(19) OFICIUL DE STAT
PENTRU INVENŢII ŞI MĂRCI
Bucureşti

ROMÂNIA

(11) **RO 130035 B1**

(51) **Int.Cl.**
*A61B 5/04* (2006.01);
*H03F 3/45* (2006.01)

(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 MUREŞ, MS, RO*

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

*Examinator*: **ing. MĂNĂILĂ MARIUS OCTAVIAN**

*Orice persoană are dreptul să formuleze în scris şi motivat, la OSIM, o cerere de revocare a brevetului de invenție, în termen de 6 luni de la publicarea mențiunii hotărârii de acordare a acesteia*

RO 130035 B1

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.

Condiționarea semnalelor biofizice achiziționate se referă la succesiunea de transformări analogice şi 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 acelaşi timp banda de frecvență necesară a biosemnalului. Amplificarea şi, în special, preamplificarea reprezintă conținutul principal şi 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 elecromagnetice, telefoane mobile, stații de radiorelee, etc.), cât şi 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).

Se cunosc mai multe tipuri de echipamente pentru măsurarea biosemnalelor prin metode neinvazive. Acestea diferă între ele în modul de prelevare şi condiționare a semnalului analogic, rejecția perturbațiilor exterioare, compensarea decalajelor, adaptarea impedanțelor de intrare şi 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), şi, 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 valoare maximă a tensiunii de decalaj a electrozilor de prelevare biosemnale, care poate satura ieşirea amplificatorului. Acelaşi fenomen poate provoca şi prezența componentei continue în biosemnalul măsurat.

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.

Senzorul pentru măsurarea biosemnalelor utilizează un preamplificator diferențial de intrare, realizat cu un filtru trece sus şi un amplificator instrumental, semnalul de la ieşirea preamplificatorului trece printr-un filtru trece jos, şi 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.

Senzorul pentru măsurarea biosemnalelor prezintă următoarele avantaje:

- obținerea unui factor de rejecție a semnalului de mod comun deosebit de mare;
- obținerea unei impedanțe de intrare ridicate şi simetrice;
- posibilitatea de calibrare a offsetului tensiunii de intrare şi a câştigului de tensiune;
- rejecție ridicată a perturbațiilor tensiunii de rețea (50 Hz);
- precizie mare de amplificare şi stabilitate în timp;
- posibilitatea utilizării echipamentului în diferite aplicații care necesită diferite valori ale amplificării în tensiune, prin schimbarea valorii a unui număr redus de componente pasive;

- interfaţare uşoară cu restul echipamentului digital de măsurare;
- miniaturizare şi portabilitate ridicată;
- reducerea dimensiunilor fizice ale echipamentului de măsurare;
- posibilitatea integrării echipamentului în sisteme mobile de măsurare;
- posibilitatea utilizării echipamentului în sistemele dedicate interfeţelor creier-calculator (BCI).

Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenţiei, în legătură şi cu fig. 1...3, care reprezintă:

- fig. 1, schema bloc a senzorului pentru măsurarea biosemnalelor;
- fig. 2, schema electronică detaliată a senzorului pentru măsurarea biosemnalelor, conform invenţiei;
- fig. 3, desenul de execuţie cu dimensiuni al circuitului imprimat.

Limitările metodelor de explorare ale acestor biosemnale, în speţă posibilitatea de extragere a cât mai multor informaţii din semnale, depind de calitatea metodelor şi a soluţiilor utilizate în circuitul de măsurare a biosemnalelor. Structura circuitului de măsurare este formată din 6 module funcţionale:

1. Electrozii folosiţi pentru detectarea biosemnalelor trebuie să satisfacă trei criterii principale de calitate: tensiunea de polarizare între metal şi piele cât mai redusă, impedanţa de contact cât mai redusă şi mai stabilă, dar şi fluctuaţia în timp a polarizării electrodului cât mai redusă.

2. Condiţionarea analogică a biosemnalului: se realizează printr-un lanţ de amplificare şi filtrare analogică, ce are ca efect aducerea semnalului la parametrii (amplitudine, frecvenţă) optimi ai convertorului analog-digital, respectiv reducerea zgomotelor şi compensarea erorilor introduse de electrozi. Lanţul analogic clasic se compune din preamplificator diferenţial, filtre trece sus, etaje de amplificare şi filtre trece jos. Criteriile de calitate ale preamplificatorului sunt: impedanţa de intrare şi factor de rejecţie de mod comun CMRR cât mai mari, respectiv decalajul de tensiune (offset) şi fluctuaţiile de curent (drift) cât mai mici. De la următoarele etaje de amplificare se aşteaptă factor de amplificare mare, respectiv distorsiuni de fază şi de amplitudine cât mai mici şi, dacă este cazul, izolarea galvanică a pacientului de restul echipamentului. Filtrele analogice trebuie să limiteze banda de frecvenţă a semnalului, în vederea conversiei analog-digitale, respectiv pentru eliminarea zgomotelor, interferenţelor şi semnalelor parazite.

3. Condiţionarea digitală a biosemnalului: se realizează în primă fază prin convertorul analog-digital, care transformă semnalul analogic continuu, în semnal discret digitizat în timp şi valoare. Transformările aplicate sunt: eşantionarea (discretizare în timp), cuantificarea (discretizare în amplitudine), respectiv digitizarea (codare binară) a semnalului. Cele două criterii de calitate importante sunt: frecvenţa de eşantionare, care trebuie să fie cât mai mare pentru a micşora eroarea de cuantificare (de rotunjire) şi rezoluţia binară, care, de asemenea, trebuie să fie cât mai mare pentru a micşora eroarea de digitizare (de trunchiere), respectiv pentru a micşora valoarea amplificării lanţului analogic. La ora actuală un singur tip de convertor analog-digital poate să asigure o rezoluţie comparabil de mare cu cea cerută de un sistem modern de biomăsurare: cele care se bazează pe principiul de modulare sigma-delta, supraeşantionarea semnalelor şi utilizarea filtrelor digitale trece jos cu decimare. Supraeşantionarea puternică a semnalului va dispersa zgomotul pe un domeniu larg de frecvenţe, în interiorul căruia puterea de zgomot este distribuită în special la frecvenţe înalte, iar puterea de zgomot în banda utilă a semnalului va fi considerabil micşorată.

4. Procesorul numeric: execută o preprocesare a semnalelor digitale obţinute, înainte de transmiterea lor la un modul central de analiză, prelucrare, stocare, interpretare şi utilizare globală a datelor. Funcţiile de bază executate la acest nivel sunt: separarea semnalului util de zgomot prin filtrare digitală; extragerea informaţiei utile prin analiza spectrală şi prelucrări

matematice ale formelor de undă; respectiv, comprimarea datelor pentru stocarea economică şi reducerea timpilor de transmisie a informaţiei. De asemenea, modulul procesor are rolul de a coordona funcţionarea întregului lanţ de achiziţie de semnale. Criteriul cel mai important de calitate al procesorului numeric este executarea sarcinilor în timp real.

5. Datele preprocesate trebuie să ajungă la destinaţie folosind un canal de comunicaţie adecvat, utilizând un protocol eficient de comunicaţie de date. Datele trebuie transmise în timp real, pentru a permite sistemului de prelucrare şi interpretare a datelor achiziţionate, să intervină on-line pentru avertizare, acţionare, alarmare, etc. În condiţiile unui echipament mobil de măsurare, canalul de comunicaţie trebuie să fie fără fir.

În afara raportului semnal/zgomot ridicat, un alt factor influenţează negativ procesul de măsurare: zgomotul de cuantizare al convertorului analog numeric. Pentru a menţine acest parametru între limite acceptabile, trebuie asigurată o amplificare de tensiune mare pentru canalul de condiţionare, de ordinul $10^4$...$10^6$. În condiţiile în care variază parametrii semnalului de intrare, sau puterea zgomotului suprapus semnalului, plaja de variaţie a semnalului la ieşirea amplificatorului, sau chiar plaja de comparaţie a convertorului, nu va fi suficient de mare pentru acoperirea dinamică a variaţiei semnalului de intrare. Deviaţia prea mare a semnalului de intrare faţă de valorile uzuale, va satura canalul de condiţionare, obţinând astfel date eronate la ieşirea unui convertor analog-digital de rezoluţie medie (12...16 biţi). Pentru a evita astfel de situaţii, trebuie să se intervină în bucla de măsurare, în cel puţin trei locuri, în vederea corectării parametrilor canalului de condiţionare. Astfel, din cauza variaţiei impedanţei de măsurare, a semnalului de intrare de mod comun, a variaţiei tensiunii şi a curentului de offset de la intrare, este necesară calibrarea dinamică a tensiunii de referinţă între două măsurători, iar în caz contrar, canalul de amplificare se poate satura uşor. Procesul de calibrare se realizează printr-o rutină firmware, rulat în microcontrolerul încorporat al unităţii de control, şi cu ajutorul convertorului digital analogic din bucla de reglare. Din considerente similare, din cauza variaţiei amplitudinii semnalului diferenţial de la intrare, este necesară şi modificarea dinamică a amplificării canalului. Acest lucru se realizează prin reprogramarea factorului de amplificare al amplificatorului cu câştig programabil, pe baza caracteristicilor de transfer memorate în procesorul central şi comunicarea de noi valori pentru amplificatorul programabil utilizând canalul serial de comunicaţie locală. În sfârşit, mai este necesară limitarea frecvenţelor superioare ale semnalelor care trec prin canalul de amplificare, în vederea satisfacerii criteriilor Nyquist referitoare la frecvenţa de eşantionare a semnalelor analogice. În cazul utilizării unor convertoare analog numerice speciale, de rezoluţie foarte mare, având o rezoluţie de 22...24 biţi, canalul de condiţionare analogică a semnalului măsurat poate fi redus considerabil, singurul modul analogic care trebuie să rămână între electrodul de măsurare şi canalul de condiţionare digitală a semnalului fiind preamplificatorul instrumental de măsurare, în principal pentru adaptarea impedanţei de intrare şi simetrizarea intrărilor diferenţiale.

Pe de altă parte, un algoritm de măsurare presupune executarea unei secvenţe de operaţii: comutări, comparări, atenuări, conversii, etc. Dispozitivele de comandă fixe, care realizează secvenţele prin stabilirea unor conexiuni galvanice între diferitele componente electrice şi electronice - logică cablată - nu mai pot fi modificate în vederea obţinerii altor funcţiuni decât prin reproiectare integrală. Utilizarea microcontrolerelor a făcut posibilă înlocuirea acestui tip de logică fixă, dată de conexiunile prin trasee conductoare între componentele schemei, cu logică programată, realizată prin instrucţiuni de program. În acest fel devine posibilă modificarea comodă şi rapidă a secvenţei de lucru a unei structuri de circuite prin modificarea programului care comandă secvenţa respectivă, program rezident în memoria sistemului microprocesor.

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:

a) Electrod 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.

b) Electrod activ de măsurare: electrod pentru măsurare biosemnale, care conține (încorporat în carcasa electrodului) o parte a circuitului electronic de condiționare a biosemnalului prelevat.

c) Senzor inteligent de măsurare: electrod pentru măsurare biosemnale, care conține (încorporat în carcasa electrodului) pe lângă circuitul electronic de condiționare analogică şi digitală a biosemnalului prelevat, şi o unitate centrală de procesare realizată cu un microcontroler de mică sau medie complexitate, care conferă inteligență tehnică circuitului.

d) Nod independent de măsurare: electrod pentru măsurare biosemnale, care conține (încorporat în carcasa electrodului), pe lângă circuitul electronic de condiționare analogică şi digitală a biosemnalului prelevat, respectiv unitatea centrală de procesare realizată cu un microcontroler de mică sau medie complexitate, care conferă inteligență tehnică circuitului, şi un circuit de transmisie fără fir a datelor achiziționate, pe baza unui protocol propriu de comunicare încorporat în firmware.

e) Modul inteligent de măsurare: nod independent de măsurare biosemnale, care conține (încorporat în carcasa electrodului), pe lângă circuitul electronic de condiționare analogică şi digitală a biosemnalului prelevat: unitatea centrală de procesare realizată cu un microcontroler de medie sau mare complexitate, care conferă inteligență tehnică circuitului; circuit şi protocol de transmisie fără fir a datelor achiziționate, şi mai conține şi un circuit şi protocol de autotestare, autocalibrare şi modificare a principalilor parametri tehnici (amplificare, banda de frecvență, poli de filtrare, frecvența de eşantionare etc.)

f) Echipament de măsurare: modul inteligent complex de măsurare biosemnale, sau rețea de senzori inteligenți, noduri independente, sau module inteligente de măsurare biosemnale.

Circuitul pentru măsurarea biosemnalelor conform invenției se încadrează în categoria c), senzor inteligent de măsurare.

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, ieşirea 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 ieşire al acestui amplificator trece printr-un filtru trece jos, şi se aplică la intrarea unui amplificator cu câştig programabil, a cărui ieşire este conectată la intrarea unui convertor analog-digital de tip Sigma-Delta. Datele obținute la ieşirea convertorului sunt transmise la unitatea centrală de procesare printr-un canal de transmisie serială de date pe două fire, prin care se realizează şi programarea amplificatorului cu câştig 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 şi vehicularea semnalelor de comandă, control şi de sincronizare.

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

## Revendicări

1. Senzor pentru măsurarea biosemnalelor, **caracterizat prin aceea că** utilizează un preamplificator diferențial de intrare, realizat cu un filtru (**1**) trece sus şi un amplificator (**2**) instrumental, semnalul de la ieşire a preamplificatorului trece printr-un filtru (**3**) trece jos şi 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.

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, stabileşte nivelul de referință al canalului analogic de condiționare a biosemnalului măsurat.

3. Senzor pentru măsurarea biosemnalelor, conform revendicărilor 1 şi 2, **caracterizat prin aceea că** ieşirea amplificatorului (**5**) instrumental se aplică printr-un filtru (**6**) trece jos la intrarea unui amplificator (**7**) cu câştig programabil, ieşirea căruia se aplică la intrarea unui convertor (**8**) analog-digital de tip Sigma-Delta.

4. Senzor pentru măsurarea biosemnalelor, conform revendicărilor 1, 2 şi 3, **caracterizat prin aceea că** transmiterea la unitatea (**10**) centrală de procesare a datelor obținute la ieşirea convertorului analog-digital (**8**), respectiv pentru a programa câştigul amplificatorului (**7**), se realizează prin-un canal (**9**) serial de transmisie de date pe două fire linia de date D şi semnalul de ceas C.

5. Senzor pentru măsurarea biosemnalelor, conform revendicărilor 1, 2, 3, şi 4, **caracterizat prin aceea că** microcontrolerul (**10**) preprocesează datele obținute la ieşirea convertorului (**8**) analog-digital, pentru comanda şi controlul modulelor funcționale ale senzorului, respectiv pentru a comunica pe canalul de comunicație serial, cu modulul ierarhic superior, pentru transmiterea datelor preprocesate şi vehicularea semnalelor de comandă, control şi de sincronizare.

(51) Int.Cl.
*A61B 5/04* (2006.01);
*H03F 3/45* (2006.01)

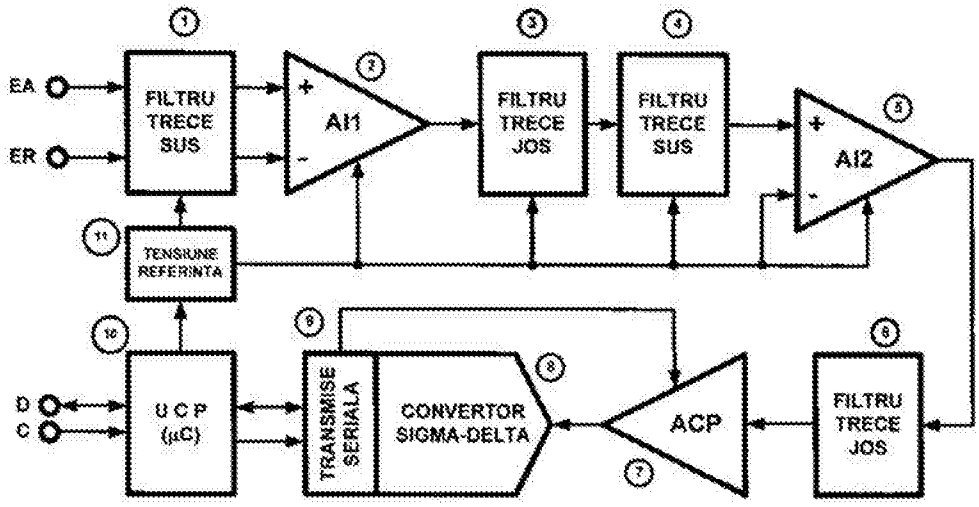


Fig. 1

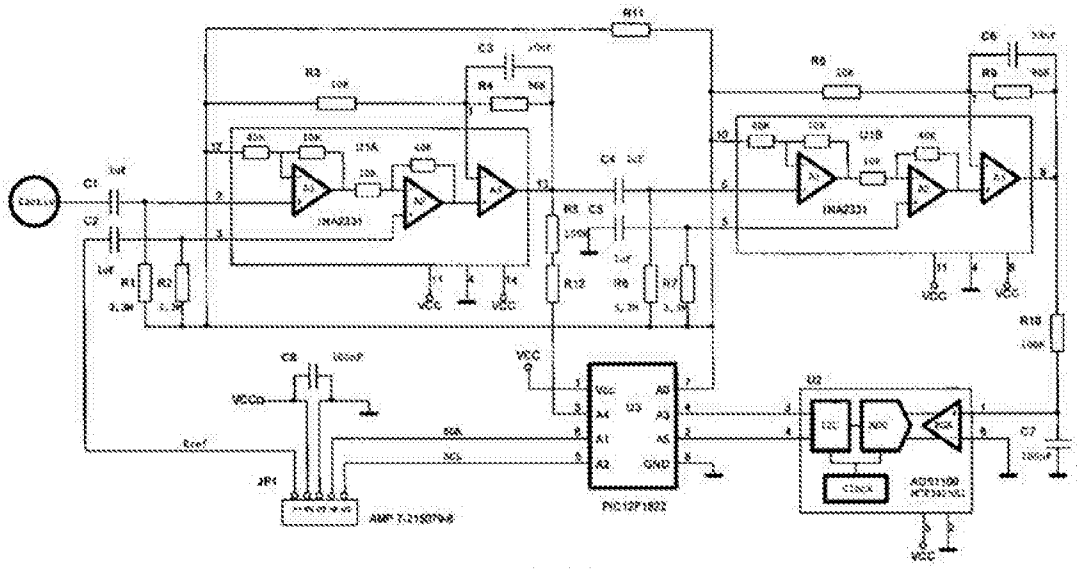

Fig. 2

(51) Int.Cl.
*A61B 5/04* (2006.01);
*H03F 3/45* (2006.01)

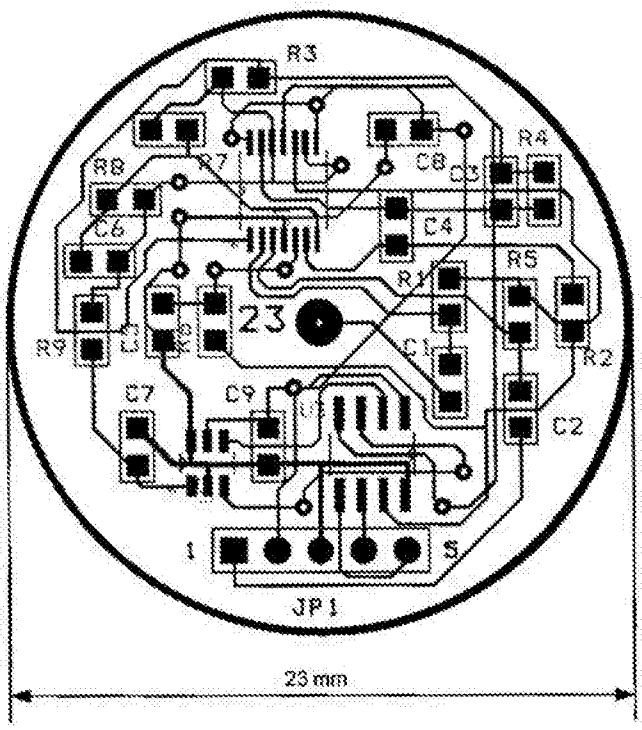


Fig. 3

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