



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2013 00621

(22) Data de depozit: 22.08.2013

(41) Data publicării cererii:
27.02.2015 BOPI nr. 2/2015

(71) Solicitant:
• LAMBDA COMMUNICATIONS SRL,
STR. AVRAM IANCU NR. 37,
TÂRGU MUREȘ, MS, RO

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

(54) ECHIPAMENT PENTRU ACHIZIȚIA BIOSEMNALELOR CU
REȚEA DE ELECTROZI ACTIVI

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un echipament pentru achiziția neinvazivă a semnalelor din mai multe puncte de pe suprafața corpului. Echipamentul conform invenției conține mai mulți electrozi (1, 2, 3...128) activi, care formează o rețea distribuită de noduri de măsurare, având o configurație de tip grup la nivelul magistralei de linie, grupul electrozilor activi comunică cu structurile superioare prin intermediul unui nod central (129), care este un procesor de operare cu rol de trecere printr-un canal de comunicații cu fir, nodul central comunică cu structurile superioare printr-un canal de comunicații fără fir, iar în cadrul grupului, nodurile comunică între ele pe aceeași magistrală cu fir; structura superioară a echipamentului de achiziție biosemnale este un calculator personal, dispozitivul de control este un dispozitiv cuplor (130), fiind conectat la un calculator (131) central, iar dispozitivul cuplor (130) are rol de trecere între magistrala de comunicație cu nodurile de măsurare, respectiv, canalul de comunicație cu calculatorul (131); dispozitivul cuplor (130) este de tip pasiv dacă realizează doar o adaptare fizică, și este supervizat de calculator (131), sau de tip activ, dacă realizează adaptarea de protocol și funcția temporală de server de date.

Revendicări: 6

Figuri: 5

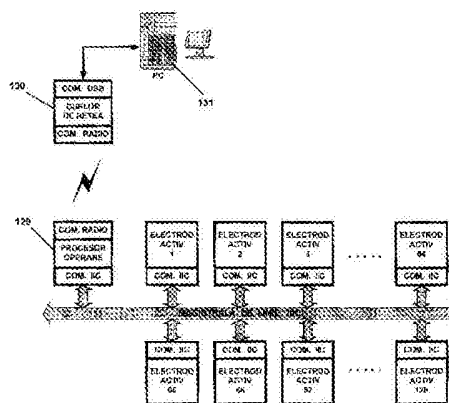


Fig. 1



Echipament pentru achiziția biosemnalelor cu rețea de electrozi activi

Descriere:

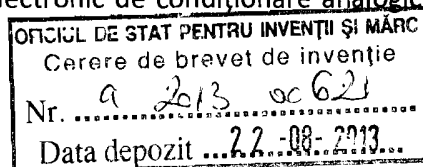
Invenția se referă la un echipament pentru achiziția neinvazivă a biosemnalelor din mai multe puncte de pe suprafața corpului, care utilizează pentru măsurarea biosemnalelor electrozi activi care conțin, încorporat în carcasa electrodului, o parte a circuitului electronic de condiționare a biosemnalului prelevat, iar electrozii activi reprezintă nodurile unei rețele de comunicații de date.

Datorită impedanței de contact variabile, a existenței tensiunilor de polarizare la nivel de contact, a fluctuației imprevizibile a tensiunii de decalaj, precum și a nivelului de zgomot comparabil cu nivelul semnalului util, măsurarea biosemnalelor la nivelul pielii poate cauza numeroase probleme. Limitările metodelor de explorare ale acestor biosemnale, deci posibilitatea de extragere a cât mai multe informații din semnale, depind de calitatea metodelor și a soluțiilor utilizate în circuitul de măsurare a biosemnalelor. Structura unui circuit de măsurare biosemnale este formată din 6 blocuri funcționale:

1. Electrozii neinvazivi folosiți pentru prelevarea biosemnalelor: reprezintă interfața dintre mediul biologic și aparatul de măsurare care trebuie să asigure impedanță de contact cât mai redusă și mai stabilă, tensiune de polarizare între metal și piele cât mai redusă, respectiv fluctuația în timp a polarizării electrodului cât mai redusă.
2. Condiționarea analogică a biosemnalului: se realizează printr-un lanț de amplificare și filtrare analogică, care are ca efect aducerea semnalului la parametri (amplitudine, frecvență) optimi ai convertorului analog-digital, respectiv reducerea zgomotelor și compensarea erorilor introduse de electrozi.
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.
4. Procesorul numeric: execută o preprocesare a semnalelor digitale obținute, înainte de transmiterea lor la un modul central de analiza, prelucrare, stocare, interpretare și utilizare globală a datelor. De asemenea, modulul procesor are rolul de a coordona funcționarea întregului lanț de achiziție de semnale.
5. Datele preprocesate trebuie să ajungă la destinație folosind un canal de comunicație adecvat, utilizând un protocol eficient de comunicație de date. În condițiile unui echipament mobil de măsurare, canalul de comunicație trebuie să fie fără fir.

Circuitul electric care se plasează pe suprafața corpului, la nivelul pielii în cazul măsurării biosemnalelor prin metode neinvazive, poate fi clasificată, în funcție de structura electronică conținută, în una din următoarele categorii de circuite:

- 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.
- 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.
- c.) Senzor inteligent de măsurare: electrod pentru măsurare biosemnale, care conține (încorporat în carcasa electrodului) pe lângă circuitul electronic de condiționare analogică și



Echipament pentru achiziția biosemnalelor cu rețea de electrozi activi

digitală a biosemnalului prelevat și o unitate centrală de procesare realizată cu un microcontrolor 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 și digitală a biosemnalului prelevat, respectiv unitatea centrală de procesare realizată cu un microcontrolor 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.

e.) Modul inteligent de măsurare: nod independent de măsurare biosemnale, care (încorporat în carcasa electrodului) pe lângă circuitul electronic de condiționare analogică și digitală a biosemnalului prelevat; unitatea centrală de procesare realizată cu un microcontrolor de medie sau mare complexitate, care conferă inteligență tehnică circuitului; circuit și protocol de transmisie fără fir a datelor achiziționate, 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.)

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

Circuitul electric plasat pe suprafața pielii pentru măsurarea biosemnalelor conform invenției se încadrează în categoria b.), electrod activ de măsurare.

În majoritatea cazurilor de măsurări biosemnale, semnalele sunt prelevate simultan din mai multe puncte de măsurare, de la 3-12 puncte în cazul măsurărilor EMG, până la 60-120 puncte de măsurare în cazul măsurărilor EEG și ECG. Proiectarea unui sistem distribuit de măsurare modern, implică utilizarea unor tehnici și modele adecvate de comunicație, adaptate cerințelor specifice din mediul biologic. Informațiile pot fi transmise în două moduri:

- prin conexiuni (legături cablate) dedicate, între circuitul electric care se plasează pe suprafața corpului și echipamentul ierarhic superior (sistemul de prelucrare, interpretare, control, calculator)

- prin rețea de comunicație ce leagă toate elementele unui sistem de măsurare biosemnale. Aceasta poate să fie realizată prin conectarea elementelor din rețea cu fir, sau fără fir (wireless).

Comunicația în rețea prezintă o serie de avantaje în comparație cu transmisia prin legături dedicate: costuri de cablare mai mici, o singură interfață pe dispozitiv, instalare și întreținere ușoară, extindere facilă, există mecanisme de detecție și de corecție a erorilor de transmisie, datele transmise pot fi mai complexe și transmisia se poate face la distanțe mai mari. Echipamentele conectate în rețea trebuie să dispună însă de o inteligență minimă pentru a putea implementa protocolul de comunicație. Un nod de rețea se compune dintr-un circuit inteligent (microcontrolor, procesor de semnal sau procesor de semnale mixte), unul sau mai multe circuite de măsurare și un circuit specializat de transmisie și recepție date. În circuitul inteligent se înscrie un program care implementează protocolul de comunicație în rețea și procedura de achiziție și stocare temporară a datelor. Topologia de tip magistrală unică este varianta cea mai utilizată pentru aplicații de măsurare, deoarece conectarea nodurilor este ușoară prin legarea în paralel a canalelor de comunicație.

Se cunosc mai multe echipamente pentru măsurarea biosemnalelor simultan în mai multe puncte [1], [2], [3], [4], [5], [6]. Acestea diferă între ele în modul de prelevare și condiționare a semnalului

Echipament pentru achiziția biosemnalelor cu rețea de electrozi activi

măsurat, modul de transmisie a informațiilor, configurația comunicației, protocolul de comunicații, planificarea proceselor. Aceste soluții prezintă dezavantajul unei complexități ridicate, grad redus de utilizare a timpului procesor, echilibru fragil între planificarea controlată de timp și cea controlată de evenimente, timp de transmisie a datelor neoptimizat.

Problemele pe care le rezolva invenția constau în: funcționare deterministă și predictibilă; timp de transmisie a datelor relativ scurt și mai ales garantat; protocol optimizat pentru mesaje scurte, eficiente și periodice; timp de răspuns stabil; imunitate la zgomote, mecanism adecvat pentru controlul erorilor; cost redus pentru interfațarea la rețea; eliminarea cablurilor de legătură cu impedanță mare sensibile la perturbații.

Echipamentul pentru achiziția biosemnalelor cu rețea de electrozi activi conform invenției este alcătuit din mai mulți electrozi activi care formează o rețea distribuită de noduri de măsurare, având o configurație de tip grup (cluster) la nivelul magistralei de linie, clusterul electrozilor activi comunică cu structurile superioare prin intermediul nodului central printr-un canal de comunicații cu fir, iar nodul central comunică cu structurile superioare printr-un canal de comunicații fără fir, în cadrul clusterului, nodurile comunică între ele pe aceeași magistrală cu fir, structura superioară a echipamentului de achiziții biosemnale fiind un dispozitiv cuplor conectat la un calculator central.

Echipamentului pentru achiziția biosemnalelor cu rețea de electrozi activi conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

- costuri de cablare reduse, instalare și întreținere ușoară
- interefățare ușoară între modulele echipamentului 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)

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției, în legătură și cu figurile 1 - 5, care reprezintă:

- fig.1, schema bloc a echipamentului pentru achiziția biosemnalelor cu rețea de electrozi activi
- fig.2, structura rețelei distribuite de electrozi activi pentru măsurări biosemnale
- fig.3, schema bloc detaliată a unui electrod activ de măsurare biosemnale care reprezintă un nod în rețeaua de achiziții biosemnale
- fig.4, schema bloc detaliată a procesorului de operare
- fig.5, schema bloc detaliată a unui cuplor activ pentru controlul traficului de rețea

Echipamentul pentru achiziția de biosemnale cu rețea de electrozi activi conform invenției (figura 1.), este alcătuit din mai mulți electrozi activi (1, 2, 3... 128), (figura 3.), care formează o rețea distribuită de noduri de măsurare, având o configurație de tip grup (cluster) la nivelul magistralei de linie (figura 2.). Clusterul electrozilor activi comunică cu structurile superioare prin intermediul nodului central (129), care este un procesor de operare cu rolul de trecere (gateway) printr-un canal de comunicații cu fir, iar nodul central comunică cu structurile superioare printr-un canal de comunicație fără fir (figura 4.). În cadrul clusterului, nodurile comunică între ele pe aceeași magistrală cu fir, pentru a schimba informații de sincronizare, calibrare, stabilirea nivelului de referință și stabilirea derivațiilor în cazul măsurătorilor

Echipament pentru achiziția biosemnalelor cu rețea de electrozi activi

bipolare. Structura superioară a echipamentului de achiziții biosemnale este un calculator de tip PC, dar poate fi un calculator de proces, un PLC (Programmable Logic Controller), o interfață HMI (Human Mashine Interface), o interfață BCI (Brain Computer Interface), sau un dispozitiv de control bazat pe microcontrolor, sau FPGA. Dispozitivul de control poate să fie un dispozitiv cuplor (130), dacă la rândul lui este conectat la un calculator central (131). În acest caz, cuplorul are rolul de trecere (gateway) între magistrala de comunicație cu nodurile de măsurare, respectiv canalul de comunicație cu calculatorul. Cuplorul (130) controlează și gestionează traficul de rețea, cu sau fără ajutorul calculatorului (131), pe baza unui protocol implementat, realizează adaptarea fizică a semnalelor între două standarde de linie diferite, adaptarea de protocol și eventual izolarea galvanică a celor două linii de comunicații (figura 5.). Cuplorul (130) poate să fie de tip pasiv (fără inteligență proprie), dacă realizează doar o adaptare fizică și este supervizat de calculator (131), sau poate să fie activ (cu inteligență proprie), în cazul în care este capabil să realizeze adaptarea de protocol și funcția temporală de server de date. În acest caz cuplorul (130) degrevează calculatorul (131) de detaliile protocolului cu rețeaua distribuită de electrozi activi, comunicația între calculator (131) și cuplor (130) fiind implementată utilizând un protocol simplu punct la punct.

Referințe:

- [1] Brevet WIPO: WO 2005/094674 - 13.10.2005
- [2] Brevet USA: US Patent 7896807/01.03.2011
- [3] Brevet WIPO: WO 93/24993 - 09.12.1993
- [4] Brevet USA: US Patent 5206602/27.04.1993
- [5] Brevet USA: US Patent 5275172/04.01.1994
- [6] Brevet USA: US Patent 60/557230/29.03.2004

Echipament pentru achiziția biosemnalelor cu rețea de electrozi activi

Revendicări:

1. Echipament pentru achiziția biosemnalelor cu rețea de electrozi activi caracterizat prin aceea că este alcătuit din mai mulți electrozi activi care formează o rețea distribuită de noduri de măsurare, având o configurație de tip grup (cluster) la nivelul magistralei de linie. Clusterul electrozilor activi comunică cu structurile superioare prin intermediul nodului central, care este un procesor de operare cu rolul de trecere (gateway), printr-un canal de comunicații cu fir, iar nodul central comunică cu structurile superioare printr-un canal de comunicație fără fir. În cadrul clusterului, nodurile comunică între ele pe aceeași magistrală cu fir, pentru a schimba informații de sincronizare, calibrare, stabilirea nivelului de referință și stabilirea derivațiilor în cazul măsurătorilor bipolare.
2. Echipament pentru achiziția biosemnalelor cu rețea de electrozi activi caracterizat prin aceea că structura superioară a echipamentului de achiziții biosemnale este un calculator de tip PC, dar poate fi un calculator de proces, un PLC (Programmable Logic Controller), o interfață HMI (Human Machine Interface), o interfață BCI (Brain Computer Interface), sau un dispozitiv de control bazat pe microcontrolor, sau FPGA. Dispozitivul de control poate să fie un dispozitiv cuplor, dacă la rândul lui este conectat la un calculator central. Cuplorul controlează și gestionează traficul de rețea, cu sau fără ajutorul calculatorului, pe baza unui protocol implementat, realizează adaptarea fizică a semnalelor între două standarde de linie diferite, adaptarea de protocol și eventual izolarea galvanică a celor două linii de comunicații (figura 1.). Cuplorul poate să fie de tip pasiv (fără inteligență proprie), dacă realizează doar o adaptare fizică și este supervizat de calculator, sau poate să fie activ (cu inteligență proprie), în cazul în care este capabil să realizeze adaptarea de protocol și funcția temporală de server de date. În acest caz comunicația între calculator și cuplor este implementată utilizând un protocol punct la punct.
3. Echipament pentru achiziția biosemnalelor cu rețea de electrozi activi conform revendicărilor 1 și 2, caracterizat prin aceea că electrozii activi (figura 2.) care formează nodurile rețelei de măsurare, respectiv procesorul de operare, sunt conectați în paralel, folosind 6 semnale electrice care împreună alcătuiesc magistrala de linie a rețelei de măsurare: suma semnalelor de mod comun SSMC, care reprezintă valoarea însumată a semnalelor de mod comun SMC furnizate de către fiecare electrod activ conectat în rețea; semnalul de referință REF care reprezintă valoarea semnalului prelevat de către electrodul de referință ER și trecut printr-un amplificator operațional repetor în vederea reducerii impedanței; semnalele canalului serial de comunicație IIC_{DATA} și IIC_{CLK}; tensiunea de alimentare U_{ALIM+} și U_{ALIM-}.
4. Echipament pentru achiziția biosemnalelor cu rețea de electrozi activi conform revendicărilor 1, 2 și 3, caracterizat prin aceea că structura unui electrod activ (figura 3.), care reprezintă un nod al rețelei de măsurare, este formată din electrodul EA_i (1) care împreună cu semnalul de referință REF sunt aplicate prin intermediul unui filtru trece sus (2), la intrarea unui amplificator instrumental (4), a cărui ieșire este aplicată prin intermediul unui filtru activ trece bandă (5) la o intrare a unui alt amplificator instrumental (6), la cealaltă intrare aplicându-se tensiunea de referință furnizată de către generatorul (11). Ieșirea celui de al doilea amplificator instrumental (6) se aplică prin intermediul unui filtru trece jos (7), la intrarea unui amplificator cu câștig programabil (8), ieșirea căruia se aplică la intrarea unui convertor analog-digital de tip Sigma-Delta (9). Semnalul de mod comun SMC furnizat de către amplificatorul instrumental (4), este trecut printr-un amplificator operațional (3) în montaj repetor și însumat cu un rezistor R, la semnalul de magistrală SSMC. Modulul tensiune de referință (11), furnizează potențialul de referință canalului analogic de condiționare a biosemnalului măsurat. Pentru transmiterea la procesorul de operare a datelor obținute la ieșirea convertorului analog-digital (9), respectiv pentru a programa

Echipament pentru achiziția biosemnalelor cu rețea de electrozi activi

câștigul amplificatorului (8), se folosește un canal serial de transmisie de date (11) pe două fire, de exemplu IIC, cu linia de date IIC_{DAT} și semnalul de ceas IIC_{CLK}.

5. Echipament pentru achiziția biosemnalelor cu rețea de electrozi activi conform revendicărilor 1, 2 și 3, caracterizat prin aceea că structura procesorului de operare (figura 4.), care reprezintă nodul central al rețelei de măsurare, este formată din electrodul de referință ER (1) care prelevează semnalul de referință ce se aplică la intrarea unui amplificator operațional repetor (2), la ieșirea căruia se obține semnalul de referință REF al magistralei de linie. Suma semnalelor de mod comun SSMC se aplică la intrarea negativă a amplificatorului operațional (3), la intrarea pozitivă aplicându-se tensiunea de referință furnizată de către generatorul de tensiune de referință (5). Semnalul de ieșire al amplificatorului (3) se aplică electrodului DRL (4), care se aplică pe pielea corpului. Procesorul de operare este prevăzut cu o sursă de alimentare (6) cu baterie sau cu alimentare exterioară, care furnizează și tensiunea de alimentare U_{ALIM+} și U_{ALIM-} pentru magistrala de linie. De asemenea, procesorul de operare este prevăzut cu o unitate centrală de procesare cu microcontrolor (7), care controlează magistrala de linie prin intermediul canalului serial de comunicatii (8), care poate să fie de exemplu de tip IIC. În același timp, unitatea centrală (7) comunică serial cu modulul de transmisie radio (9), pentru comunicarea fără fir - prin circuitul antena (11) - cu cuplorul de rețea pentru transmisia datelor achiziționate și vehicularea semnalelor de comandă, control și de sincronizare.

6. Echipament pentru achiziția biosemnalelor cu rețea de electrozi activi conform revendicărilor 1, 2 și 3, caracterizat prin aceea că structura cuplorului de rețea (figura 5.), este formată din modulul de transmisie radio (2), pentru comunicarea fără fir - prin circuitul antena (1) - cu procesorul de operare, în vederea recepționării datelor achiziționate și vehicularea semnalelor de comandă, control și de sincronizare. Cuplorul de rețea este prevăzut cu o unitate centrală de procesare cu microcontrolor (3), care prin intermediul canalului serial de comunicatii (4), controlează funcția USB (5) care comunică cu modulul gazdă USB al unui calculator PC (8). Modulul gazdă furnizează, prin intermediul funcției USB (5), tensiunea de alimentare (6) necesară funcționării cuplorului. Unitatea centrală (3) controlează un bloc de memorie de date (7), în vederea stocării temporale a datelor vehiculate pe magistrala fără fir.

Echipament pentru achiziția biosemnalelor cu rețea de electrozi activi

Desene:

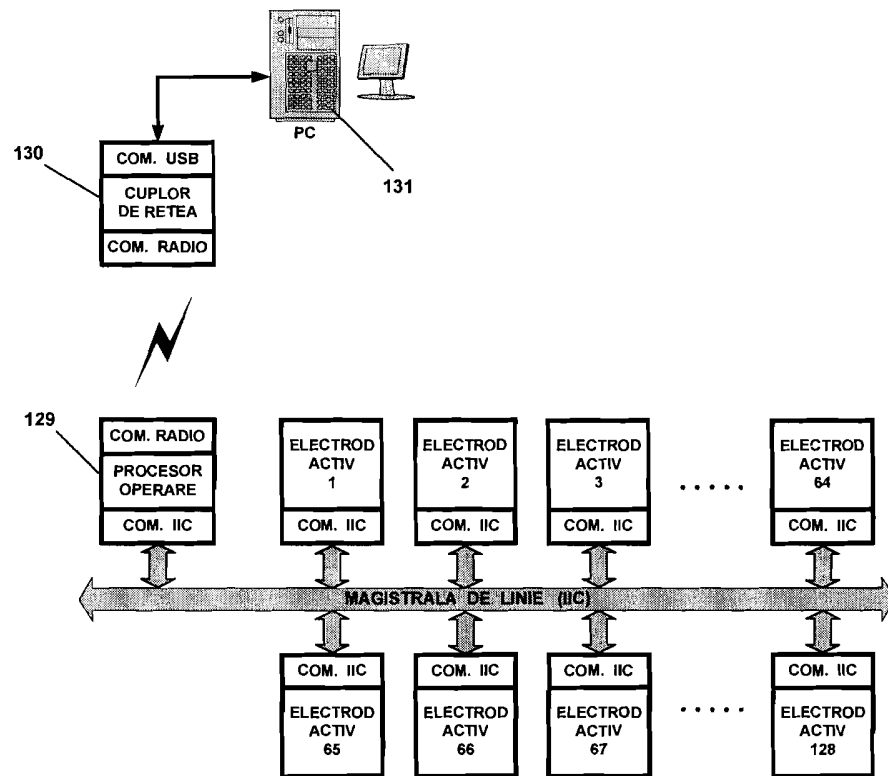
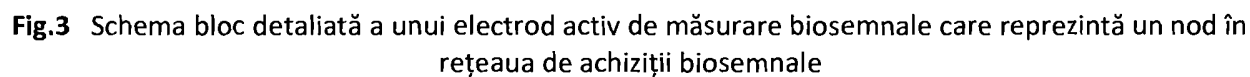


Fig.1 Schema bloc a echipamentului pentru achiziția biosemnalelor cu rețea de electrozi active



Echipament pentru achiziția biosemnalelor cu rețea de electrozi activi

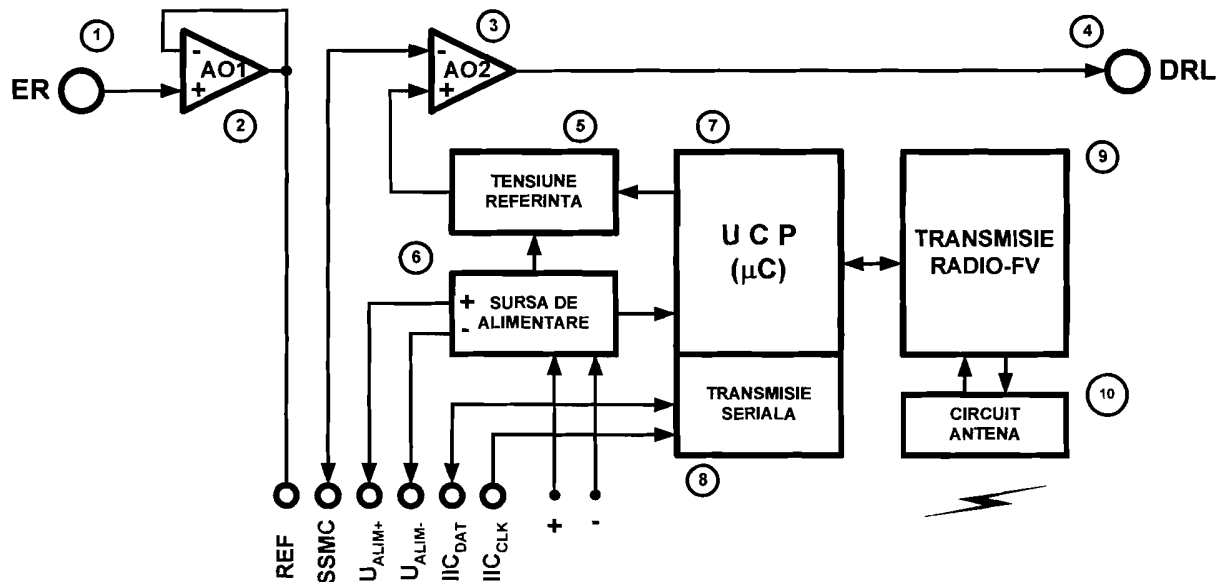


Fig.4 Schema bloc detaliată a procesorului de operare

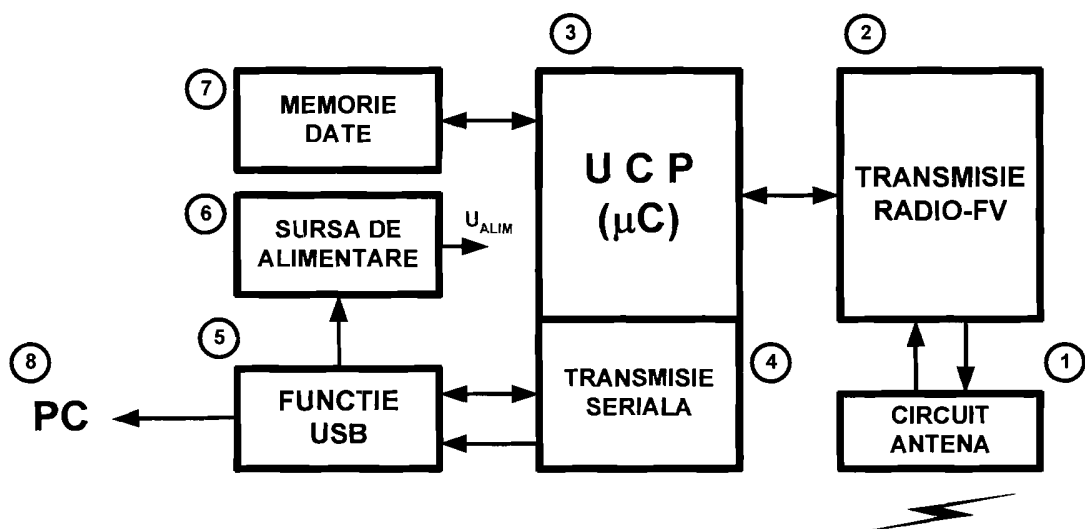


Fig.5 Schema bloc detaliată a unui cuplor activ pentru controlul traficului de rețea