



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2013 00617**

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

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **28/08/2020** BOPI nr. **8/2020**

(41) Data publicării cererii:
29/05/2015 BOPI nr. **5/2015**

(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:
WO 2005094674 A1; WO 9324993;
US 8467866 B2

(54) **DISPOZITIV PENTRU MĂSURĂRI BIOSEMNALE**



RO 130207 B1

1 Invenția se referă la concepția și structura unui dispozitiv pentru măsurarea neinvazivă,
de pe suprafața corpului, a biosemnalelor de mică intensitate.

3 Condiționarea semnalelor biofizice achiziționate se referă la succesiunea de transformări
analogice și digitale aplicate asupra semnalului prelevat, care îl fac apt pentru operația de
5 extragere a informațiilor (datelor) conținute în semnalul primar util. Circuitul electronic destinat
condiționării acestor semnale nu trebuie să influențeze, sau trebuie să influențeze foarte contro-
7 lat, semnalul util prin atenuare sau distorsiune, să elimine într-o măsură cât mai mare zgomotele
care se suprapun peste semnalul util, păstrând în același timp banda de frecvență necesară a
9 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
11 acționarea următoarelor etaje de condiționare. Măsurările biosemnalelor necesită amplificarea
unor semnale de nivel foarte redus, peste care se suprapun zgomote (artefacte) produse de
13 interfețele electrod-țesut (diferențele dintre interfețe, instabilitatea lor în timp, mișcările
pacientului etc.), semnalele electrofiziologice perturbatoare generate de alte organe decât cel
15 studiat, alte perturbații datorate câmpurilor electromagnetice din mediu (zgomote induse de
rețeaua de curent alternativ de 50 Hz, motoare, relee, contactoare electromagnetice, telefoane
17 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
19 cantități discrete de sarcini electrice).

Limitările metodelor de explorare ale acestor biosemnale, deci posibilitatea de extragere
21 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
23 module funcționale:

1. Electrozii folosiți pentru detectarea biosemnalelor: trebuie să satisfacă trei criterii
25 principale de calitate, respectiv: tensiunea de polarizare între metal și piele cât mai redusă,
impedanța de contact cât mai redusă și mai stabilă, și, de asemenea, fluctuația în timp a
27 polarizării electrodului să fie cât mai redusă.

2. Condiționarea analogică a biosemnalului: se realizează printr-un lanț de amplificare
29 și filtrare analogică, care are ca efect aducerea semnalului la parametrii (amplitudine, frecvență)
optimi ai convertorului analog-digital, respectiv reducerea zgomotelor și compensarea erorilor
31 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 preamplificatorului sunt:
33 impedanța de intrare și factor de rejecție de mod comun CMRR cât mai mari; decalajul de
tensiune (offset) și fluctuațiile de curent (drift) cât mai mici. De la următoarele etaje de amplifi-
35 care 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
37 analogice trebuie să limiteze banda de frecvență a semnalului, în vederea conversiei analog-
digitale, respectiv pentru eliminarea zgomotelor, interferențelor și a semnalelor parazite.

3. Condiționarea digitală a biosemnalului: se realizează în primă fază prin convertorul
39 analog-digital, care transformă semnalul analogic continuu, în semnal discret digitizat în timp
și valoare. Transformările aplicate sunt: eșantionare (discretizare în timp), cuantificare (discreti-
41 zarea în amplitudine), respectiv digitizare (codare binară) a semnalului. Cele două criterii de cali-
tate importante sunt: frecvența de eșantionare, care trebuie să fie cât mai mare, pentru a
43 micșora eroarea de cuantificare (de rotunjire) și rezoluția binară, care, de asemenea, trebuie
să fie cât mai mare pentru a micșora eroarea de digitizare (de trunchiere), respectiv pentru a
45 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
47 biomăsurare: cele care se bazează pe principiul de modulare Sigma-Delta, supra-eșantionarea

RO 130207 B1

semnalelor și utilizarea filtrelor digitale trece jos cu decimare. Supra-eșantionarea 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. 1
3

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 matematice ale formelor de undă; comprimarea datelor pentru stocarea economică și reducerea timpilor de transmisie a informației. De asemenea, modulul procesor are rolul 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
7
9
11

5. Datele preprocesate trebuie să ajungă la destinație folosind un canal de comunicație adecvat, utilizând un protocol eficient de comunicație de date. Datele trebuie transmise în timp real, pentru a permite sistemului de prelucrare și interpretare a datelor achiziționate, să intervină on-line pentru avertizare, acționare, alarmare etc. În condițiile unui echipament mobil de măsurare, canalul de comunicație trebuie să fie fără fir. 13
15
17

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 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 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 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 (12...16 biți). Pentru a evita astfel de situații, trebuie intervenit în bucla de măsurare, în cel puțin trei locuri, în vederea corectării parametrilor canalului de condiționare. Astfel, din 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 de referință între două măsurători, în caz contrar canalul de amplificare se poate satura ușor. Procesul de calibrare se realizează printr-o rutină firmware ce rulează în microcontrolerul 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 la intrare, este necesară și modificarea dinamică a amplificării canalului. Acest lucru se realizează prin reprogramarea factorului de amplificare al amplificatorului cu câștig programabil, pe baza caracteristicilor de transfer memorate în procesorul central și comunicarea de noi valori pentru amplificatorul programabil, utilizând canalul serial de comunicație locală. În sfârșit, mai este necesară limitarea frecvențelor superioare ale semnalelor care trec prin canalul de amplificare, în vederea satisfacerii criteriilor Nyquist referitoare la frecvența de 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 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 semnalului fiind preamplificatorul instrumental de măsurare, în principal pentru adaptarea impedanței de intrare și simetrizarea intrărilor diferențiale. 19
21
23
25
27
29
31
33
35
37
39
41
43
45

Pe de altă parte, un algoritm de măsurare presupune executarea unei secvențe de operații: comutări, comparări, atenuări, conversii etc. Dispozitivele de comandă fixe, care realizează secvențele prin stabilirea unor conexiuni galvanice între diferitele componente electrice 47

RO 130207 B1

1 și electronice - logică cablată - nu mai pot fi modificate în vederea obținerii altor funcțiuni, decât
2 prin reproiectare integrală. Utilizarea microcontroloarelor a făcut posibilă înlocuirea acestui tip
3 de logică fixă, dată de conexiunile prin trasee conductoare între componentele schemei, cu
4 logică programată, realizată prin instrucțiuni de program. În acest fel, devine posibilă
5 modificarea comodă și rapidă a secvenței de lucru a unei structuri de circuite prin modificarea
6 programului care comandă secvența respectivă, program rezident în memoria sistemului
7 microprocesor.

8 Circuitul electric care se plasează pe suprafața corpului, în cazul măsurării biosem-
9 nalelor prin metode neinvazive, în funcție de structura electronică conținută, poate fi clasificată
10 în una din următoarele categorii de circuite:

11 a) Electrode pasiv de măsurare: electrod de măsurare biosemnale, care nu conține
12 componente electronice, numai firul metalic de contact, prin care se conectează la un circuit
13 electronic de condiționare aflat la o distanță oarecare de punctul de măsurare;

14 b) Electrode activ de măsurare: electrod pentru măsurare biosemnale, care conține
15 (încorporat în carcasa electrodului) o parte a circuitului electronic de condiționare a biosem-
16 nalului prelevat;

17 c) Senzor inteligent de măsurare: electrod pentru măsurare biosemnale, care conține
18 (încorporat în carcasa electrodului), pe lângă circuitului electronic de condiționare analogică și
19 digitală a biosemnalului prelevat, și o unitate centrală de procesare realizată cu un
20 microcontrolor de mică sau medie complexitate, care conferă inteligență tehnică circuitului;

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

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

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

37 Circuitul pentru măsurarea biosemnalelor conform invenției se încadrează în categoria
38 d), fiind un nod independent și inteligent de măsurare.

39 Se cunosc mai multe tipuri de echipamente pentru măsurarea biosemnalelor prin
40 metode neinvazive, [WO 2005094674, "Active, multiplexed digital electrodes for EEG, ECG
41 and EMG applications", 13.10.2005], [WO9324993, "Instrumentation amplifier",
42 09.12.1993], [US5206602A, "Biomedical amplifier circuit", 27.04.1993], [WO 9737590, "EEG
43 based activation system", 16.10.1997], [US8467866, "Biosignal detecting apparatus",
44 18.06.2013], [US5275172, "Electroencephalo-graphic signal acquisition and processing
45 system", 04.01.1994], [RO126828, "Dispozitiv portabil pentru monitorizarea în timp real
46 a crizelor de epilepsie", 30.11.2011], [RO126178, "Dispozitiv electronic pentru măsurarea
47 și afișarea semnalelor electrice cerebrale cu filtrare numerică", 29.04.2011]. Acestea diferă

RO 130207 B1

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), 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 ieșirea amplificatorului. Același fenomen poate provoca și prezența componentei continue în biosemnalul măsurat. Un alt dezavantaj reprezintă prezența cablurilor de interconectare între modulele echipamentului de măsurare.

Problema pe care o rezolvă invenția constă în rejecția puternică a perturbațiilor rețelei de alimentare și a semnalelor perturbatoare de mod comun. Alte probleme rezolvate de invenție constau în eliminarea cablurilor de legătură cu impedanță mare, sensibile la perturbații; corectarea saturației amplificatorului pentru artefacte de tensiune la intrare; reducerea zgomotului introdus de canalul analogic; reducerea zgomotului de cuantizare; menținerea impedanței de intrare ridicate și simetrice a amplificatorului de biosemnale; adaptarea amplificării de tensiune la valoarea biosemnalului prelevat; transmisia fără fir a datelor achiziționate.

Nodul inteligent de măsurări biosemnale, conform invenției, este alcătuit dintr-un preamplificator diferențial de intrare realizat cu un filtru trece sus și un amplificator instrumental, semnalul de la ieșirea preamplificatorului se trece printr-un filtru trece jos, după care este aplicat la o intrare a unui amplificator diferențial cu câștig programabil, la cealaltă intrare a amplificatorului fiind aplicat semnalul de referință furnizat de un convertor digital-analogic controlat de un microcontroler al unei unități centrale de procesare care este folosită și pentru comanda și controlul modulelor funcționale ale dispozitivului, iar ieșirea amplificatorului cu câștig programabil se aplică la intrarea unui convertor analog-digital de tip Sigma-Delta. Dispozitivul mai conține un canal serial de transmisie de date pe două fire, linia de date D și semnalul de ceas C, pentru transmiterea la unitatea centrală de procesare a datelor obținute la ieșirea convertorului analog-digital, respectiv pentru a programa câștigul amplificatorului. Dispozitivul mai conține un modul de transmisie radio care comunică cu unitatea centrală de procesare pentru transmiterea fără fir a datelor preprocesate și vehicularea semnalelor de comandă, control și de sincronizare.

Nodul inteligent pentru măsurări biosemnale, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

- obținerea unui factor de rejecție a semnalului de mod comun deosebit de mare;
- obținerea unei impedanțe de intrare ridicate și simetrice;
- posibilitatea de calibrare a offsetului tensiunii de intrare și a câștigului de tensiune;
- rejecție ridicată a perturbațiilor tensiunii de rețea (50 Hz);
- precizie mare de amplificare și 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;
- interfațare ușoară cu restul echipamentului digital de măsurare;
- miniaturizare și portabilitate ridicată;
- reducerea dimensiunilor fizice ale echipamentului de măsurare;
- posibilitatea integrării echipamentului în sisteme mobile de măsurare;
- posibilitatea utilizării echipamentului în sistemele dedicate interfețelor creier-calculator

(BCI).

RO 130207 B1

1 Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, în legătură și cu fig. 1, 2 și 3,
care reprezintă:

3 - fig. 1, schema bloc a dispozitivului pentru măsurări biosemnale;

5 - fig. 2, schema electronică detaliată a unui dispozitiv pentru măsurări biosemnale,
conform invenției;

7 - fig. 3, desenul de execuție cu dimensiuni al circuitului imprimat al circuitului din fig. 2.

7 Nodul independent și inteligent pentru măsurări biosemnale, conform invenției este
alcătuit din 10 module funcționale principale. Biosemnalul prelevat cu electrozii de măsurare **EA**
9 (electrod activ) și **ER** (electrod de referință) este trecut prin filtrul de frecvență trece sus **1**, și se
aplică amplificatorului instrumental diferențial **A1 2**, ieșirea căruia este trecută printr-un filtru de
11 frecvență trece jos **3**, după care se aplică la intrarea pozitivă a unui amplificator cu câștig pro-
gramabil **ACP 4**, la intrarea negativă a amplificatorului fiind conectată tensiunea de referință de
13 la ieșirea convertorului digital-analogic **CDA 8**. Ieșirea amplificatorului programabil **4** este conec-
tată la intrarea unui convertor analog-digital de tip Sigma-Delta **5**, datele obținute la ieșirea
15 convertorului fiind transmise la unitatea centrală de procesare **UCP** realizată cu microcontrolor
7, prin canalul de transmisie serială de date **6** pe două fire, linia de date **D** și semnalul de ceas
17 **C**, prin care se realizează și programarea amplificatorului **ACP 4**. Convertorul digital-analogic
8, controlat de unitatea centrală **7**, generează potențialul de referință canalului analogic de
19 condiționare a biosemnalului măsurat. Unitatea centrală de procesare **UCP 7** comunică serial
cu modulul de transmisie radio **9**, pentru transmiterea fără fir, prin circuitul antenă **10**, a datelor
21 preprocesate și vehicularea semnalelor de comandă, control și de sincronizare.

RO 130207 B1

Revendicări

- | | |
|--|------------------------|
| | 1 |
| 1. Dispozitiv pentru măsurarea biosemnalelor, caracterizat prin aceea că este constituit dintr-un preamplificator diferențial de intrare realizat cu un filtru trece sus (1) și un amplificator instrumental (2), semnalul de la ieșirea preamplificatorului se trece printr-un filtru trece jos (3), după care este aplicat la o intrare a unui amplificator diferențial cu câștig programabil (4), la cealaltă intrare a amplificatorului (4) fiind aplicat semnalul de referință furnizat de un convertor digital-analogic (8) controlat de un microcontroler al unei unități centrale de procesare (7) care este folosită și pentru comanda și controlul modulelor funcționale ale dispozitivului, iar ieșirea amplificatorului (4) cu câștig programabil se aplică la intrarea unui convertor analog-digital de tip Sigma-Delta (5). | 3
5
7
9
11 |
| 2. Dispozitiv pentru măsurarea biosemnalelor conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că mai conține un canal (6) serial de transmisie de date pe două fire, linia de date D și semnalul de ceas C, pentru transmiterea la unitatea centrală de procesare (7) a datelor obținute la ieșirea convertorului analog-digital (5), respectiv pentru a programa câștigul amplificatorului (4). | 13
15 |
| 3. Dispozitiv pentru măsurarea biosemnalelor conform revendicărilor 1 și 2, caracterizat prin aceea că mai conține un modul de transmisie radio (9) care comunică cu unitatea centrală de procesare (7) pentru transmiterea fără fir a datelor preprocesate și vehicularea semnalelor de comandă, control și de sincronizare. | 17
19 |

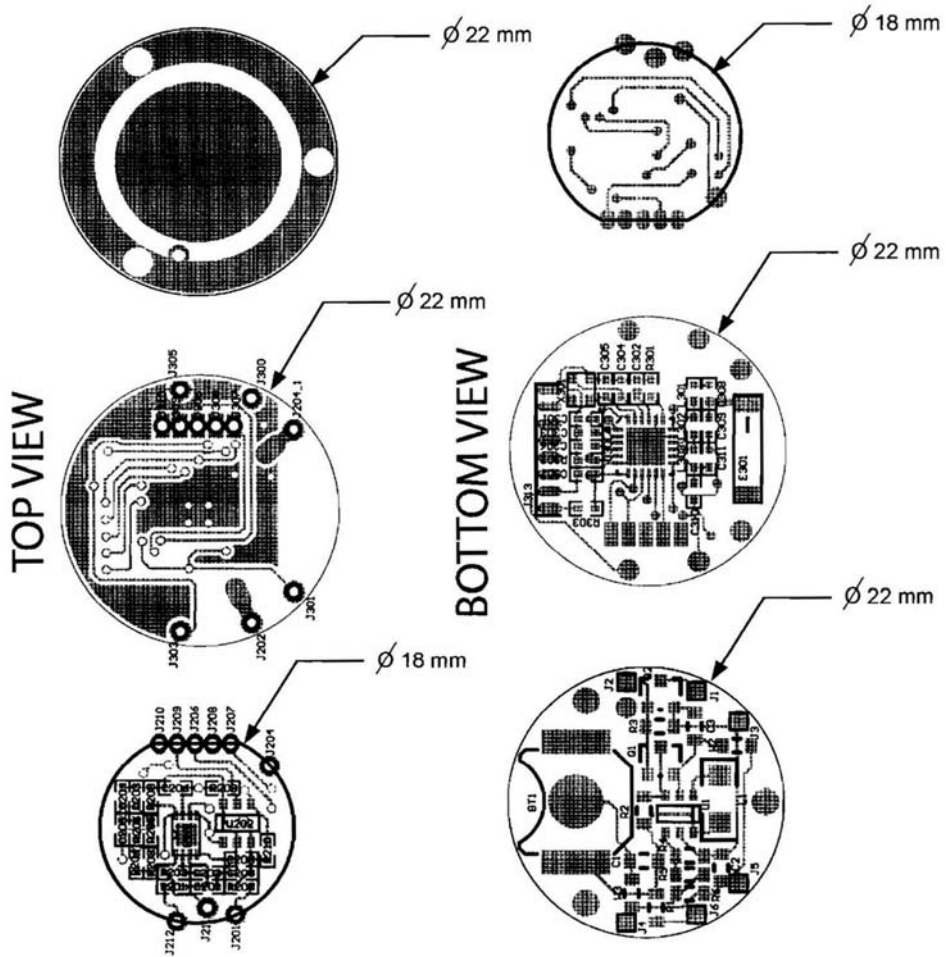


Fig. 3

