

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2022 00429

(22) Data de depozit: 20/07/2022

(41) Data publicării cererii:  
30/01/2024 BOPI nr. 1/2024

(71) Solicitant:  
• UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN  
BUCUREȘTI, SPLAIUL INDEPENDENȚEI  
NR.313, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:  
• DRĂGHICI FLORIN, ALEEA TOPOLOVENI  
NR. 1, BL. TD6, ET. 3, AP. 20, SECTOR 6,  
BUCUREȘTI, B, RO;  
• BREZEANU GHEORGHE,  
DRUMUL TABEREI NR.64, BL.F4, SC.3,  
AP.44, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;

• MOISE VLAD-GEORGE,  
STR. SPERANȚEI NR.12, CĂZĂNEȘTI, IL,  
RO;  
• PASCU RĂZVAN, STR.CANTACUZINO  
NR.582, SAT BANULUI,  
COMUNA MĂGURENI, PH, RO;  
• PRISTAVU GHEORGHE, STR.BORDEA  
POENARU NR.1, BL.A11, SC.A, ET.2,  
AP.11, CÂMPULUNG, AG, RO;  
• MITU FLORIN, ALEEA POLITEHNICII  
NR. 2, BL. 5A, ET. 8, AP. 120, SECT. 6,  
BUCUREȘTI, B, RO

(54) SONDĂ DE MĂSURARE A TEMPERATURII ÎN INSTALAȚIILE  
INDUSTRIALE BAZATĂ PE DIODĂ SENZOR PE CARBURĂ  
DE SILICIU

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o sondă concepută pentru măsurarea temperaturilor înalte în instalațiile industriale care operează în medii ostile. Sonda conform invenției este alcătuită dintr-un senzor (S) constituit dintr-o diodă Schottky pe SiC introdusă într-o teacă (T) metalică, având rol atât rol de susținere mecanică cât și rol de protecție, senzorul (S) fiind conectat prin conductori (2) de inox la un circuit (CI) de interfațare amplasat într-o cutie (CB) cu borne, circuitul (CI) de interfațare, alimentat intern de la un stabilizator (Stab) de tensiune continuă, fiind alcătuit dintr-un amplificator (Amp) care preia tensiunea de la bornele diodei Schottky și o amplifică la un nivel convenabil, necesar citirii cu ajutorul unui convertor (ADC) analog-digital de 12 biți care face parte dintr-un microcontroler (microC). Pentru fiecare măsurătoare, folosind date stocate într-un registru (RSET), microcontrolerul (microC) transmite, printr-o interfață SPI, informația la o sursă (SCPD) de curent programabilă digital prin intermediul unui potențiomtru digital a cărui rezistență este modificată la  $R_{setH}$ , respectiv,  $R_{setL}$ , pentru cele două valori obținându-se curenții  $I_{setH}$  și, respectiv,  $I_{setL}$  care polarizează dioda Schottky. Tensiunile pe dioda Schottky asociate celor doi curenți,  $V_{SDH}$  și  $V_{SDL}$ , sunt preluate și memorate de microcontroler (microC) care asigură conversia analog-digi-

tală, face diferența tensiunilor și rezultatul este convertit într-o tensiune analogică de ieșire prin intermediul unui bloc (DAC) de conversie digital-analogică. Tensiunea de ieșire este aplicată unui convertor (Conv) tensiune/curent care generează la ieșire un curent dependent liniar de tensiunea de la intrarea sa. Calibrarea întregului lanț de măsură se realizează prin asocierea punctului de 4mA diferenței minime de tensiune pe diodă și, deci, temperaturii minime, iar punctul de 20 mA, valorii maxime a diferenței de tensiune și, deci, temperaturii maxime.

Revendicări: 8  
Figuri: 4

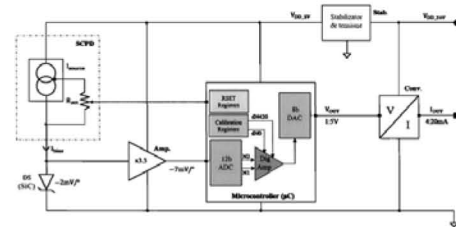


Fig. 3

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



## SONDĂ DE MĂSURARE A TEMPERATURII ÎN INSTALAȚIILE INDUSTRIALE BAZATĂ PE DIODĂ SENZOR PE CARBURĂ DE SILICIU

Invenția se referă la o sondă concepută pentru măsurarea temperaturilor înalte în instalațiile industriale care operează în medii ostile. Sonda include un senzor de temperatură bazat pe diode Schottky pe SiC, un circuit de interfațare care preia semnalul de la detectorul de temperatură, îl prelucrează mixt, analog-digital, și generează la ieșirea sa un curent în gama 4-20mA (standard industrial) proporțional cu temperatura măsurată.

Sunt cunoscute foarte multe metode de măsurare a temperaturii bazate pe: dilatarea unui lichid, dilatarea unui metal, variația rezistenței, efect Seebeck-Peltier, optic, variația caracteristicilor dispozitivelor semiconductoare, etc. În ultima perioadă prezintă un interes foarte mare metodele prin care temperatura este pusă în corespondență cu o mărime electrică deoarece aceasta se poate citi, transmite și afișa cu ușurință.

De exemplu, în brevetul **US 2007/0171959A1** (K. Irrgang et. All, 2007) se detaliază un senzor de temperatură înaltă, care poate fi utilizat la temperaturi de cel puțin 600°C. Acesta este bazat pe variația rezistenței unui rezistor cu temperatura. Senzorul rezistiv este plasat într-un tub de protecție metalic și este înconjurat de o pulbere ceramică pentru o bună protecție mecanică. Senzorul este destinat măsurării temperaturii în condiții grele (în conductele de evacuare ale motoarelor cu ardere internă) în zone cu temperaturi de lucru în intervalul 600°C - 900°C. Este destinat îmbunătățirii managementului motoarelor cu ardere internă în scopul controlării și diminuării noxelor rezultate în urma procesului de ardere a carburantului în motor.

În patentul **US 2003/0123520A1** (Davide Tesi, 2003) este prezentat un senzor de temperatură integrat bazat pe variația cu temperatura a diferenței de tensiune bază-emitor la două tranzistoare bipolare de arii diferite utilizat pentru monitorizarea temperaturii într-un circuit integrat. Senzorul are temperaturi de operare sub 200°C.

Un brevet românesc **RO 123619 81** (P. Constantin et. all, 2014) prezintă un aparat pentru monitorizarea presiunii și/sau a temperaturii fluidelor dintr-o gaură de sondă, care poate fi utilizat la temperatură ridicată. Aparatul conține un element de adâncime și un element de comandă, conectate prin intermediul unei conexiuni etanșe, rezistente la temperatură ridicată. Elementul de adâncime conține un senzor de temperatură și un senzor de presiune ambii fiind încorporați într-o carcasă etanșă, rezistentă la temperatură ridicată. Elementul de comandă conține echipamente electronice necesare funcționării senzorilor de temperatură și presiune.

Alt brevet românesc **RO 118149** (N. Agaviloaie, 2003) prezintă un sistem electronic pentru preluarea informațiilor de temperatură și debit ale unui fluid care circulă prin conducte tur-retur. Se folosesc traductoare de tip termorezistență excitate cu o sursă de current comandată. Tensiunile de pe termorezistențe sunt preluate diferențial de un multiplexor analogic, conectat diferențial la un convertor AD. Convertorul cuprinde un multiplexor de

intrare, un amplificator cu câștig programabil, un modulator delta-sigma, un filtru digital programabil și o interfață pentru accesul datelor către un microcontroler. Mărimile contorizate sunt păstrate într-o memorie RAM.

Sonda de măsurare a temperaturii prezentată se bazează pe variația cu temperatura a caracteristicilor electrice ale unor dispozitive semiconductoare.

Față de sondele cu dispozitive pe siliciu cunoscute până în prezent, și care au temperaturi de lucru mai mici de 250°C, prezenta invenție utilizează ca senzor o diodă Schottky realizată pe SiC care permite funcționarea la temperaturi ridicate (până la 450°C). În plus față de capabilitatea operării la temperaturi imposibile pentru dispozitive pe siliciu, dioda Schottky pe SiC are și avantajul funcționării în medii ostile, cu vibrații, atmosferă impurificată, mediu coroziv, umiditate și radiații alături de fiabilitate, sensibilitate și liniaritate ridicate.

Tehnica standard pentru detecția temperaturii folosind diode Schottky ca senzor cere polarizarea dispozitivului în conducție, la curent constant. Mărimea de la ieșirea senzorului este tensiunea directă, exprimată de legea emisiei termoelectronice prin relația:

$$V_{SD} \cong n\Phi_{Bn,T} + nV_{th} \ln\left(\frac{I_F}{A_n A_S T^2}\right) = n\Phi_{Bn,T} + n \cdot \frac{k}{q} \cdot T \cdot \ln\left(\frac{I_F}{A_n A_S T^2}\right), \quad (1)$$

unde,  $A_n$  este constanta Richardson,  $A_S$  este aria nominală a contactului,  $V_{th}$  este tensiunea termică,  $n$  factorul de idealitate iar  $\Phi_{Bn,T}$  este înălțimea barierei Schottky.

Din relația (1) rezultă o descreștere cvasiliniară a tensiunii  $V_{SD}(T)$  (variație CTAT- Complementary To Absolute Temperature), deoarece termenul logaritmic depinde slab de temperatură. Conform relației (1), dacă se trasează o caracteristică a tensiunii la bornele diodei în funcție de temperatura mediului în care este plasat senzorul, se obține o caracteristică cvasiliniară cu pantă negativă cu temperatura. În funcție de curentul direct la care este polarizată dioda se pot obține sensibilități în intervalul  $[-1,6; -2,4mV/^\circ C]$ . Sensibilitatea crește prin scăderea curentului de polarizare.

Tehnica standard de detecție a temperaturii pe baza curbei  $V_{SD}(T)$  solicită diode Schottky performante la care parametrii  $\Phi_{Bn,T}$  și  $n$  trebuie să fie similari pentru tot lotul de senzori și constanți cu temperatura. Astfel, de la o diodă la alta, procesul de calibrare a circuitului care prelucrează tensiunea de la ieșirea diodei necesită iterații repetate și modificări odată cu schimbarea diodei senzor datorită prelucrării analogice a informației ceea ce nu este întotdeauna ușor de realizat. În plus, sensibilitatea și calibrarea sunt funcție de parametrii diodei (bariera și factorul de idealitate). În cazul unor loturi de diode senzor cu dispersie mare de parametri, metoda este consumatoare de timp.

Tehnicile bazate pe diferența între tensiuni directe ( $\Delta V_{SD}$ ) măsurate pe diode Schottky polarizate la curent constant sunt folosite la referințe de tensiune și pot fi ușor adaptate și pentru detecția temperaturii. Se are în vedere creșterea, cu o abatere minimă de la liniaritate, a diferenței  $\Delta V_{SD}$  cu  $T$  (variație PTAT - Proportional To Absolute Temperature).

31

Se presupune existența a două diode identice, care sunt plasate în același mediu (deci la aceeași temperatură). Acestea vor fi polarizate la curenți direcți diferiți,  $I_{SD1}$  și  $I_{SD2}$ . La bornele celor două diode, vom regăsi tensiunile  $V_{SD1}$  și  $V_{SD2}$ , a căror diferență va fi exprimată în relația:

$$\Delta V_{SD} = V_{SD1} - V_{SD2} = nV_{th} \left[ \ln \left( \frac{I_{SD1}}{I_{S1}} \right) - \ln \left( \frac{I_{SD2}}{I_{S2}} \right) \right] \quad (2)$$

$I_{S1}$  și  $I_{S2}$  sunt curenții de saturație și sunt mărimi direct proporționale cu aria dispozitivelor. Ecuația (2) arată că între cele două diode poate fi obținută o diferență de tensiune de polarizare directă ( $\Delta V_{SD}$ ) dacă diferă curenții direcți prin dispozitive ( $I_{SD1}$  și  $I_{SD2}$ ), curenții de saturație ai celor două dispozitive ( $I_{S1}$  și  $I_{S2}$ ) sau, în cazul cel mai general, ambele perechi de mărimi.

În practică, la abordarea acestui tip de metodă, una din cele două perechi de mărimi se păstrează similară ( $I_{S1} = I_{S2}$  - arii egale sau  $I_{SD1} = I_{SD2}$  - polarizare directă identică).

În cazul în care se lucrează cu diode identice, de aceeași arie ( $I_{S1} = I_{S2}$ ), polarizate la curenți diferiți (între care există relația  $I_{SD1} = mI_{SD2}$ ) prin exprimarea lui  $V_{th}$  în funcție de temperatură și efectuând calculele din paranteză în ec. (2), se ajunge la relația (3):

$$\Delta V_{SD}(T) = n \frac{KT}{q} \ln(m) = C_1 T \quad (3)$$

Relația (3) arată că  $\Delta V_{SD}(T)$  este direct proporțională cu temperatura (senzor PTAT) cu o sensibilitate care depinde de  $n$ , de logaritmul raportului celor doi curenți de polarizare,  $\ln(m)$ , de constanta lui Boltzmann,  $K$ , și de sarcina elementară,  $q$ . O relație identică cu (3) se va obține dacă se vor considera două diode polarizate la același curent ( $I_{SD1} = I_{SD2}$ ) și aflate în același mediu, dar care au raportul ariilor contactelor Schottky egal cu  $m$  ( $I_{S1} = mI_{S2}$ ).

În cazul metodei diferențiale de măsurare a tensiunii directe dependente de temperatură pentru două valori de curent direct diferite există posibilitatea utilizării unei singure diode care să fie comutată, cu o frecvență dată, la cei doi curenți de polarizare diferiți. Fiind vorba de o singură diodă, parametrul  $I_S$  va fi riguros același, deoarece este dat de aceeași arie). Așadar, diferența tensiunilor corespunzătoare celor doi curenți de polarizare la care este comutată dioda va fi dat de ec. (3).

Sonda de măsurare a temperaturii în instalațiile industriale bazată pe diodă senzor pe SiC ce face obiectul prezentei invenții utilizează metoda de măsurare diferențială a tensiunii directe pe o singură diodă Schottky pe SiC comutată la doi curenți diferiți.

Principiul de funcționare a sondei de măsurare a temperaturii în instalații industriale, conform invenției, își propune:

- să preia temperatura mediului în care este introdusă până la valori maxime de 450°C;
- să funcționeze în medii ostile (vibrații, mediu coroziv, umiditate radiații);
- să realizeze conversia temperaturii în mărime electrică (tensiune) prin intermediul senzorului de temperatură (dioda Schottky pe SiC);

- să prelucreze semnalul dependent de temperatură dat de sensor și să realizeze conversia într-un curent de ieșire, în gama 4-20mA proporțional cu temperatura măsurată;
- să transmită în buclă de curent valoarea temperaturii măsurate;
- ieșirea în buclă de curent să suporte un tronson de linie de cel puțin 1000m;
- masa circuitului de achiziție și prelucrare să fie separată de teaca metalică a sondei, pentru o mai bună compatibilitate electromagnetică a sistemului.

Pentru a utiliza metoda descrisă mai sus de măsurare diferențială a tensiunii directe pe o singură diodă Schottky pe SiC va fi nevoie de un circuit care să comute dioda la două niveluri de curent și să memoreze tensiunile rezultate pentru a putea fi realizată diferența.

Se prezintă în continuare un exemplu de implementare și realizare a sondei în legătură cu fig. 1...5, care reprezintă:

- fig. 1, schema bloc a sondei;
- fig. 2, schema de concept a circuitului de interfațare cu dioda senzor de temperatură realizată pe SiC;
- fig. 3, schema bloc implementată a circuitului de interfațare pentru senzor realizat cu diodă Schottky pe SiC;
- fig. 4, caracteristica curent de ieșire-temperatură.

Pe schema bloc a sondei (fig. 1) au fost notate părțile componente esențiale: dioda senzor și circuitul de interfațare. Senzorul (S) constituit din o diodă Schottky pe SiC este introdus într-o teacă metalică (T) care are rol de susținere mecanică dar și de protecție față de mediul a cărei temperatură o citește. Capsula senzorului are două terminale care sunt conectate prin conductori de inox (2) la conectorul circuitului de interfațare (CI) situat în cutia de borne (CB). Deoarece sonda poate fi utilizată până la temperaturi de 450°C izolatorul utilizat pentru conductoarele de legătură dintre senzor și circuitul de interfațare este bazat pe ceramică.

Conceptul circuitului de interfațare este prezentat în fig. 2. În această schemă se utilizează două surse de curent de valori diferite ( $I$  și  $mI$ ) și o singură diodă senzor de temperatură ( $D$ ). Diferența de tensiuni  $\Delta V_{SD}(T)$  se obține prin polarizarea aceleiași diode la doi curenți diferiți (dintre care unul este de  $m$  ori mai mare decât celălalt), succesiv, și apoi prin realizarea diferenței celor două tensiuni corespunzătoare obținute. Această schemă presupune o executare secvențială a unor comenzi: polarizarea diodei la curentul mai mare ( $mI$ ), memorarea primei tensiuni pe diodă, comutarea diodei la curentul de polarizare mai mic ( $I$ ), memorarea celei de-a doua tensiuni, efectuarea diferenței tensiunilor, amplificarea diferenței tensiunilor de pe diodă și conversia tensiune-curent. Această succesiune poate fi realizată doar cu existența unei unități de procesare și memorare, deci este necesară utilizarea unui microcontroller. O soluție pur analogică este exclusă în acest caz, ceea ce complică arhitectura folosită și mărește efortul dezvoltării senzorului.

Deși schema de concept din fig. 2 are dezavantajul unei implementări mai dificile, aceasta prezintă însă un avantaj major în ceea ce privește acuratețea măsurătorii temperaturii cu sonda care se bazează pe acest principiu, dată de utilizarea aceluiași dispozitiv pentru a genera diferența de tensiuni. Astfel, factorul de neidealitate este anulat și se așteaptă minimizarea erorilor.

Ca urmare, în cazul circuitului din fig. 2, mărimea electrică purtătoare de informație este  $\Delta V_{SD}(T)$ , exprimată în ecuația (3). Singurul parametru din această relație care poate fi controlat de proiectantul circuitului este constanta  $m$ , care, în acest caz, reprezintă raportul celor doi curenți de polarizare a diodei. Pentru o liniaritate bună a mărimii  $\Delta V_{SD}$  cu temperatura, este absolut necesar ca  $m$  să fie perfect constant în relație cu stimulii externi ca temperatura ambiantă sau tensiunea de alimentare. Alegerea valorilor celor doi curenți la care se comută dioda se face astfel încât să dea o diferență  $\Delta V_{SD}$  cât mai mare și o autoîncălzire cât mai redusă.

În fig. 2, curenții  $I$  și  $mI$  sunt exprimați prin existența a două surse distincte. În implementarea fizică este de dorit, totuși, ca acești curenți să aibă aceeași natură, să fie generați de același circuit. Motivul este dat de factorul de neîmperechere ce rezultă în urma proceselor tehnologice la care sunt supuse circuitele – chiar și două circuite integrate identice ca arhitectură nu vor da același curent de ieșire. Pe piața circuitelor integrate există soluții pentru implementarea unor surse de curent foarte precise însă nu există soluții integrate pentru generarea a doi curenți de aceeași natură, unul de  $100\mu\text{A}$ , iar celălalt de  $10\mu\text{A}$  sau mai mic. Pe lângă existența celor două ramuri prin care trec curenții  $I$  și  $mI$  este necesar și un comutator analogic (K în fig. 2) care să selecteze una dintre polarizări la un moment dat de timp.

Implementarea pentru conceptul din fig. 2 este dată în fig. 3. Circuitul este format dintr-un amplificator (**Amp**) care preia tensiunea de la bornele diodei Schottky sensor de temperatură realizată pe SiC (**DS**) și o amplifică la un nivel convenabil necesar citirii cu un convertor analog-digital (**ADC**) de 12 biți care face parte dintr-un microcontroler ( **$\mu\text{C}$** ).

Amplificatorul este utilizat pentru a crește sensibilitatea senzorului de temperatură, la intrarea în convertorul analog-digital (**ADC**) al microcontrollerului ajungând o tensiune egală cu  $A \cdot V_{SD}(T)$ , unde  $A$  reprezintă amplificarea. Valoarea amplificării ( $A=3,5$ ) a fost aleasă astfel încât pentru tensiunea maximă de pe senzor în intervalul de temperatură ( $\approx 1,4\text{V}$  la polarizarea maximă, de  $100\mu\text{A}$ ), mărimea  $A \cdot V_{SD}(T)$  ( $\approx 4,9\text{V}$ ) să fie aproximativ egală cu, dar mai mică decât tensiunea de alimentare a  **$\mu\text{C}$**  ( $5\text{V}$ ). Astfel, se asigură folosirea întregului domeniu al tensiunii de intrare al **ADC**-ului, ceea ce duce la precizie optimă. Pentru implementarea acestui circuit se utilizează un amplificator operațional de precizie, care funcționează în domeniul tensiunilor joase, având un curent consumat foarte mic și un offset de ordinul unităților de  $\mu\text{V}$ . Deoarece tensiunea de intrare în amplificator variază cu temperatura cu aproximativ  $-2\text{mV}/^\circ\text{C}$ , valoarea offsetului va avea un impact insesizabil asupra erorii totale.

28

Microcontrolerul realizează controlul polarizării, conversia analog-digitală, memorarea valorilor captate de ADC, efectuarea calculelor necesare și conversia digital-analogică. Pentru fiecare măsurătoare, folosind datele stocate într-un registru (**RSET register**), microcontrollerul trimite prin interfața SPI informația unei surse de curent programabile prin intermediul unui potențiomtru digital ( $R_{set}$ ), a cărei valoare rezistivă este modificată la  $R_{setH}$ , respectiv,  $R_{setL}$  (blocul **SCPD** din fig. 3). Pentru cele două valori se vor obține curenții  $I_{setH}$  și respectiv  $I_{setL}$  și cele două tensiuni  $V_{SDH}$  și  $V_{SDL}$  (fiind vorba de aceeași sursă de curent driftul termic și variațiile de proces se anulează prin diferențiere).

Din datele experimentale statistic obținute prin polarizarea diodei-senzor pe SiC la diferiți curenți și monitorizarea tensiunii pe diodă cu temperatura, s-a stabilit că, pentru ariile contactului Schottky utilizate la senzori, rezistența serie parazită a diodei începe să producă un efect semnificativ pentru curenți de polarizare începând de la 1mA. Pentru că funcționarea diodei peste această limită poate duce la erori de măsurare, se va limita curentul  $I_{setH}$  de polarizare la  $100\mu A$ . Pentru a avea o sensibilitate cât mai bună, este necesar ca raportul  $m$  să fie cât mai mare. Din acest motiv, este necesar ca al doilea curent de polarizare,  $I_{setL}$ , să fie cu cel puțin un ordin de mărime mai mic decât  $I_{setH}$ . Se alege,  $I_{setH} = 10I_{setL} = 100\mu A$  și, ca urmare,  $m=10$ .

Microcontrolerul, prin intermediul ADC, citește cele două tensiuni  $V_{SDH}$  și  $V_{SDL}$  corespunzătoare curenților  $I_{setH}$  și, respectiv,  $I_{setL}$ , le memorează, face diferența și o convertește într-o tensiune de ieșire prin intermediul blocului de conversie digital-analogică (**DAC**). Această tensiune este menținută ca valoare până la următorul ciclu de citire când va fi actualizată. Tensiunea de la ieșirea **DAC** este aplicată unui convertor tensiune-curent (**V/I**) care generează la ieșire un curent dependent liniar de tensiunea de la intrarea sa. Calibrarea întregului lanț de măsură se realizează prin intermediul microcontrolerului, prin acesta asociindu-se punctul de 4mA diferenței de tensiune minimă de pe senzor, deci, temperaturii minime și punctul de 20mA diferenței de tensiune maxime de pe senzor (aferent temperaturii maxime). Calibrarea poate fi realizată și în mai multe puncte.

Cu excepția convertorului **V/I**, care se alimentează la o tensiune de +24V, restul circuitului este alimentat la o tensiune de +5V obținută prin reducerea tensiunii de +24V la valoarea de +5V cu un stabilizator liniar (**Stab** – Fig. 3).

Caracteristica curent de ieșire ( $I_o$ ) – temperatură ( $T$ ) este dată în fig. 4. Tot aici este realizată corespondența punct de reglaj – caracteristică de ieșire (punctele de zero și de span).

24

## REVENDICĂRI

1. Sondă de măsurare a temperaturii în instalațiile industriale bazată pe diodă senzor realizată pe carbură de siliciu (SiC) caracterizată prin aceea că are în componență sezorul (S) constituit dintr-o diodă Schottky pe SiC introdusă într-o teacă metalică (T) cu rol de susținere mecanică dar și de protecție față de mediul al cărei temperatură o citește (praf, umiditate, agenți corozivi).
2. Sondă de măsurare a temperaturii în instalațiile industriale bazată pe diodă senzor pe carbură de siliciu conform revendicării 1, caracterizată prin aceea că dioda senzor este conectată prin două conductoare (2) pentru conexiunea la circuitul de interfațare (CI) situat în cutia de borne (CB).
3. Sondă de măsurare a temperaturii în instalațiile industriale bazată pe diodă senzor pe carbură de siliciu conform revendicării 1, caracterizată prin aceea că alimentarea sondei se realizează în intervalul 12-32V, ieșirea acesteia se realizează în buclă de curent standard industrial în intervalul 4-20mA, iar temperaturile citite sunt extinse de la 0 până la 450°C.
4. Sondă de măsurare a temperaturii în instalațiile industriale bazată pe diodă senzor pe carbură de siliciu conform revendicării 1, caracterizată prin aceea că utilizează un circuit de interfațare care prelucrează analog-digital semnalul dat de senzor.
5. Sondă de măsurare a temperaturii în instalațiile industriale bazată pe diodă senzor pe carbură de siliciu conform revendicării 1, caracterizată prin aceea că schema bloc a acestuia conține un amplificator (Amp) care preia tensiunea de la bornele elementului termosensibil bazat pe diodă Schottky realizată pe SiC (DS) și o amplifică la un nivel convenabil, necesar citirii cu un convertor analog-digital (ADC) de 12 biți care face parte dintr-un microcontroler ( $\mu C$ ).
6. Sondă de măsurare a temperaturii în instalațiile industriale bazată pe diodă senzor pe carbură de siliciu conform revendicării 1, caracterizată prin aceea că microcontrolerul realizează controlul polarizării, conversia analog-digitală, memorarea valorilor captate de ADC, efectuarea calculelor necesare și conversia digital-analogică. Pentru fiecare măsurătoare, folosind datele stocate într-un registru (**RSET register**), microcontrolerul trimite prin interfața SPI informația unei surse de curent programabile prin intermediul unui potențiomtru digital, a cărui valoare rezistivă este modificată la  $R_{setH}$ , respectiv,  $R_{setL}$  (blocul **SCPD** din fig. 3). Pentru cele două valori se vor obține curenții  $I_{setH}$  și respectiv  $I_{setL}$  și cele două tensiuni  $V_{SDH}$  și  $V_{SDL}$ . Prin intermediul ADC, microcontrolerul, citește tensiunile  $V_{SDH}$  și  $V_{SDL}$ , le memorează, face diferența ( $\Delta V_{SD}(T)$ ) și o convertește într-o tensiune de ieșire prin intermediul blocului de conversie digital-analogică (**DAC**). Această tensiune este menținută ca valoare până la următorul ciclu de citire când va fi actualizată. Tensiunea de la ieșirea **DAC** este aplicată unui convertor tensiune-curent (V/I) care generează la ieșire un curent dependent liniar de tensiunea de la intrarea sa.

24



7. Sondă de măsurare a temperaturii în instalațiile industriale bazată pe diodă senzor pe carbură de siliciu conform revendicării 1, caracterizată prin aceea că întregul lanț de măsură se calibrează prin intermediul microcontrolerului, prin acesta asociindu-se punctul de 4mA valorii minime a diferenței de tensiune citite pe diodă, deci, a temperaturii minime. Curentul de la capătul scalei de 20mA corespunde valorii maxime a diferenței de tensiune de pe senzor care este asociată temperaturii maxime. Calibrarea poate fi realizată și în mai multe puncte, maxim 10.

8. Sondă de măsurare a temperaturii în instalațiile industriale bazată pe diodă senzor pe carbură de siliciu conform revendicării 1, caracterizată prin aceea că permite o nouă arhitectură de sistem de măsurare a temperaturii având ca element termosensibil o diodă Schottky pe SiC care permite extinderea gamei temperaturii de măsură până la 450°C (datorită caracteristicilor semiconductorului de bandă interzisă largă) și un circuit specializat care realizează o achiziție și prelucrare analog-digitală a semnalului furnizat de dioda senzor pe SiC și controlul digital al polarizării senzorului cu scopul creșterii liniarității și fiabilității.

25

DESENE EXPLICATIVE

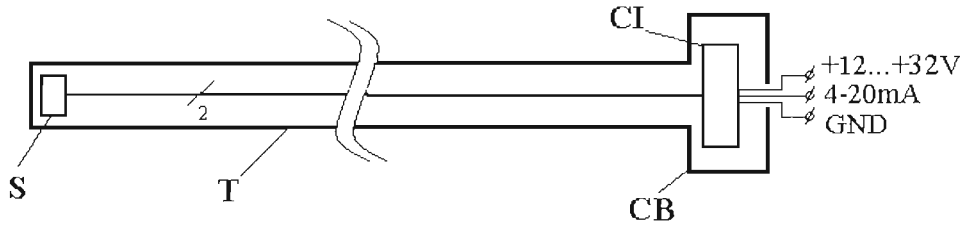


Fig. 1

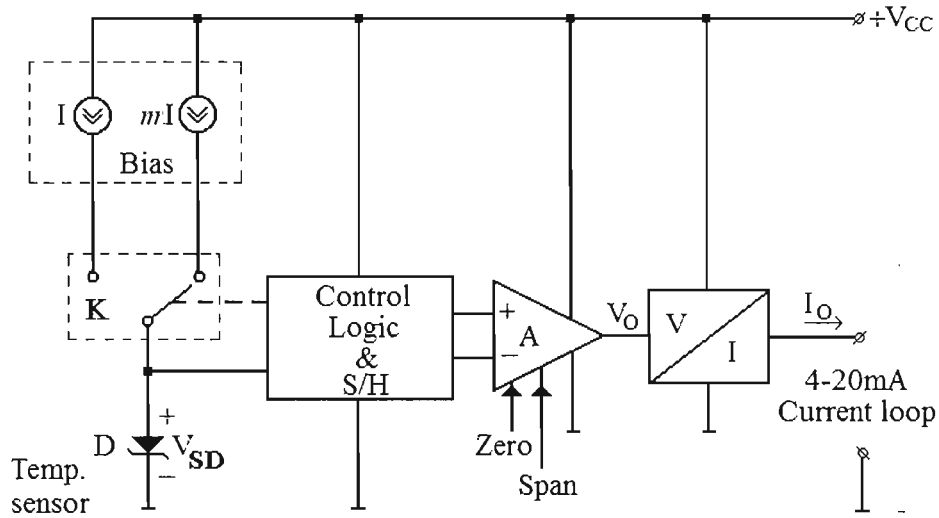


Fig. 2

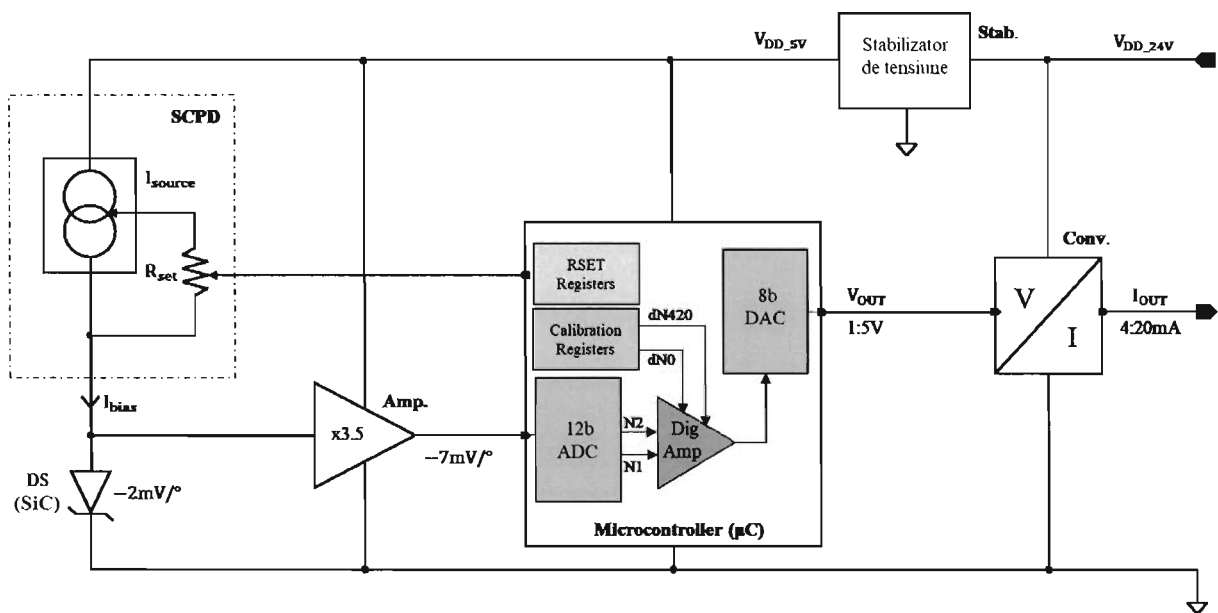


Fig. 3

24

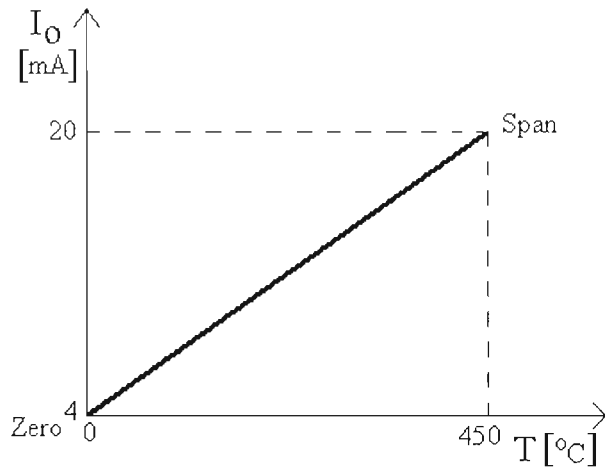


Fig. 4