



(12)

## BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2012 00184**

(22) Data de depozit: **15.03.2012**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30.05.2014** BOPI nr. **5/2014**

(41) Data publicării cererii:  
**30.09.2013** BOPI nr. **9/2013**

(73) Titular:  
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE  
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU  
INGINERIE ELECTRICĂ ICPE - CA,  
SPLAIUL UNIRII NR.313, SECTOR 3,  
BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:  
• **PISLARU-DĂNESCU LUCIAN,  
STR.STÂNJENILOR NR.19, BL.6, SC.1,  
AP.4, SINAIA, PH, RO;**  
• **PINTEA JANA, STR.SOLDAT IOSIF ION  
NR.9, BL.55, SC.A, ET.4, AP.16, SECTOR 3,  
BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **DUMITRU ALINA IULIA, STR.CIUCEA  
NR.5, BL.L 19, SC.5, ET.9, AP.195,  
SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;**

• **STOICA VICTOR, ȘOS.GIURGIULUI  
NR.127, BL.2 B, SC.1, ET.5, AP.19,  
SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **OPRINA GABRIELA,  
STR.NICOLAE BĂLCESCU NR.40 A,  
CÂMPINA, PH, RO;**  
• **BĂBUȚANU CORINA ALICE,  
ȘOS.PANTELIMON NR.312, BL.6, SC.B,  
ET.10, AP.79, SECTOR 2, BUCUREȘTI, RO;**  
• **LIPAN LAURENȚIU CONSTANTIN,  
ALEEA MASA TĂCERII, BL.A, ET.4, AP.60,  
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **PISICA IOANA, ALEEA PRAVĂȚ NR.4,  
BL.Z 5, ET.3, AP.23, SECTOR 6,  
BUCUREȘTI, B, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:  
**US 4741200; RO 94119**

(54) **SENZOR PIEZOELECTRIC DE MĂSURARE A VISCOZITĂȚII  
DINAMICE ȘI CIRCUIT DE MĂSURARE**



# RO 128865 B1

1 Inventția se referă la un senzor piezoelectric de măsurare a viscozității dinamice și  
circuit de măsurare, ce se poate utiliza la reglajul viscozității carburantului în scopul fluidizării  
3 acestuia prin încălzirea corespunzătoare, pentru vehiculele militare ce funcționează la  
temperaturi negative extreme, în industria militară, precum și la măsurarea în buclă deschisă  
5 a viscozității uleiului de transformator, utilizat ca agent de răcire la transformatoarele de  
mare putere, în industria energetică. Viscositatea dinamică a lichidelor este o mărime fizică  
7 puternic dependentă de temperatură, pentru un lichid dat. Statistic, există o legătură între  
mărimile fizice viscositatea dinamică a uleiului de transformator și rigiditatea dielectrică a  
9 acestuia, știut fiind faptul că operarea îndelungată la temperaturi mai mari de 75°C determină  
mărirea viscozității și oxidarea uleiului, implicit, micșorarea rigidității dielectrice.  
11 Supraîncălzirile și descărcările electrice parțiale deteriorează uleiul de transformator,  
cauzând rupturi în moleculele acestuia, care duc la apariția hidrogenului și a hidrocarburilor  
13 ionice. Acestea se combină, formând următoarele hidrocarburi gazoase: metan (CH<sub>4</sub>), etan  
(C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>), etilenă (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) și acetilenă (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>).

15 Se cunosc următoarele soluții tehnice privind senzorii de măsurare a viscozității dinamice:

- Metoda lui Stookes; în cadrul acestei metode se consideră valoarea forței de frecare  
17 ce apare la deplasarea cu viteza  $v$  a unei sfere de rază  $r$  și densitate  $\rho_0$  într-un lichid de  
densitate  $\rho$ . Viscosimetrul Stookes este format dintr-un cilindru de sticlă care conține lichidul  
19 de studiat. Cu o riglă se măsoară distanța între două repere aflate pe cilindru. O bilă de  
densitate  $\rho_0$  se lasă să cadă în uleiul de densitate  $\rho$ , măsurându-se timpul de cădere între  
21 două repere fixe. Se calculează apoi viteza de deplasare a bilei.

- O altă metodă de măsurare a viscozității este utilizarea formulei de debit a lui Hagen  
23 și Poisseuille. Determinarea coeficientului de viscositate dinamică se poate face cu ajutorul  
curgerii fluidului printr-un tub capilar. Viteza fluidului este maximă în centrul tubului, și minimă  
25 lângă pereți. Deplasarea fluidului este similară cu cea a unor tuburi coaxiale, care alunecă  
unele față de altele, tubul central înaintând cel mai rapid. În cazul unei conducte cilindrice  
27 cu raza interioară  $R$ , se poate deduce variația vitezei în funcție de rază. Pentru un element  
cilindric de fluid de rază  $r$  și lungime  $l$ , curgerea apare datorită diferenței de presiune dintre  
29 capetele tubului. Determinarea viscozității se reduce astfel la măsurarea diferenței de  
presiune între două puncte de pe conductă și a debitului ce circulă prin aceasta.

31 - Un alt tip de viscosimetru este viscosimetru cu placă de alunecare. În aceste  
viscosimetre, mediul ce urmează a fi testat este încărcat între două plăci culisante. După ce  
33 rata de forfecare și stresul de forfecare a fost măsurat, viscositatea poate fi ușor evaluată în  
conformitate cu ecuația Newton pentru viscositate (Koran & Dealy, 1999).

35 - Brevetul nr. **4741200**, 03.05.1988, SUA, cu titlul *Metodă și aparat pentru măsurarea*  
*viscozității într-un lichid utilizând senzor piezoelectric*, se referă la un aparat compus dintr-un  
37 oscilator de frecvență variabilă, o punte Wayne – Kerr, un amplificator și un detector. Două  
elemente piezoelectrice sunt montate în puntea cu patru brațe Wayne - Kerr, fiind dispuse  
39 pe două brațe adiacente. Puntea este ajustată pentru a da o tensiune de offset minimă de  
aproximativ 0,2%. Un element piezoelectric, montat într-unul dintre brațele punții Wayne –  
41 Kerr, este activat de către tensiunea sinusoidală furnizată de oscilator, ce este aplicată pe  
una dintre diagonalele punții. Acest element piezoelectric este scufundat în lichidul a cărui  
43 viscositate dorim să o determinăm, producând astfel o dezechilibrare a punții de măsură.  
Tensiunea de offset culeasă pe cealaltă diagonală este amplificată și afișată de către un bloc  
45 numit detector.

Soluția descrisă în brevetul nr. **4741200**, 03.05.1988, SUA, prezintă următoarele  
47 dezavantaje:

49 1. Datorită distanței relativ mari dintre cele două elemente piezoelectrice dispuse în  
puntea de măsură, semnalul util rezultat va fi de amplitudine foarte mică, necesitând etaje

# RO 128865 B1

de amplificare cu un factor foarte mare de amplificare. Acest fapt se datorează disipației de energie aferentă componentei longitudinale a undelor sonice.	1
2. Măsurarea viscozității cu acest aparat necesită un circuit electronic de măsură de o sensibilitate foarte mare. Deși nu este precizat, amplificatorul prezent în schema bloc trebuie să prezinte un factor de amplificare A foarte mare, concomitent cu o bandă de trecere de până la 5 MHz. Acest fapt are următoarele implicații:	3 5
- este foarte greu de obținut o precizie ridicată, concomitent cu realizarea unui factor de amplificare foarte mare, întrucât influența offset-urilor datorate temperaturii devine considerabilă;	7 9
- este cunoscut că pentru orice amplificator de instrumentație produsul dintre banda de trecere și amplificare este constant. Astfel, realizarea unei benzi de trecere foarte mari, de 5 MHz, se face în detrimentul realizării unui factor de amplificare mare. Soluția în acest caz, este utilizarea unui lanț de mai multe amplificatoare, fiecare dintre acestea având factor mic de amplificare și bandă de trecere mare. În acest caz, amplificarea totală este produsul factorilor individuali de amplificare. Totuși, eroarea totală realizată este, de asemenea, produsul erorilor individuale, iar efectul net este obținerea unei neliniarități mari.	11 13 15
3. Pentru că cele două elemente piezoelectrice sunt montate într-o punte cu patru brațe și dispuse pe două brațe adiacente, apare necesitatea ca aceste componente să fie absolut identice, cu o precizie foarte mare. Aceasta pentru că offset-ul datorat dezechilibrării punții de măsură ca efect al diferențelor va fi foarte mare. Efectul net va fi, în acest caz, de creștere a erorilor de măsurare. Totuși, erorile sunt repetitive, permițând o compensare electronică a acestora, dar care nu se regăsește în construcția aparatului.	17 19 21
Alte dezavantaje ale soluțiilor cunoscute sunt:	23
Senzorii convenționali de măsurare a viscozității dinamice a lichidelor, prezentați anterior, au următoarele dezavantaje:	25
- prezența mișcării mecanice a diferitelor părți ale instalației de măsurare;	
- măsurătorile sunt consumatoare de timp;	27
- dimensiuni mari ale instalațiilor de măsurare;	
- sunt dificil de computerizat.	29
Scopul invenției constă în realizarea unui senzor piezoelectric de măsurare a viscozității dinamice și a unui circuit de măsurare, de mare fiabilitate, ușor de utilizat și de dimensiuni reduse, fără părți în mișcare, care să ofere valoarea viscozității dinamice într-un timp scurt, de ordinul câtorva secunde. De asemenea, există posibilitatea afișării digitale a valorii viscozității dinamice măsurate.	31 33
Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în faptul că măsurarea viscozității dinamice se realizează printr-un senzor piezoelectric și un circuit de măsurare, fără mișcări mecanice ale diferitelor elemente constitutive, cu caracteristici superioare și fiabilitate crescută.	35 37
Senzorul piezoelectric de măsurare a viscozității dinamice și circuitul de măsurare, conform invenției, înlătură dezavantajele sus menționate, deoarece constau dintr-un ansamblu de două discuri piezoelectrice, distanțate unul față de celalalt, primul disc este numit piezoemițător, al doilea disc este numit piezoreceptor, acestea sunt dispuse pe câte un disc de alamă, formând ansamblul piezoemițător, respectiv, ansamblul piezoreceptor; aceste două ansambluri sunt dispuse pe câte o plăcuță ceramică, de formă pătrată, alte două plăcuțe ceramice, de formă pătrată și de aceleași dimensiuni, sunt dispuse peste cele două ansambluri, piezoemițător, respectiv, piezoreceptor, pentru a permite ieșirea unor cabluri conductoare de conexiuni; distanțarea celor două discuri piezoelectrice se realizează prin dispunerea a două distanțiere din fibră de sticlă între plăcuțele ceramice, paralelismul	39 41 43 45 47

# RO 128865 B1

1 celor patru plăcuțe se realizează cu ajutorul a patru distanțiere de aceeași lungime, iar câte  
o rășină epoxidică aplicată pe întreg conturul celor patru plăcuțe ceramice realizează  
3 etanșarea perfectă a ansamblului piezoemițător, respectiv, a ansamblului piezoreceptor în  
raport cu lichidul a cărui viscozitate dorim să o măsurăm.

5 Avantajele invenției sunt următoarele:

- 7 - simplitate constructivă;
- 7 - nu prezintă mișcări mecanice ale diferitelor părți ale instalației de măsurare;
- 9 - oferă valoarea viscozității dinamice într-un timp scurt, de ordinul câtorva secunde;
- 9 - există posibilitatea prelucrării electronice a informației și afișării digitale a valorii  
viscozității dinamice măsurate.

11 Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu fig. 1...3, ce  
reprezintă:

- 13 - fig. 1, secțiune senzor piezoelectric de viscozitate dinamică, conform invenției;
- 13 - fig. 2a, ansamblu senzor piezoelectric de viscozitate dinamică, conform invenției;
- 15 - fig. 2b, vedere ansamblu piezoemițător dispus pe plăcuța ceramică;
- 15 - fig. 2c, vedere ansamblu piezoreceptor dispus pe plăcuța ceramică;
- 17 - fig. 3, circuitul de măsurare a viscozității dinamice asociat senzorului piezoelectric,  
conform invenției.

19 Elementul sensibil al senzorului piezoelectric de măsurare a viscozității dinamice,  
conform invenției, constă dintr-un ansamblu de două discuri piezoelectrice, dispuse față în  
21 față, la o distanță  $d$  una față de alta. Senzorul piezoelectric de măsurare a viscozității  
dinamice se scufundă în lichidul al cărui viscozitate dorim să o măsurăm. Primul disc, numit  
23 disc piezoemițător, **3a**, fig. 1 și fig. 2b., conform invenției, este alimentat, prin intermediul unui  
generator de funcții dreptunghiulare, cu o tensiune vârf la vârf de  $U = 24 \text{ V}$  și frecvență  
25  $f = 2 \text{ kHz}$ , rezultând, conform efectului piezoelectric invers, oscilații de amplitudinea  $A_e$ , ce  
se propagă prin lichidul a cărui viscozitate dinamică dorim să o determinăm. Cel de-al doilea  
27 disc, numit disc piezoreceptor, **3b**, fig. 1 și fig. 2c, conform invenției, aflat la distanța  $d$  de  
discul emițător, preia oscilațiile mecanice prin intermediul lichidului, rezultând, conform  
29 efectului piezoelectric direct, o tensiune electrică periodică de aceeași frecvență,  $f = 2 \text{ kHz}$ ,  
dar de amplitudine variabilă, în funcție de valoarea viscozității dinamice a lichidului. În lichide  
31 nu se pot propaga unde elastice transversale, deoarece straturile succesive alunecă unele  
peste altele, fără să transmită deformațiile. Se transmit numai unde superficiale sau unde  
33 elastice longitudinale, deoarece traiectoria este liniară, și deplasarea particulelor se produce  
în direcția propagării undelor. Compresiile și decompresiile rezultate în spațiul dintre discul  
35 piezoemițător **3a**, fig. 1 și fig. 2b, și discul piezoreceptor **3b**, fig. 1 și fig. 2c, se datorează  
propagării undelor longitudinale prin mediul reprezentat de lichidul a cărui viscozitate o  
37 măsurăm. Cele două discuri piezo, emițător **3a**, fig. 1, și receptor **3b**, fig. 1, sunt dispuse pe  
câte un disc de alamă, **2a**, fig. 1, pentru discul piezoemițător, și **2b**, fig. 1, corespunzător dis-  
39 cului piezoreceptor, formând ansamblul piezoemițător **2a**, **3a**, respectiv, ansamblul piezo-  
receptor **2b**, **3b**. Atât ansamblul piezoemițător, fig. 1 și fig. 2b, cât și ansamblul piezorecep-  
41 tor, fig. 1 și fig. 2c, conform invenției, sunt dispuse pe câte o plăcuță ceramică de formă pă-  
43 trată **1b**, fig. 1, pentru ansamblul piezoemițător, respectiv, **1c**, fig. 1, pentru ansamblul piezo-  
receptor. Alte două plăcuțe ceramice, de formă pătrată și de aceleași dimensiuni, conform  
invenției, sunt dispuse peste ansamblul piezoemițător **1a**, fig. 1 și fig. 2a, respectiv, peste an-  
45 samblul piezoreceptor **1d**, fig. 1 și fig. 2a, astfel încât să permită ieșirea cablurilor conduc-  
toare de conexiuni **4a**, fig. 1, **4b**, fig. 1, **4c**, fig. 1, și **4d**, fig. 1. Conform invenției, pe perechea  
47 de cabluri conductoare **4a**, fig. 1, și **4b**, fig. 1, asociate ansamblului piezoemițător, se aplică

# RO 128865 B1

tensiunea dreptunghiulară cu o valoare vârf la vârf de  $U = 24 \text{ V}$  și frecvență  $f = 2 \text{ kHz}$ , iar pe perechea de cabluri conductoare **4c**, fig. 1, și **4d**, fig. 1, asociate ansamblului piezoreceptor, se culege o tensiune electrică periodică de aceeași frecvență  $f = 2 \text{ kHz}$ , dar de amplitudine variabilă, în funcție de valoarea viscozității dinamice a lichidului. Distanța  $d$  la care sunt dispuse față în față cele două discuri piezoelectrice, cel emițător **3a**, fig. 1, și cel receptor **3b**, fig. 1, este realizată prin dispunerea a două distanțiere din fibră de sticlă **5a**, fig. 1, și **5b**, fig. 1, între plăcuțele ceramice de formă pătrată **1b**, fig. 1, și **1c**, fig. 1. De asemenea, patru distanțiere **6a**, fig. 1, **6b**, fig. 1, **6c**, fig. 1, și **6d**, fig. 1, de aceeași lungime, realizează paralelismul celor patru plăcuțe ceramice de formă pătrată **1a**, fig. 1, **1b**, fig. 1, **1c**, fig. 1, și **1d**, fig. 1. O rășină epoxidică **7a**, fig. 1, **7b**, fig. 1, **7c**, fig. 1, și **7d**, fig. 1, aplicată pe întreg conturul celor patru plăcuțe ceramice de formă pătrată **1a**, fig. 1, **1b**, fig. 1, **1c**, fig. 1, și **1d**, fig. 1, realizează etanșarea perfectă a ansamblului piezoemițător, fig. 1 și fig. 2a, respectiv, a ansamblului piezoreceptor, fig. 1 și fig. 2a, prin raport cu lichidul a cărui viscozitate dinamică dorim să o măsurăm. Circuitul de măsurare a viscozității asociat senzorului piezoelectric, conform invenției, se prezintă în fig. 3. Generatorul de funcții dreptunghiulare ce furnizează o tensiune dreptunghiulară vârf la vârf de  $U = 24 \text{ V}$  și frecvență  $f = 2 \text{ kHz}$ , care se aplică ansamblului discului piezoemițător **2a**, **3a**, fig. 3, este realizat cu ajutorul următoarelor blocuri electronice: oscilator, monostabil trigerat pe frontul pozitiv și un etaj final. Semnalul cules de la ansamblul discului piezoreceptor **2b**, **3b**, fig. 3, este prelucrat prin intermediul unui bloc electronic redresor de precizie, iar tensiunea de la ieșirea blocului electronic redresor de precizie este aplicată unui bloc electronic convertor analog/digital dublă pantă. În final, informația reprezentând viscozitatea dinamică, conform invenției, poate fi afișată, fig. 3, prin intermediul unui afișor cu caracteristica  $3 \frac{1}{2}$  digit. Toate blocurile electronice sunt alimentate, fig. 3, prin utilizarea unui bloc electronic ce realizează managementul surselor de alimentare.

# RO 128865 B1

## Revendicări

1

3

1. Senzor piezoelectric de măsurare a viscozității dinamice, **caracterizat prin aceea că acesta constă dintr-un ansamblu de două discuri (3a, 3b) piezoelectrice, distanțate unul față de celălalt, primul disc (3a) este numit piezoemițător, al doilea disc (3b) este numit piezoreceptor, acestea sunt dispuse pe câte un disc (2a, 2b) de alamă, formând ansamblul piezoemițător, respectiv, ansamblul piezoreceptor, aceste două ansambluri sunt dispuse pe câte o plăcuță (1b, 1c) ceramică, de formă pătrată, alte două plăcuțe (1a, 1d) ceramice, de formă pătrată și de aceeași dimensiuni, sunt dispuse peste cele două ansambluri piezoemițător, respectiv, piezoreceptor, pentru a permite ieșirea unor cabluri (4a, 4b, 4c, 4d) conductoare de conexiuni, distanțarea celor două discuri (3a, 3b) piezoelectrice se realizează prin dispunerea a două distanțiere (5a, 5b) din fibră de sticlă între plăcuțele (1b, 1c) ceramice, paralelismul celor patru plăcuțe (1a, 1b, 1c, 1d) se realizează cu ajutorul a patru distanțiere (6a, 6b, 6c, 6d) de aceeași lungime, iar câte o rășină epoxidică (7a, 7b, 7c, 7d) aplicată pe întreg conturul celor patru plăcuțe (1a, 1b, 1c, 1d) ceramice realizează etanșarea perfectă a ansamblului piezoemițător, respectiv, a ansamblului piezoreceptor, în raport cu lichidul a cărui viscozitate dorim să o măsurăm.**

11

13

15

17

19

21

23

25

27

2. Circuit de măsură a viscozității dinamice folosind senzorul piezoelectric de la revendicarea 1, **caracterizat prin aceea că acesta cuprinde un generator de funcții dreptunghiulare, ce furnizează o tensiune dreptunghiulară vârf la vârf de  $U = 24\text{ V}$  și frecvență  $f = 2\text{ kHz}$ , care se aplică ansamblului discului piezoemițător (2a, 3a), este realizat cu ajutorul unui oscilator, unui monostabil trigerat pe frontul pozitiv și unui etaj final, iar semnalul cules de la ansamblul discului piezoreceptor (2b, 3b) este prelucrat prin intermediul unui bloc electronic redresor de precizie, tensiunea de la ieșirea blocului electronic redresor de precizie este aplicată unui bloc electronic convertor analog/digital dublă pantă, informația reprezentând viscozitatea dinamică este afișată prin intermediul unui afișor cu caracteristica**

**$3\frac{1}{2}$  digit, toate blocurile electronice menționate fiind alimentate prin utilizarea unui bloc electronic ce realizează managementul surselor de alimentare.**

(51) Int.Cl.  
G01N 11/16 (2006.01);  
G01N 11/02 (2006.01);  
G01L 9/08 (2006.01)

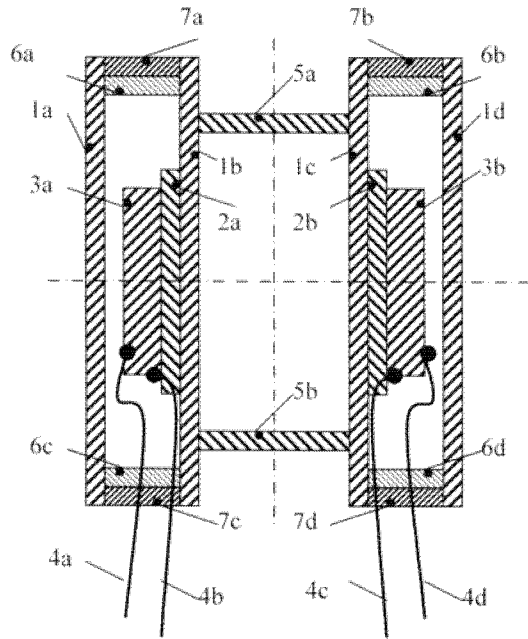


Fig. 1

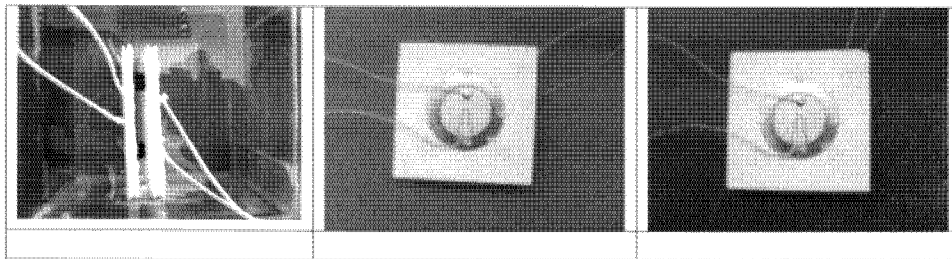


Fig. 2a

Fig. 2b

Fig. 2c

(51) Int.Cl.

**G01N 11/16** (2006.01),

**G01N 11/02** (2006.01),

**G01L 9/08** (2006.01)

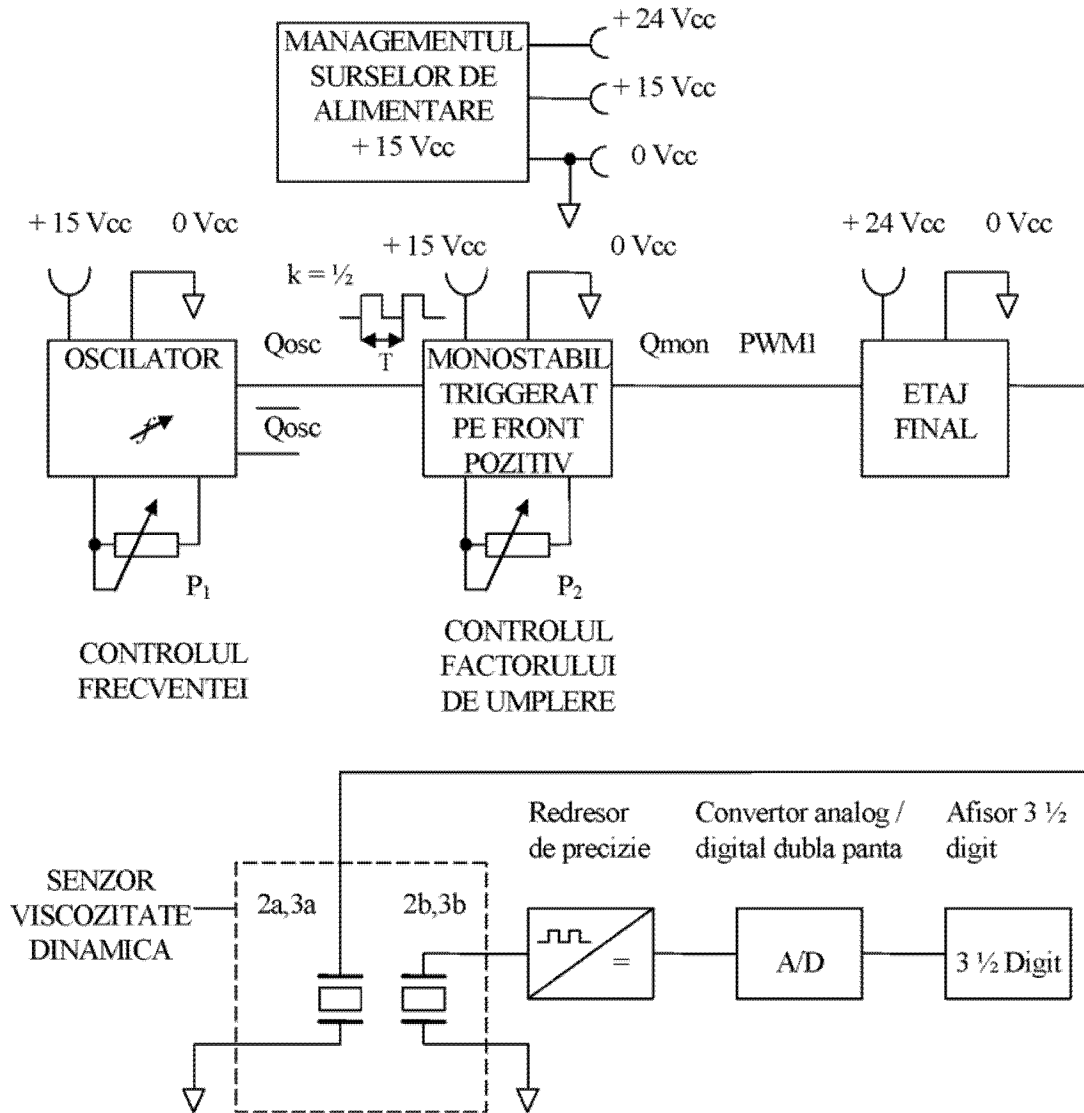


Fig. 3



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM  
 Tipărit la: Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci  
 sub comanda nr. 350/2014