



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2013 00619**

(22) Data de depozit: **22/08/2013**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **29/06/2018** BOPI nr. **6/2018**

(41) Data publicării cererii:
27/02/2015 BOPI nr. **2/2015**

(73) Titular:
• **LAMBDA COMMUNICATIONS SRL,**
STR. AVRAM IANCU NR. 37,
TÂRGU MUREȘ, MS, RO

(72) Inventatori:
• **LOSONCZI LAJOS, STR.REPUBLICII**
NR.23/16, TÂRGU MUREȘ, MS, RO

(56) Documente din stadiul tehnicii:
RO 126178 A0; WO 2005/094674 A1;
RO 126828 A0; WO 93/24993

(54) **SENZOR PENTRU MĂSURAREA BIOSEMNALELOR**



RO 130035 B1

1 Invenția se referă la un senzor pentru măsurarea biosemnalelor, cu circuit de condiționare analogică a semnalului măsurat, convertor analog digital, unitate centrală de procesare realizată cu microcontroler, încorporate în carcasa traductorului. Senzor utilizabil pentru măsurarea neinvazivă, de pe suprafața corpului, a biosemnalelor de mică intensitate.

5 Condiționarea semnalelor biofizice achiziționate se referă la succesiunea de transformări analogice și digitale aplicate asupra semnalului prelevat, care îl fac apt pentru operația de extragere a datelor conținute în semnalul primar util. Circuitul electronic destinat condiționării acestor semnale nu trebuie să perturbe, însă acestea vor influența controlat semnalul util prin atenuare sau distorsiune, având ca scop eliminarea într-o măsură cât mai mare a zgomotelor care se suprapun peste semnalul util, păstrând în același timp banda de frecvență necesară a biosemnalului. Amplificarea și, în special, preamplificarea reprezintă conținutul principal și cel mai delicat al condiționării, care aduce semnalul util la un nivel de putere compatibil cu acționarea următoarelor etaje de condiționare. Măsurările biosemnalelor necesită amplificarea unor semnale de nivel foarte redus, peste care se suprapun zgomote produse de interfețele electrod-țesut, semnale electrofiziologice perturbatoare generate de alte organe decât cel studiat, alte perturbații datorate câmpurilor electromagnetice din mediu (zgomote induse de rețeaua de curent alternativ de 50 Hz, motoare, relee, contactoare electromagnetice, telefoane mobile, stații de radiorelee, etc.), cât și zgomotul intern generat de dispozitivele electronice utilizate (mici fluctuații de tensiune sau curent, ca urmare a deplasărilor probabilistice ale unor cantități discrete de sarcini electrice).

21 Se cunosc mai multe tipuri de echipamente pentru măsurarea biosemnalelor prin metode neinvazive. Acestea diferă între ele în modul de prelevare și condiționare a semnalului analogic, rejecția perturbațiilor exterioare, compensarea decalajelor, adaptarea impedanțelor de intrare și tratarea componentei continue a semnalului amplificat. Aceste soluții prezintă dezavantajul unei sensibilități mai mari la zgomotele externe, la semnale de mod comun puternice (de exemplu rețeaua electrică de alimentare de 50 Hz), și, de asemenea, pot să introducă o nesimetrie în etajul de amplificare diferențială, o nesimetrie a impedanțelor sau o nesimetrie a amplificării pe canalele diferențiale. Amplificarea maximă posibilă este limitată de valoarea maximă a tensiunii de decalaj a electrozilor de prelevare biosemnale, care poate satura ieșirea amplificatorului. Același fenomen poate provoca și prezența componentei continue în biosemnalul măsurat.

33 Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în rejecția puternică a perturbațiilor rețelei de alimentare, a semnalelor perturbatoare de mod comun, a zgomotului introdus de canalul analogic, a zgomotului de cuantizare, concomitent cu adaptarea amplificării de tensiune la valoarea biosemnalului prelevat.

37 Senzorul pentru măsurarea biosemnalelor utilizează un preamplificator diferențial de intrare, realizat cu un filtru trece sus și un amplificator instrumental, semnalul de la ieșirea preamplificatorului trece printr-un filtru trece jos, și un filtru trece sus, după care se aplică la o intrare a unui alt amplificator instrumental diferențial, iar la cealaltă intrare se aplică semnalul furnizat de generatorul de tensiune de referință.

41 Senzorul pentru măsurarea biosemnalelor prezintă următoarele avantaje:
- obținerea unui factor de rejecție a semnalului de mod comun deosebit de mare;
43 - obținerea unei impedanțe de intrare ridicate și simetrice;
- posibilitatea de calibrare a offsetului tensiunii de intrare și a câștigului de tensiune;
45 - rejecție ridicată a perturbațiilor tensiunii de rețea (50 Hz);
- precizie mare de amplificare și stabilitate în timp;
47 - posibilitatea utilizării echipamentului în diferite aplicații care necesită diferite valori ale amplificării în tensiune, prin schimbarea valorii a unui număr redus de componente pasive;

RO 130035 B1

- interfațare ușoară cu restul echipamentului digital de măsurare;	1
- miniaturizare și portabilitate ridicată;	
- reducerea dimensiunilor fizice ale echipamentului de măsurare;	3
- posibilitatea integrării echipamentului în sisteme mobile de măsurare;	
- posibilitatea utilizării echipamentului în sistemele dedicate interfețelor creier-calculator (BCI).	5
Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, în legătură și cu fig. 1...3, care reprezintă:	7
- fig. 1, schema bloc a senzorului pentru măsurarea biosemnalelor;	9
- fig. 2, schema electronică detaliată a senzorului pentru măsurarea biosemnalelor, conform invenției;	11
- fig. 3, desenul de execuție cu dimensiuni al circuitului imprimat.	
Limitările metodelor de explorare ale acestor biosemnale, în speță posibilitatea de extragere a cât mai multor informații din semnale, depind de calitatea metodelor și a soluțiilor utilizate în circuitul de măsurare a biosemnalelor. Structura circuitului de măsurare este formată din 6 module funcționale:	13
1. Electrozii folosiți pentru detectarea biosemnalelor trebuie să satisfacă trei criterii principale de calitate: tensiunea de polarizare între metal și piele cât mai redusă, impedanța de contact cât mai redusă și mai stabilă, dar și fluctuația în timp a polarizării electrodului cât mai redusă.	17
2. Condiționarea analogică a biosemnalului: se realizează printr-un lanț de amplificare și filtrare analogică, ce are ca efect aducerea semnalului la parametrii (amplitudine, frecvență) optimi ai convertorului analog-digital, respectiv reducerea zgomotului și compen- sarea erorilor introduse de electrozi. Lanțul analogic clasic se compune din preamplificator diferențial, filtre trece sus, etaje de amplificare și filtre trece jos. Criteriile de calitate ale pre- amplificatorului sunt: impedanța de intrare și factor de rejecție de mod comun CMRR cât mai mari, respectiv decalajul de tensiune (offset) și fluctuațiile de curent (drift) cât mai mici. De la următoarele etaje de amplificare se așteaptă factor de amplificare mare, respectiv distorsiuni de fază și de amplitudine cât mai mici și, dacă este cazul, izolarea galvanică a pacientului de restul echipamentului. Filtrele analogice trebuie să limiteze banda de frecvență a semnalului, în vederea conversiei analog-digitale, respectiv pentru eliminarea zgomotului, interferențelor și semnalelor parazite.	19
3. Condiționarea digitală a biosemnalului: se realizează în primă fază prin convertorul analog-digital, care transformă semnalul analogic continuu, în semnal discret digitizat în timp și valoare. Transformările aplicate sunt: eșantionarea (discretizare în timp), cuantificarea (discretizare în amplitudine), respectiv digitizarea (codare binară) a semnalului. Cele două criterii de calitate importante sunt: frecvența de eșantionare, care trebuie să fie cât mai mare pentru a micșora eroarea de cuantificare (de rotunjire) și rezoluția binară, care, de aseme- nea, trebuie să fie cât mai mare pentru a micșora eroarea de digitizare (de trunchiere), res- pectiv pentru a micșora valoarea amplificării lanțului analogic. La ora actuală un singur tip de convertor analog-digital poate să asigure o rezoluție comparabil de mare cu cea cerută de un sistem modern de biomăsurare: cele care se bazează pe principiul de modulare sigma-delta, supraeșantionarea semnalelor și utilizarea filtrelor digitale trece jos cu decimare. Supraeșantionarea puternică a semnalului va dispersa zgomotul pe un domeniu larg de frecvențe, în interiorul căruia puterea de zgomot este distribuită în special la frecvențe înalte, iar puterea de zgomot în banda utilă a semnalului va fi considerabil micșorată.	21
4. Procesorul numeric: execută o preprocesare a semnalelor digitale obținute, înainte de transmiterea lor la un modul central de analiză, prelucrare, stocare, interpretare și utilizare globală a datelor. Funcțiile de bază executate la acest nivel sunt: separarea semnalului util de zgomot prin filtrare digitală; extragerea informației utile prin analiza spectrală și prelucrări	23
	25
	27
	29
	31
	33
	35
	37
	39
	41
	43
	45
	47
	49

RO 130035 B1

1 matematice ale formelor de undă; respectiv, comprimarea datelor pentru stocarea economică
și reducerea timpilor de transmisie a informației. De asemenea, modulul procesor are rolul
3 de a coordona funcționarea întregului lanț de achiziție de semnale. Criteriul cel mai important
de calitate al procesorului numeric este executarea sarcinilor în timp real.

5 5. Datele preprocesate trebuie să ajungă la destinație folosind un canal de comu-
nicație adecvat, utilizând un protocol eficient de comunicație de date. Datele trebuie trans-
7 mise în timp real, pentru a permite sistemului de prelucrare și interpretare a datelor achizițio-
nate, să intervină on-line pentru avertizare, acționare, alarmare, etc. În condițiile unui
9 echipament mobil de măsurare, canalul de comunicație trebuie să fie fără fir.

11 În afara raportului semnal/zgomot ridicat, un alt factor influențează negativ procesul
de măsurare: zgomotul de cuantizare al convertorului analog numeric. Pentru a menține
acest parametru între limite acceptabile, trebuie asigurată o amplificare de tensiune mare
13 pentru canalul de condiționare, de ordinul $10^4 \dots 10^6$. În condițiile în care variază parametrii
semnalului de intrare, sau puterea zgomotului suprapus semnalului, plaja de variație a
15 semnalului la ieșirea amplificatorului, sau chiar plaja de comparație a convertorului, nu va
fi suficient de mare pentru acoperirea dinamică a variației semnalului de intrare. Deviația
17 prea mare a semnalului de intrare față de valorile uzuale, va satura canalul de condiționare,
obținând astfel date eronate la ieșirea unui convertor analog-digital de rezoluție medie
19 (12...16 biți). Pentru a evita astfel de situații, trebuie să se intervină în bucla de măsurare,
în cel puțin trei locuri, în vederea corectării parametrilor canalului de condiționare. Astfel, din
21 cauza variației impedanței de măsurare, a semnalului de intrare de mod comun, a variației
tensiunii și a curentului de offset de la intrare, este necesară calibrarea dinamică a tensiunii
23 de referință între două măsurători, iar în caz contrar, canalul de amplificare se poate satura
ușor. Procesul de calibrare se realizează printr-o rutină firmware, rulat în microcontrolerul
25 încorporat al unității de control, și cu ajutorul convertorului digital analogic din bucla de
reglare. Din considerente similare, din cauza variației amplitudinii semnalului diferențial de
27 la intrare, este necesară și modificarea dinamică a amplificării canalului. Acest lucru se reali-
zează prin reprogramarea factorului de amplificare al amplificatorului cu câștig programabil,
29 pe baza caracteristicilor de transfer memorate în procesorul central și comunicarea de noi
valori pentru amplificatorul programabil utilizând canalul serial de comunicație locală. În
31 sfârșit, mai este necesară limitarea frecvențelor superioare ale semnalelor care trec prin
canalul de amplificare, în vederea satisfacerii criteriilor Nyquist referitoare la frecvența de
33 eșantionare a semnalelor analogice. În cazul utilizării unor convertoare analog numerice
speciale, de rezoluție foarte mare, având o rezoluție de 22...24 biți, canalul de condiționare
35 analogică a semnalului măsurat poate fi redus considerabil, singurul modul analogic care
trebuie să rămână între electrodul de măsurare și canalul de condiționare digitală a
37 semnalului fiind preamplificatorul instrumental de măsurare, în principal pentru adaptarea
impedanței de intrare și simetrizarea intrărilor diferențiale.

39 Pe de altă parte, un algoritm de măsurare presupune executarea unei secvențe de
operații: comutări, comparări, atenuări, conversii, etc. Dispozitivele de comandă fixe, care
41 realizează secvențele prin stabilirea unor conexiuni galvanice între diferitele componente
electrice și electronice - logică cablată - nu mai pot fi modificate în vederea obținerii altor
43 funcțiuni decât prin reproiectare integrală. Utilizarea microcontrolerelor a făcut posibilă
înlocuirea acestui tip de logică fixă, dată de conexiunile prin trasee conductoare între
45 componentele schemei, cu logică programată, realizată prin instrucțiuni de program. În acest
fel devine posibilă modificarea comodă și rapidă a secvenței de lucru a unei structuri de
47 circuite prin modificarea programului care comandă secvența respectivă, program rezident
în memoria sistemului microprocesor.

RO 130035 B1

Circuitul electric care se plasează pe suprafața corpului, în cazul măsurării biosemnalelor prin metode neinvazive, în funcție de structura electronică conținută, poate fi clasificat în una din următoarele categorii de circuite:	1 3
a) Electrode pasiv de măsurare: electrod de măsurare biosemnale, care nu conține componente electronice, numai firul metalic de contact, prin care se conectează la un circuit electronic de condiționare aflat la o distanță oarecare de punctul de măsurare.	5
b) Electrode activ de măsurare: electrod pentru măsurare biosemnale, care conține (încorporat în carcasa electrodului) o parte a circuitului electronic de condiționare a biosemnalului prelevat.	7 9
c) Senzor inteligent de măsurare: electrod pentru măsurare biosemnale, care conține (încorporat în carcasa electrodului) pe lângă circuitul electronic de condiționare analogică și digitală a biosemnalului prelevat, și o unitate centrală de procesare realizată cu un microcontroler de mică sau medie complexitate, care conferă inteligență tehnică circuitului.	11 13
d) Nod independent de măsurare: electrod pentru măsurare biosemnale, care conține (încorporat în carcasa electrodului), pe lângă circuitul electronic de condiționare analogică și digitală a biosemnalului prelevat, respectiv unitatea centrală de procesare realizată cu un microcontroler de mică sau medie complexitate, care conferă inteligență tehnică circuitului, și un circuit de transmisie fără fir a datelor achiziționate, pe baza unui protocol propriu de comunicare încorporat în firmware.	15 17 19
e) Modul inteligent de măsurare: nod independent de măsurare biosemnale, care conține (încorporat în carcasa electrodului), pe lângă circuitul electronic de condiționare analogică și digitală a biosemnalului prelevat: unitatea centrală de procesare realizată cu un microcontroler de medie sau mare complexitate, care conferă inteligență tehnică circuitului; circuit și protocol de transmisie fără fir a datelor achiziționate, și mai conține și un circuit și protocol de autotestare, autocalibrare și modificare a principalilor parametri tehnici (amplificare, banda de frecvență, poli de filtrare, frecvența de eșantionare etc.)	21 23 25
f) Echipament de măsurare: modul inteligent complex de măsurare biosemnale, sau rețea de senzori inteligenți, noduri independente, sau module inteligente de măsurare biosemnale.	27 29
Circuitul pentru măsurarea biosemnalelor conform invenției se încadrează în categoria c), senzor inteligent de măsurare.	31
Senzorul pentru măsurarea biosemnalelor, conform invenției, este alcătuit din 11 module funcționale principale: biosemnalul prelevat este trecut printr-un filtru trece sus, după care se aplică unui amplificator instrumental diferențial, ieșirea căruia este trecută printr-un filtru trece jos urmat de un filtru trece sus. Semnalul se aplică la intrarea pozitivă a unui alt amplificator de instrumentație diferențial, la intrarea negativă a amplificatorului fiind conectată tensiunea de referință furnizată de un generator de tensiune de referință. Semnalul de ieșire al acestui amplificator trece printr-un filtru trece jos, și se aplică la intrarea unui amplificator cu câștig programabil, a cărui ieșire este conectată la intrarea unui convertor analog-digital de tip Sigma-Delta. Datele obținute la ieșirea convertorului sunt transmise la unitatea centrală de procesare printr-un canal de transmisie serială de date pe două fire, prin care se realizează și programarea amplificatorului cu câștig programabil. Modulul tensiune de referință, controlat de unitatea centrală, generează potențialul de referință al canalului analogic de condiționare a biosemnalului măsurat. Unitatea centrală de procesare comunică serial cu modulul ierarhic superior, pentru transmiterea datelor preprocesate și vehicularea semnalelor de comandă, control și de sincronizare.	33 35 37 39 41 43 45

RO 130035 B1

1 Senzorul pentru măsurarea biosemnalelor, conform invenției, este alcătuit din
11 module funcționale principale. Biosemnalul prelevat cu electrozii de măsurare **EA** (elec-
3 trod activ) și **ER** (electrod de referință) este trecut prin filtrul **1** de frecvență trece sus și se
aplică intrărilor diferențiale ale amplificatorului **2** instrumental AI1, ieșirea căruia este trecută
5 printr-un filtru **3** pasiv de frecvență trece jos și un filtru **4** pasiv de frecvență trece sus. După
care se aplică la intrarea pozitivă a unui alt amplificator **5** de instrumentație diferențial AI2,
7 la intrarea negativă a amplificatorului fiind conectată tensiunea de referință de la ieșirea
modulului **11** generator. Semnalul de ieșire al acestui amplificator trece printr-un filtru **6** de
9 frecvență trece jos, și se aplică la intrarea unui amplificator **7** cu câștig programabil ACP, a
cărui ieșire este conectată la intrarea unui convertor **8** analog-digital de tip Sigma-Delta.
11 Datele obținute la ieșirea convertorului sunt transmise la unitatea **10** centrală de procesare
UCP realizată cu microcontroler, prin canalul **9** de transmisie serială de date pe două fire -
13 - linia de date D și semnalul de ceas C - prin care se realizează și programarea amplificato-
rului **7** ACP. Modulul **11** tensiune de referință, controlat de unitatea **10** centrală, generează
15 potențialul de referință canalului analogic de condiționare a biosemnalului măsurat. Unitatea
10 centrală de procesare UCP comunică serial cu modulul ierarhic superior, pentru transmi-
17 terea datelor preprocesate și vehicularea semnalelor de comandă, control și de sincronizare.

RO 130035 B1

Revendicări

1. Senzor pentru măsurarea biosemnalelor, **caracterizat prin aceea că** utilizează un preamplificator diferențial de intrare, realizat cu un filtru (1) trece sus și un amplificator (2) instrumental, semnalul de la ieșire a preamplificatorului trece printr-un filtru (3) trece jos și un filtru (4) trece sus, după care se aplică la o intrare a unui alt amplificator (5) instrumental diferențial, iar la cealaltă intrare se aplică semnalul furnizat de generatorul (11) de tensiune de referință. 1
2. Senzor pentru măsurarea biosemnalelor, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** generatorul (11) de tensiune de referință, controlat de microcontrolorul unității (10) centrale de procesare, stabilește nivelul de referință al canalului analogic de condiționare a biosemnalului măsurat. 3
3. Senzor pentru măsurarea biosemnalelor, conform revendicărilor 1 și 2, **caracterizat prin aceea că** ieșirea amplificatorului (5) instrumental se aplică printr-un filtru (6) trece jos la intrarea unui amplificator (7) cu câștig programabil, ieșirea căruia se aplică la intrarea unui convertor (8) analog-digital de tip Sigma-Delta. 5
4. Senzor pentru măsurarea biosemnalelor, conform revendicărilor 1, 2 și 3, **caracterizat prin aceea că** transmiterea la unitatea (10) centrală de procesare a datelor obținute la ieșirea convertorului analog-digital (8), respectiv pentru a programa câștigul amplificatorului (7), se realizează prin-un canal (9) serial de transmisie de date pe două fire linia de date D și semnalul de ceas C. 7
5. Senzor pentru măsurarea biosemnalelor, conform revendicărilor 1, 2, 3, și 4, **caracterizat prin aceea că** microcontrolorul (10) preprocesează datele obținute la ieșirea convertorului (8) analog-digital, pentru comanda și controlul modulelor funcționale ale senzorului, respectiv pentru a comunica pe canalul de comunicație serial, cu modulul ierarhic superior, pentru transmiterea datelor preprocesate și vehicularea semnalelor de comandă, control și de sincronizare. 9

RO 130035 B1

(51) Int.Cl.

A61B 5/04 (2006.01);

H03F 3/45 (2006.01)

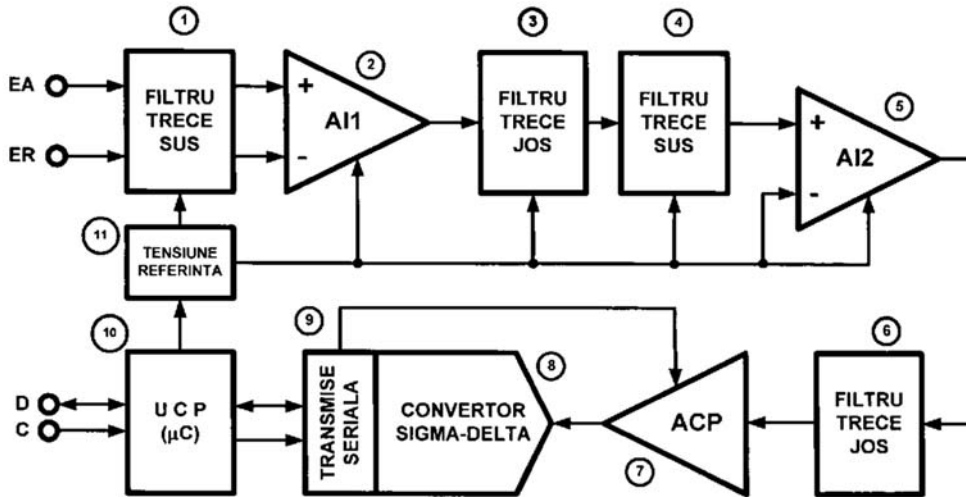


Fig. 1

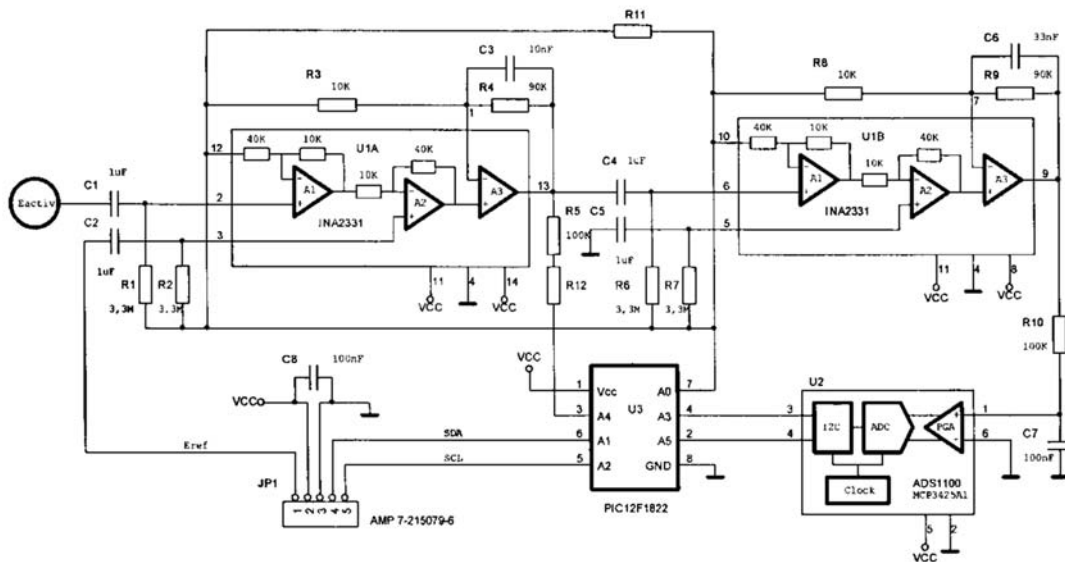


Fig. 2

(51) Int.Cl.

A61B 5/04 (2006.01);

H03F 3/45 (2006.01)

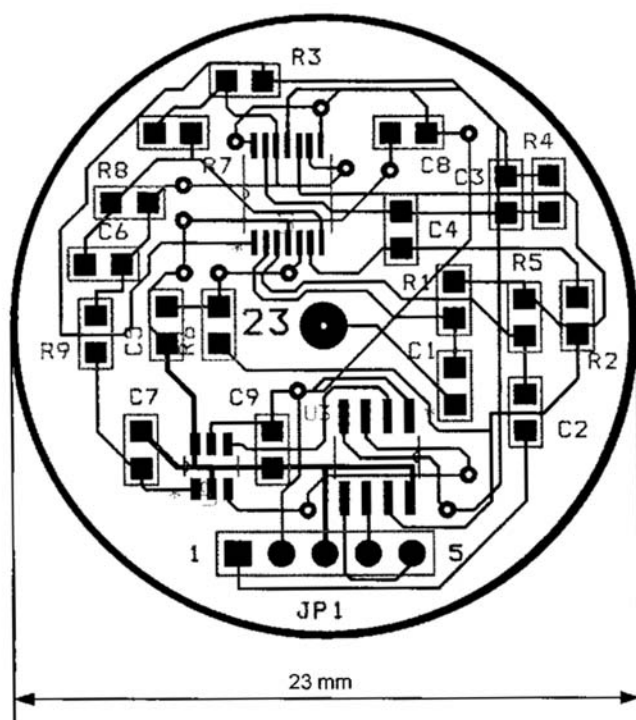


Fig. 3



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM
Tipărit la: Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
sub comanda nr. 279/2018