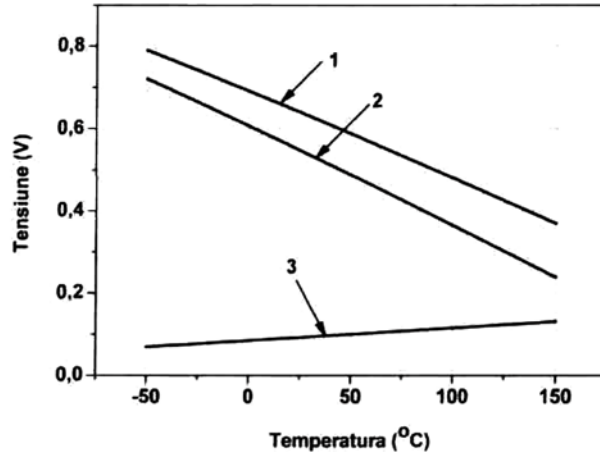
7. Circuit electronic de generare a unei tensiuni de referință diferențială compensată la variația temperaturii, conform revendicărilor 2, 3, 4, 5 și 6, **caracterizat prin aceea că** circuitul electronic de generare a tensiunii de referință diferențială compensată la variația temperaturii, sau a tensiunii de referință compensată la variația temperaturii raportată la punctul de masă poate fi realizat cu dispozitive discrete sau poate fi integrat monolitic pe orice fel de material semiconductor pentru care tehnologia permite realizarea unor circuite integrate. 15  
17  
19

# RO 132280 B1

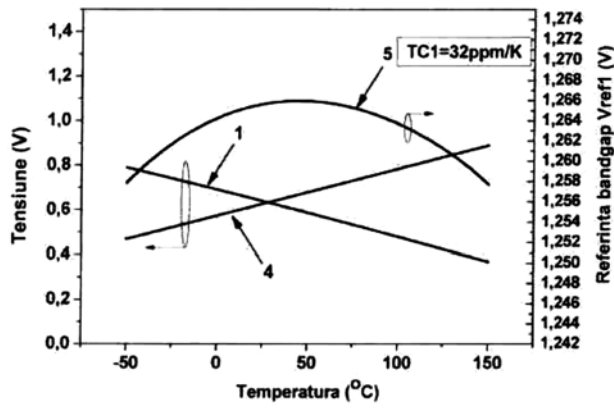
(51) Int.Cl.

G05F 3/30 (2006.01);

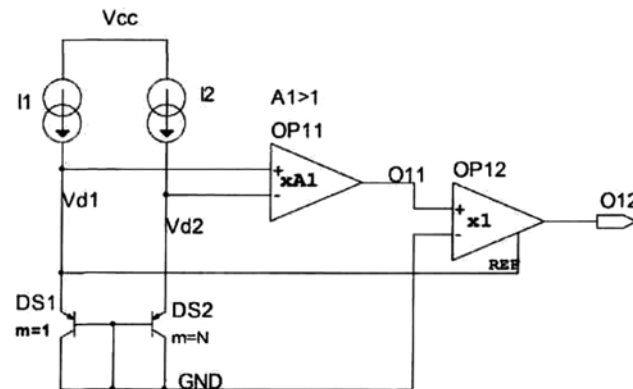
G05F 1/10 (2006.01)



(a)

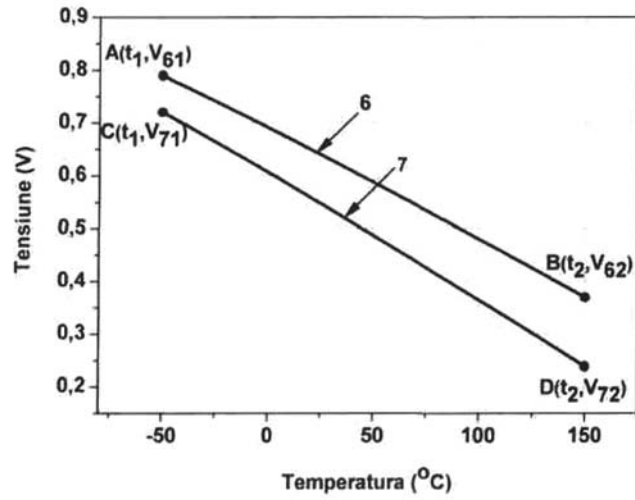


(b)

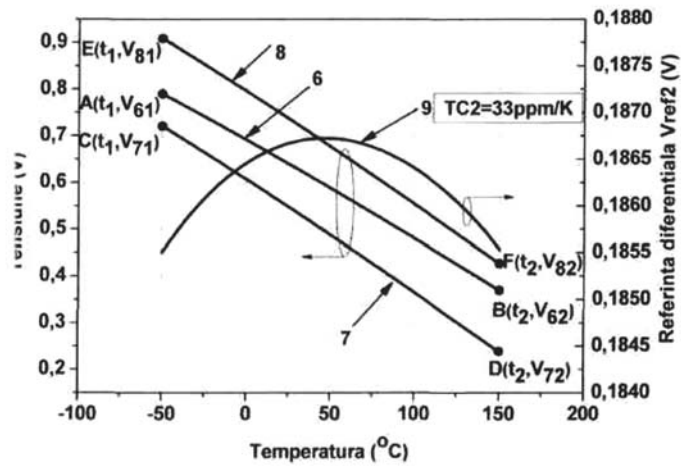


(c)

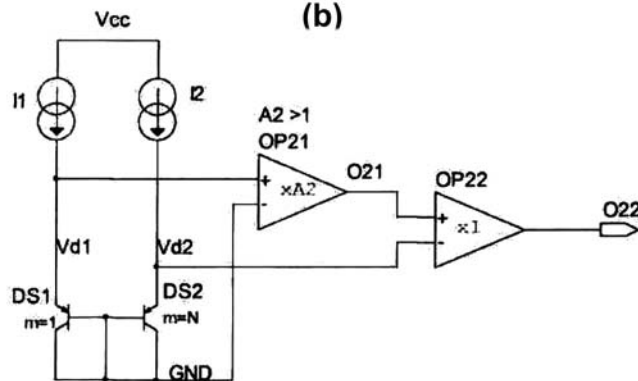
Fig. 1 a...c



(a)



(b)



(c)

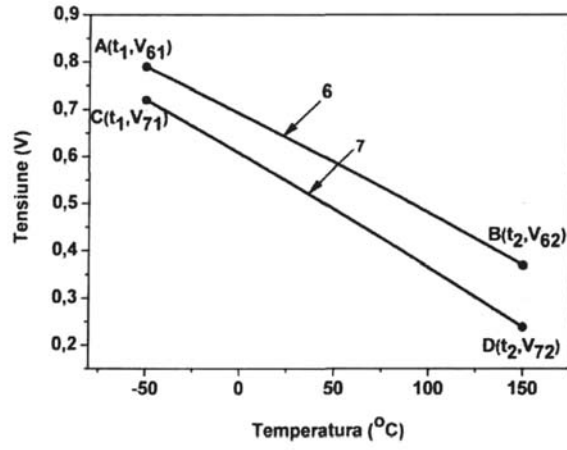
Fig. 2 a...c

# RO 132280 B1

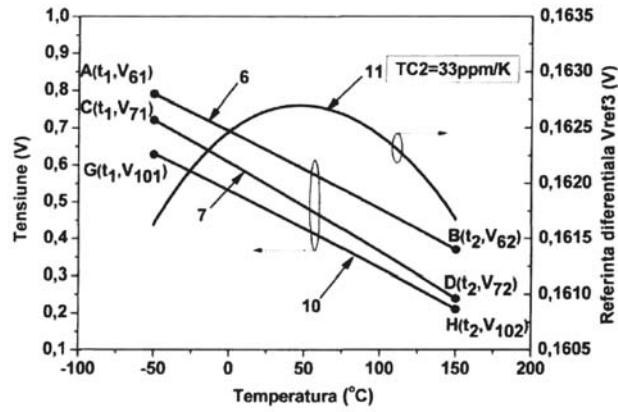
(51) Int.Cl.

G05F 3/30 (2006.01);

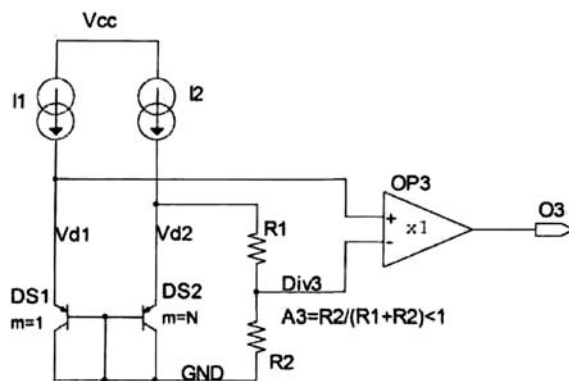
G05F 1/10 (2006.01)



(a)



(b)



(c)

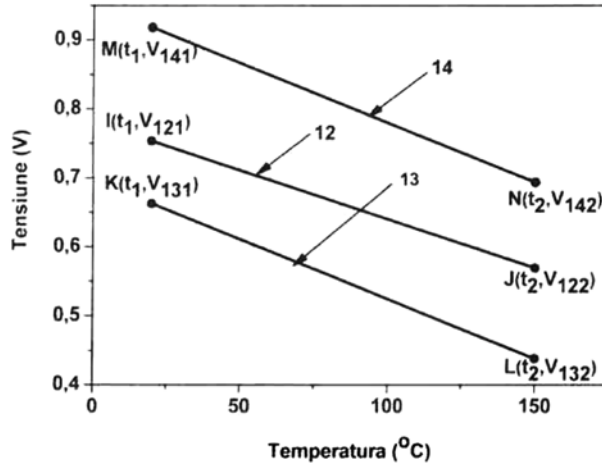
Fig. 3 a...c

# RO 132280 B1

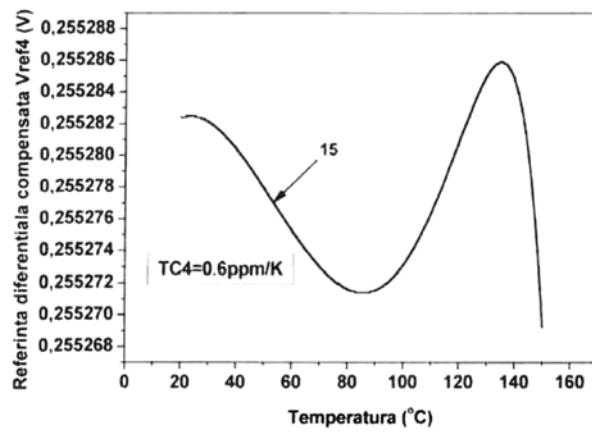
(51) Int.Cl.

G05F 3/30 (2006.01);

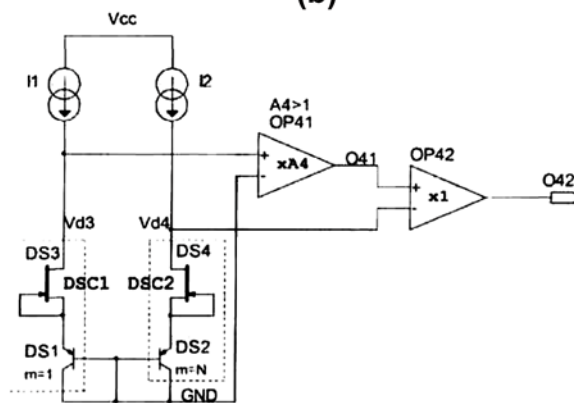
G05F 1/10 (2006.01)



(a)

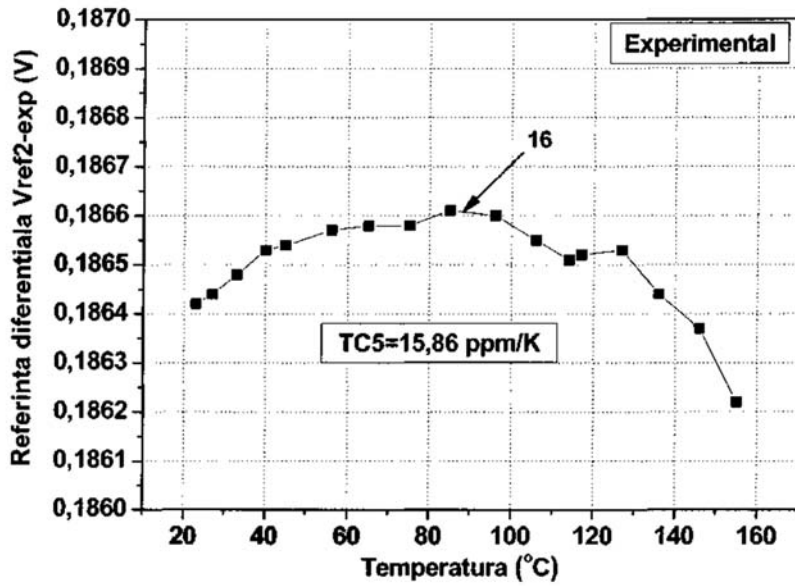


(b)

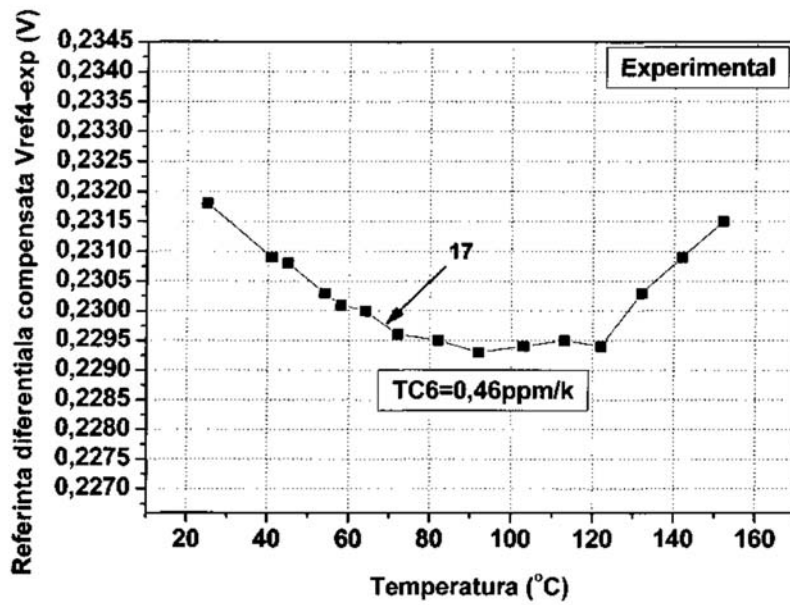


(c)

Fig. 4 a...c



(a)



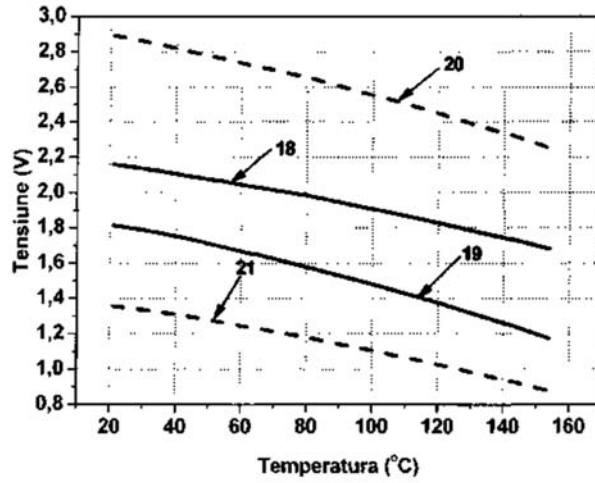
(b)

Fig. 5 a...b

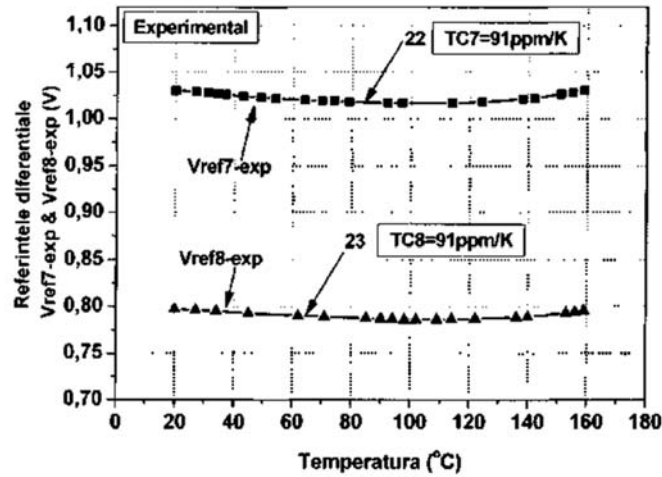
(51) Int.Cl.

G05F 3/30 (2006.01);

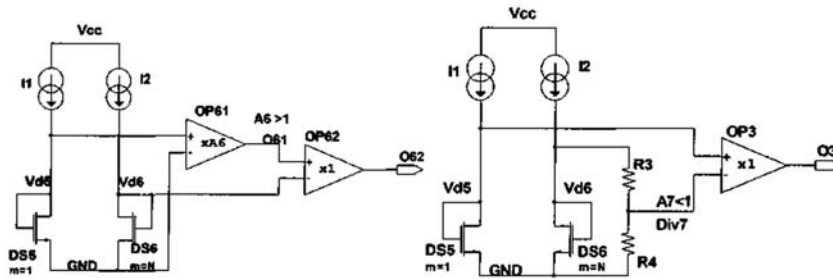
G05F 1/10 (2006.01)



(a)



(b)



(c)

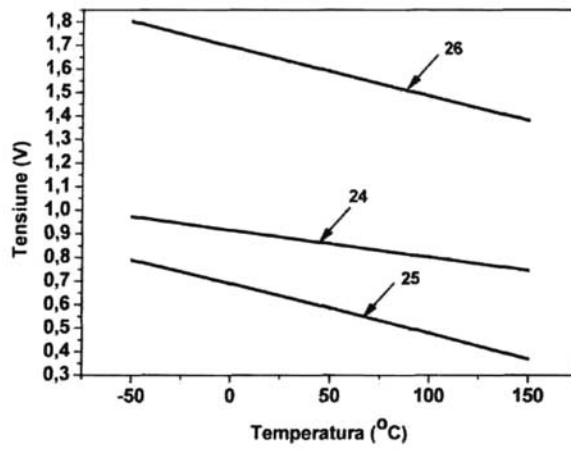
(d)

Fig. 6 a...d

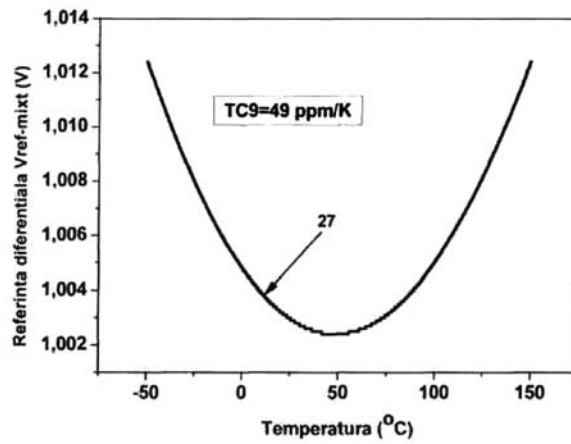
(51) Int.Cl.

G05F 3/30 (2006.01);

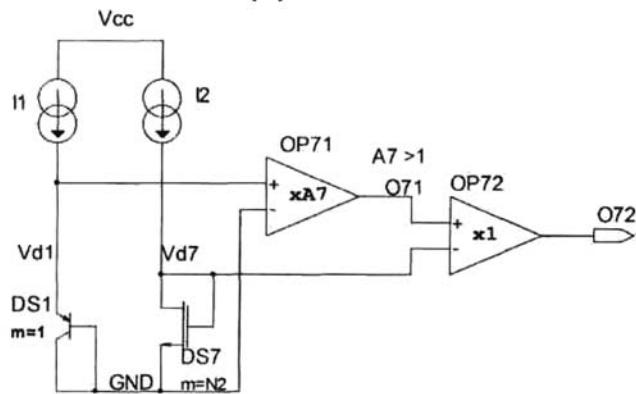
G05F 1/10 (2006.01)



(a)



(b)



(c)

Fig. 7 a...c



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM  
 Tipărit la: Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci  
 sub comanda nr. 284/2019