



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2010 00421

(22) Data de depozit: 11.05.2010

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: 30.08.2012 BOPI nr. 8/2012

(41) Data publicării cererii:
29.04.2011 BOPI nr. 4/2011

(73) Titular:

- DUMITRAȘCU VICTOR,
STR. ION MONORAN NR.17, TIMIȘOARA,
TM, RO;
- BORZA CLAUDIA, STR.TOSCA NR. 2,
TIMIȘOARA, TM, RO;
- CRĂCIUNESCU MIHAELA CRISTIANA,
PIAȚA VICTORIEI NR.1A, ET.3, AP.14,
TIMIȘOARA, TM, RO;
- VERMEȘAN DINU-VALERIU,
STR. VASILE GOLDIS NR.5, AP.2,
TIMIȘOARA, TM, RO;
- LIGHEZAN DANIEL FLORIN,
STR. VASILE LUCACIU NR.5, BL.B4, SC.A,
AP.7, TIMIȘOARA, TM, RO;
- MOTOC ANDREI GHEORGHE MARIUS,
STR.BUCUREȘTI NR.18, AP.9, TIMIȘOARA,
TM, RO;
- LIGHEZAN RODICA,
STR. VASILE LUCACIU NR..5, BL.B4, SC.A,
AP.7, TIMIȘOARA, TM, RO;
- PREJBEANU RADU,
STR.PINDULUI NR.33, TIMIȘOARA, TM,
RO;
- AVRAM IULIAN OCTAVIAN,
STR. TOPLIȚA NR.2/A, TIMIȘOARA, TM,
RO;
- OANCEA CRISTIAN-IULIAN,
ALEEA CONSTRUCTORILOR NR. 11F,
AP. 1, COMUNA DUMBRĂVIȚA, TM, RO;
- HORHAT FLORIN GEORGE,
STR. BOEMIEI NR.2, ARAD, AR, RO

(72) Inventatori:

- DUMITRAȘCU VICTOR,
STR. ION MONORAN NR.17, TIMIȘOARA,
TM, RO;
- BORZA CLAUDIA, STR. TOSCA NR. 2,
TIMIȘOARA, TM, RO;
- CRĂCIUNESCU MIHAELA CRISTIANA,
PIAȚA VICTORIEI NR.1A, ET.3, AP.14,
TIMIȘOARA, TM, RO;
- VERMEȘAN DINU-VALERIU,
STR. VASILE GOLDIS NR.5, AP.2,
TIMIȘOARA, TM, RO;
- LIGHEZAN DANIEL FLORIN,
STR. VASILE LUCACIU NR.5, BL.B4, SC.A,
AP.7, TIMIȘOARA, TM, RO;
- MOTOC ANDREI GHEORGHE MARIUS,
STR.BUCUREȘTI NR.18, AP.9, TIMIȘOARA,
TM, RO;
- LIGHEZAN RODICA,
STR. VASILE LUCACIU NR..5, BL.B4, SC.A,
AP.7, TIMIȘOARA, TM, RO;
- PREJBEANU RADU, STR.PINDULUI
NR.33, TIMIȘOARA, TM, RO;
- AVRAM IULIAN OCTAVIAN,
STR. TOPLIȚA NR.2/A, TIMIȘOARA, TM,
RO;
- OANCEA CRISTIAN-IULIAN,
ALEEA CONSTRUCTORILOR NR. 11F,
AP. 1, COMUNA DUMBRĂVIȚA, TM, RO;
- HORHAT FLORIN GEORGE,
STR. BOEMIEI NR.2, ARAD, AR, RO

(56) Documente din stadiul tehnicii:
US 4705049

(54)

DISPOZITIV ELECTRONIC PENTRU MĂSURAREA ȘI AFIȘAREA SEMNALELOR ELECTRICE CEREBRALE CU FILTRARE NUMERICĂ

Examinator: ing. ENEA FLORICA



Orice persoană are dreptul să formuleze în scris și
motivată, 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 126178 B1

1 Invenția constă dintr-un dispozitiv electronic, pentru măsurarea și afișarea semnalelor
electrice, cerebrale, cu filtrare numerică.

3 Aparatele EEG similare, cunoscute în prezent, au în alcătuirea lor filtre trece-bandă,
concepute cu amplificatoare operaționale sau filtre cu capacități comutate. În cazul filtrelor
5 active cu amplificatoare operaționale, pentru a obține o separare acceptabilă, sunt necesare
două sau mai multe amplificatoare operaționale, pentru fiecare bandă de frecvență, și
7 condensatoare cu capacități mari, schema ce va rezulta fiind foarte complexă. În varianta cu
filtre cu capacități comutate, deoarece acestea nu excelează în privința zgomotului, sunt
9 necesare câte două de bandă separată, Trebuie menționat că există un număr foarte
restrâns de producători și sunt relativ scumpe. De asemenea, în ambele variante prezentate,
11 va fi foarte dificilă implementarea unor benzi de trecere ajustabile.

13 Mai este cunoscut un sistem electroencephalograph (EEG), pentru detectarea
undelor cerebrale ale pacientului, din cererea de brevet **US 4705049/10.11.1987**, care
cuprinde un grup de electrozi anexați la scalpul pacientului, niște amplificatoare cu ampli-
15 ficare înaltă, pentru reducerea zgomotului și niște convertizoare analog/digitale. Diferența
între prezenta invenție și soluția de mai sus este aceea că folosește filtre numerice, încor-
17 porate în microcontroler, care ajustează benzile de frecvență, concomitent cu alegerea,
dintre o gamă de variante, a modalității de afișare grafică, cât și a sunetelor însoțitoare.

19 Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în ajustarea benzilor de
frecvență, corespunzătoare undelor delta, teta, alfa, beta, de către utilizator, concomitent cu
21 alegerea, dintr-o gamă de variante, a modalității de afișare grafică, cât și a sunetelor
însoțitoare.

23 Principalul avantaj al dispozitivului constă în faptul că permite utilizatorului reglarea
benzii de frecvență a filtrelor digitale în mod direct, pentru selectarea flexibilă a benzilor de
25 frecvență corespunzătoare undelor delta, teta, alfa, beta. De asemenea, semnalizarea
prezenței undelor cerebrale și afișarea acestora poate fi selectată din mai multe variante
predefinite. Această arhitectură este foarte compactă, cu preț și consum foarte redus,
27 asigurând în același timp o performanță ridicată. Dispozitivul electronic permite amplificarea
semnalului EEG, descompunerea acestuia prin filtrare numerică în benzi de frecvență
29 corespunzătoare undelor delta, teta, alfa, respectiv, beta. De asemenea, permite reprezentarea
lor grafică și emiterea unor sunete specifice, care să evidențieze apariția lor. Simplitatea
31 schemei, numărul redus de componente recomandă dispozitivul pentru construcția unor
aparate portabile sau fixe cu volum redus. Deoarece folosește filtrarea numerică, dispozitivul
33 permite ajustarea benzilor de frecvență corespunzătoare undelor delta, teta, alfa, respectiv,
beta, de către utilizator, permițând o interpretare mai flexibilă. Interpretarea semnalului,
35 având loc într-un microcontroler, permite alegerea, dintr-o gamă de variante, a modalității de
afișare grafică, cât și a sunetelor însoțitoare.

37 Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu fig. 1...6, care
39 reprezintă:

- 41 - fig. 1, schema bloc a dispozitivului;
- 43 - fig. 2, schema electronică detaliată atât a preamplificatorului, cât și a amplificatorului
EEG;
- 45 - fig. 3, microcontrolerul și perifericele acestuia;
- 47 - fig. 4, schema detaliată a modului de alimentare;
- 49 - fig. 5, răspunsul în fază și frecvență a filtrului digital și
- 51 - fig. 6, schema logică a funcției de filtrare numerică.

51 Soluția de față folosește amplificatoare operaționale, pentru amplificarea semnalului
și un microcontroler pe 32 de biți, de tipul Cortex M-3, pentru conversia analogic-digitală,
respectiv, extragerea undelor delta, teta, alfa, beta, prin filtrarea numerică a semnalului.
Microcontrolerul asigură, de asemenea, afișarea grafică, producerea sunetelor, cât și inter-
fațarea cu operatorul uman. Dispozitivul electronic mai are în componență un preamplificator,

RO 126178 B1

care preia semnalul electric cules de electrozii unui aparat EEG și îl transmite amplificatorului de semnal, care îl amplifică la un nivel adecvat, pentru un convertor analog-digital din componența microcontrolerului, un bloc cu diode luminescente, care semnalizează prezența diferitelor tipuri de unde, un amplificator audio, pus în legătură cu un difuzor, pentru redarea sunetelor, și care primește date și comenzi de la o tastatură cu 6 butoane și de la un codificator numeric, dispozitivul fiind alimentat electric, prin intermediul unui stabilizator în comutație, împreună cu un stabilizator liniar, care furnizează o tensiune de 3,3 V microcontrolerului.

Din schema bloc (fig. 1), putem distinge structura dispozitivului. Semnalul electric cules de către electrozi este aplicat etajului preamplificator EEG, care are și rol de a rejecta zgomotul de mod comun, provenit, în general, de la rețeaua electrică. Semnalul ajunge în continuare la amplificatorul EEG, care îl amplifică la nivelul adecvat, pentru convertorul analogic-digital din microcontrolerul pe 32 de biți. Microcontrolerul, prin intermediul busului I/O, controlează un afișaj grafic cu oled-uri pe care vor fi afișate atât reprezentarea grafică a semnalului, cât și interfața cu utilizatorul. Microcontrolerul controlează un bloc de 4 LED-uri, care vor semnaliza prezența diferitelor tipuri de unde. Ieșirea blocului PWM din controler este aplicată unui amplificator audio, la ieșirea căruia este prezent un difuzor pentru redarea sunetelor.

Utilizatorul are la îndemână, pentru a interacționa cu dispozitivul, o tastatură cu 6 butoane și, de asemenea, un codificator numeric, ce generează impulsuri la rotirea sa. Acesta generează câte 16 impulsuri defazate diferit, în funcție de sensul de rotație și va fi folosit la introducerea mărimilor numerice. Alimentarea dispozitivului se realizează prin intermediul unui bloc stabilizator în comutație, care furnizează tensiunea de 5 V, utilizată pentru blocurile de putere. Tensiunea de 5 V este aplicată și blocului stabilizator de 3,3 V, care este tensiunea cu care va fi alimentat microcontrolerul. Pentru a putea fi programat în montaj și pentru a se permite modernizări ale programului din controler, dispozitivul este dotat cu o interfață JTAG, care comunică cu microcontrolerul.

În fig. 2 este reprezentată schema electronică, detaliată, atât a preamplificatorului, cât și a amplificatorului EEG. Preamplificatorul este realizat cu un amplificator de măsură, care are o tensiune de zgomot de 9 nV/Hz și o rejecție a semnalului de mod comun de 110 dB, la amplificarea de 10 ce este dată de R1. Rejecția semnalului de mod comun elimină interferența indusă de rețeaua electrică. Acești parametri îl recomandă pentru aplicația de față. Amplificatorul EEG este format dintr-un etaj realizat cu un amplificator operațional în configurație de amplificator neinversor. Acesta amplifică semnalul de 51 până la 101 ori, amplificarea fiind ajustabilă din semireglabilul de 10 kΩ. Acest etaj realizează și limitarea benzii de frecvență. Pentru o amplificare de 100, banda de trecere este de 1 kHz. Adaptarea de impedanță se realizează cu un amplificator operațional în configurație de repetor. Etajul final adună la semnalul EEG o componentă continuă de $3.3 \text{ V}/2 = 1.65 \text{ V}$, această operație fiind necesară pentru a-l face compatibil cu convertorul din microcontroler.

În fig. 3 se prezintă microcontrolerul și perifericele acestuia. Nucleul acestuia este de tip Cortex-M3 pe 32 de biți, care operează în cazul de față la o frecvență de 50 MHz. Procesorul Cortex-M3 dispune de facilitatea de a efectua înmulțiri pe 32 de biți într-o singură perioadă a ceasului, prin instrucțiunea MUL. De asemenea, poate efectua înmulțire plus adunare pe 32 de biți, prin instrucțiunea MLA, cu același ritm. Rezultatele sunt pe 64 de biți. Aceste facilități îl fac adecvat pentru filtrarea numerică a semnalului. Microcontrolerul dispune, de asemenea, de o memorie SRAM, pentru variabile de 8 kB și 64 kB memorie flash, ce permit stocarea și rularea unui program foarte complex. Semnalul EEG amplificat este adus la pinul ADC0, care este intrarea în convertorul analogic-digital cu rezoluție de

RO 126178 B1

1 10 biți din controler. Rata de eșantionare este stabilită la 300 eșantioane pe secundă.
2 Semnalul **EEG**, în forma sa numerică, este stocat și filtrat de către procesor. Diferitele
3 reprezentări grafice ale semnalului și interfața cu utilizatorul sunt afișate pe afișajul cu
4 OLED-uri. Controlerul transmite datele spre afișaj printr-o interfață serială de tip SPI.
5 Microcontrolerul controlează și diodele luminescente LED **7**, **8**, **9** și **10**, pentru evidențierea
6 prezenței undelor delta, teta, alfa, respectiv, beta. Ieșirea PWM4 este legată la amplificatorul
7 audio realizat cu un tranzistor de tip MOS, care are drept sarcină un difuzor pentru redarea
8 sunetelor. Pentru introducerea datelor și comenzilor, se folosește o tastatură alcătuită din 6
9 butoane **SW0**, **SW1**,...,**SW5**. Mărimile numerice sunt introduse prin intermediul unui
10 codificator numeric, cu ajutorul căruia se pot ajusta prin rotirea acestuia într-un sens sau
11 altul. Programul poate fi transferat în microcontroler, respectiv, modernizat prin intermediul
12 interfeței JTAG ce dispune de un conector cu 10 pini (conectorul **J1**). Ceasul procesorului
13 este obținut cu ajutorul cuarțului **Y1**, cu o frecvență de 8 MHz.

14 Schema detaliată a modului de alimentare este prezentată în fig. 4. La conectorul
15 **J2**, se poate aplica o tensiune continuă, nestabilizată, de $8 \div 40V$. Dioda **D1** protejează
16 montajul la inversarea polarității tensiunii de alimentare. Această tensiune ajunge la un
17 integrat, care este un regulator în comutație coborât de tensiune de tip Buck, capabil de
18 a furniza 0,5 A, la o tensiune stabilizată de 5 V, și care lucrează la frecvența de 52 kHz.
19 Tensiunea necesară procesorului de 3,3 V este obținută cu ajutorul unui integrat stabilizator
20 liniar de 3.3 V, specializat în obținerea acestei tensiuni dintr-o tensiune de 5 V. Ambele
21 integrate sunt protejate la suprasarcină. Dioda luminescentă semnalizează prezența tensiunii
22 de alimentare. Tensiunea de 15 V necesară afișajului este obținută cu ajutorul unui integrat,
23 ce lucrează în comutație și are rol de convertor CC-CC. Din tensiunea de 5 V se obține și
24 tensiunea de -5 V, necesară amplificatorului EEG, cu ajutorul convertorului CC-CC, cu
25 capacități comutate.

26 Filtrul numeric pentru separarea undelor alfa este implementat în modul prezentat în
27 continuare.

28 Orice filtru digital de ordin finit prelucrează semnalul de intrare x , după următoarea
29 relație:

$$y(n) = \sum_{k=0}^M B(k+1)x(n-k) - \sum_{k=1}^N A(k+1)y(n-k)$$

31 în care:

- 32 x - mulțimea valorilor de la intrarea în filtru
- 33 y - mulțimea valorilor de la ieșirea din filtru
- 34 B - coeficienții cu care se ponderează valorile de la intrare
- 35 A - coeficienții cu care se ponderează trecutele valori de la ieșire
- 36 $N+1$ este lungimea lui A , cele mai recente intrări
- 37 $M+1$ este lungimea lui B , ultimile ieșiri

38 Banda de frecvență corespunzătoare undelor alfa se consideră $8 \div 13$ Hz. Pentru
39 implementare, s-a ales un algoritm de filtru IIR de tip Butterworth, trece bandă de ordinul 2,
40 cu frecvența cotului inferior de 8 Hz și frecvența cotului superior de 13 Hz. Rata de
41 eșantionare adoptată este de 300 eșantioane per secundă. Codul în limbaj "C" este
42 prezentat în continuare:

```
43 #define ZEROURI 4  
44 #define POLI 4  
45 #define CAST1G 3.920376620e+002
```

RO 126178 B1

static float xv[ZEROURI+1], yv{POLI+1};	1
static void buclafiltru()	
{for(;;)	3
{xv[0] = xv[1]; xv[1] = xv[2]; xv[2] = xv[3]; xv[3] = xv[4];	
xv[4] = 'următoarea valoare' / CASTIG;	5
yv[0] = yv[1]; yv[1] = yv[2]; yv[2] = yv[3]; yv[3] = yv[4];	
yv[4] = (xv[0] + xv[4]) - 2 * xv[2]	7
+ (-0.8623486260 * yv[0]) + (3.4954922088 * yv[1])	
+ (-5.3995985294 * yv[2]) + (3.645334869 * yv[3]);	9
'următorul rezultat' = yv[4];	
}	11
}	
Răspunsul în fază și frecvență se prezintă în fig. 5. Pe axa x, este reprezentată	13
frecvența, în fracțiuni ale frecvenței de eșantionare (300 Hz). Pe axa y, sunt reprezentate	
câștigul și faza semnalului. În fig. 6 este prezentată schema logică a funcției de filtrare.	15

RO 126178 B1

1

Revendicare

3

Dispozitiv electronic, pentru măsurarea și afișarea semnalelor electrice, cerebrale, cu filtrare numerică, ce are în componență preamplificatorul (9) care preia semnalul electric cules de electrozii unui aparat EEG și îl transmite amplificatorului de semnal (8), care îl amplifică la un nivel adecvat, pentru un convertor analog-digital din componența microcontrolerului (1), care controlează un afișaj grafic (2), destinat reprezentării grafice a semnalului și interfeței cu utilizatorul, blocul (3) cu diode luminescente, care semnalizează prezența diferitelor tipuri de unde, amplificatorul audio (7), pus în legătură cu difuzorul (6), pentru redarea sunetelor, și care primește date și comenzi de la tastatura (4) cu 6 butoane și de la codificatorul numeric (5), dispozitivul fiind alimentat electric prin intermediul stabilizatorului în comutație (11), împreună cu stabilizatorul (10) liniar, care furnizează o tensiune de 3,3 V microcontrolerului (1), **caracterizat prin aceea că** microprocesorul microcontrolerului (1) are implementate filtre numerice, pentru ajustarea benzilor de frecvență direct, de către utilizator, concomitent cu alegerea, dintr-o gamă de variante, a modalității de afișare grafică, cât și a sunetelor însoțitoare.

5

7

9

11

13

15

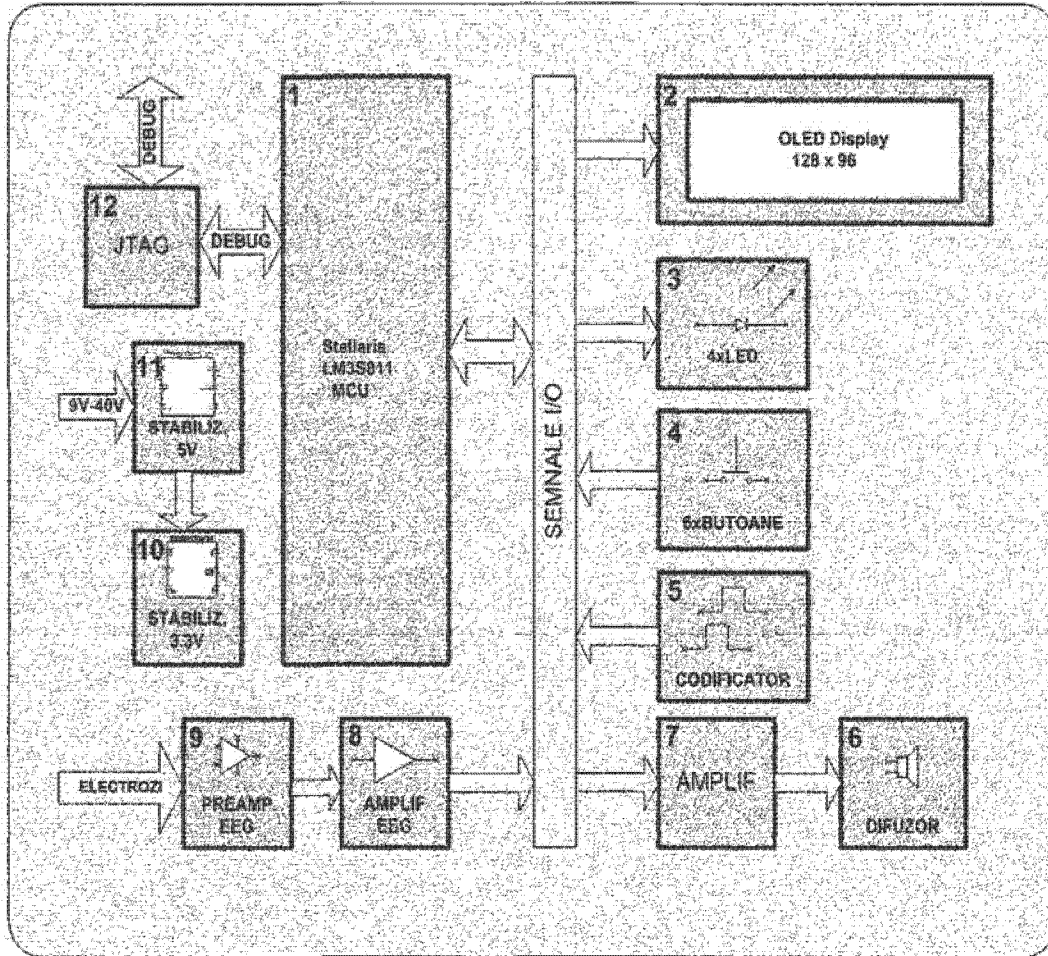


Fig. 1

RO 126178 B1

(51) Int.Cl.

A61B 5/0476 (2006.01),

H03H 17/00 (2006.01)

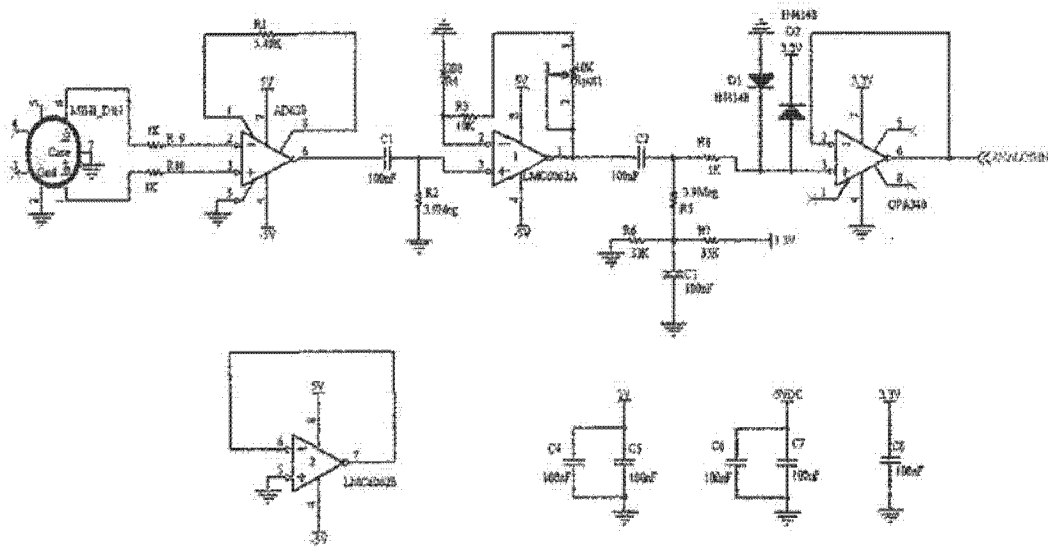


Fig. 2

RO 126178 B1

(51) Int.Cl.

A61B 5/0476 (2006.01),

H03H 17/00 (2006.01)

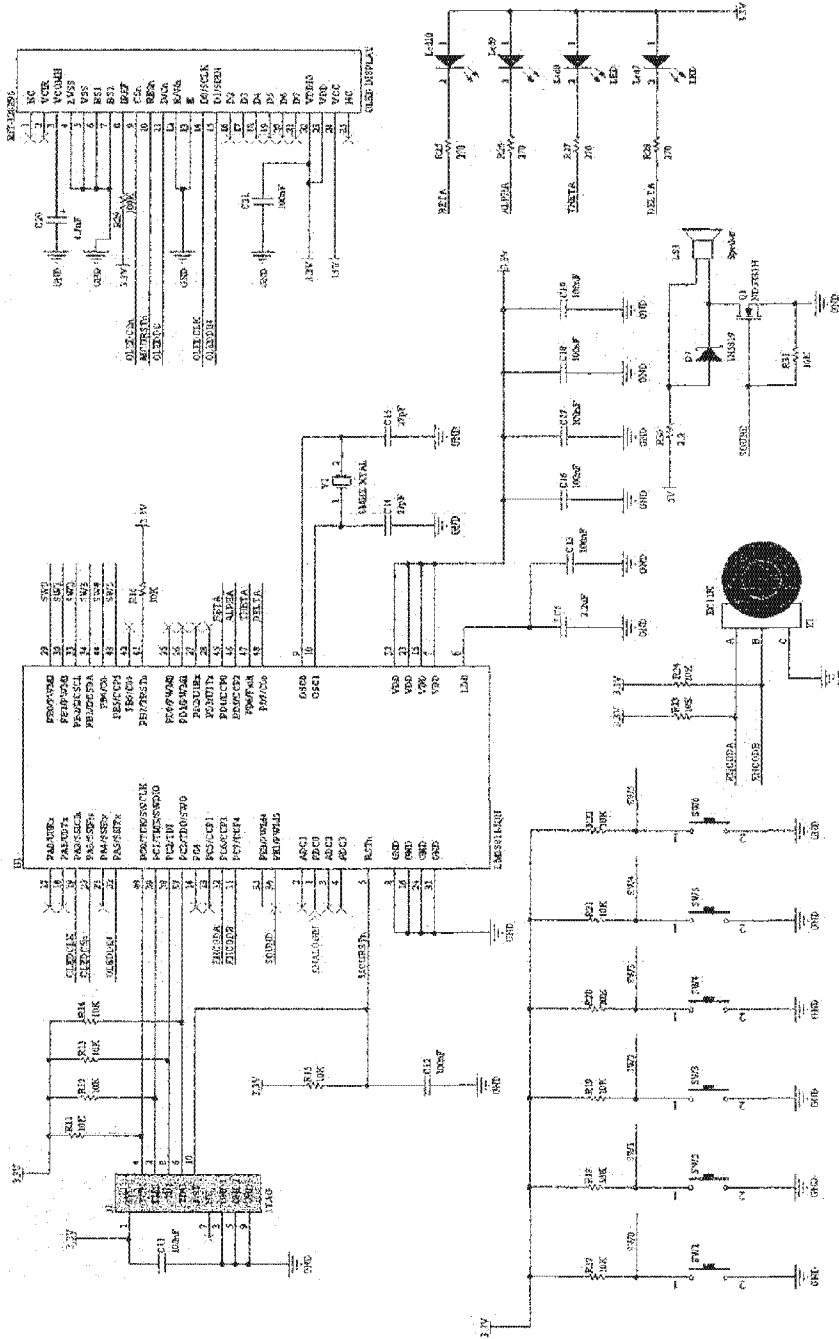


Fig. 3

(51) Int.Cl.

A61B 5/0476 (2006.01),

H03H 17/00 (2006.01)

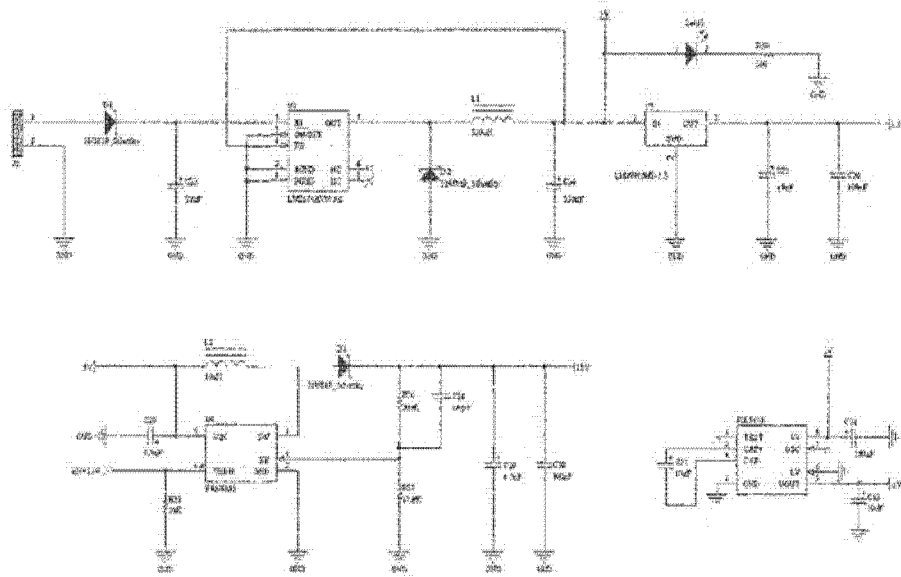


Fig. 4

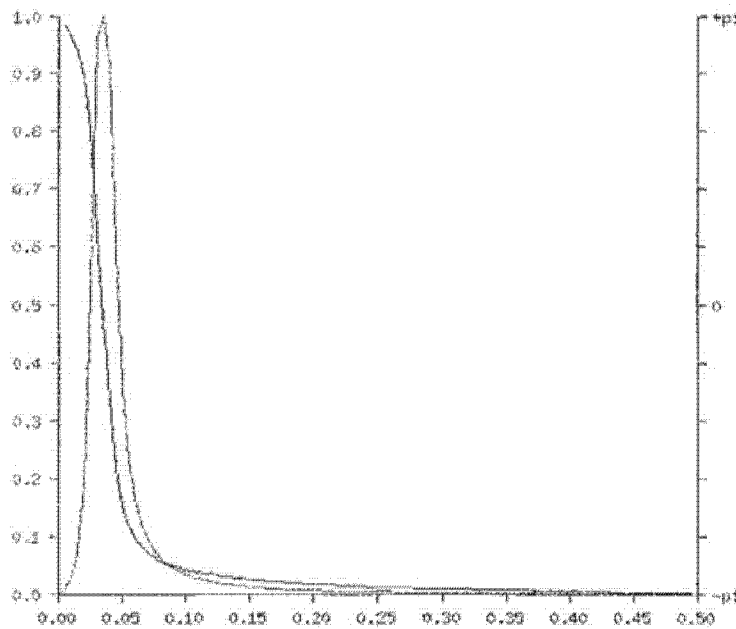


Fig. 5

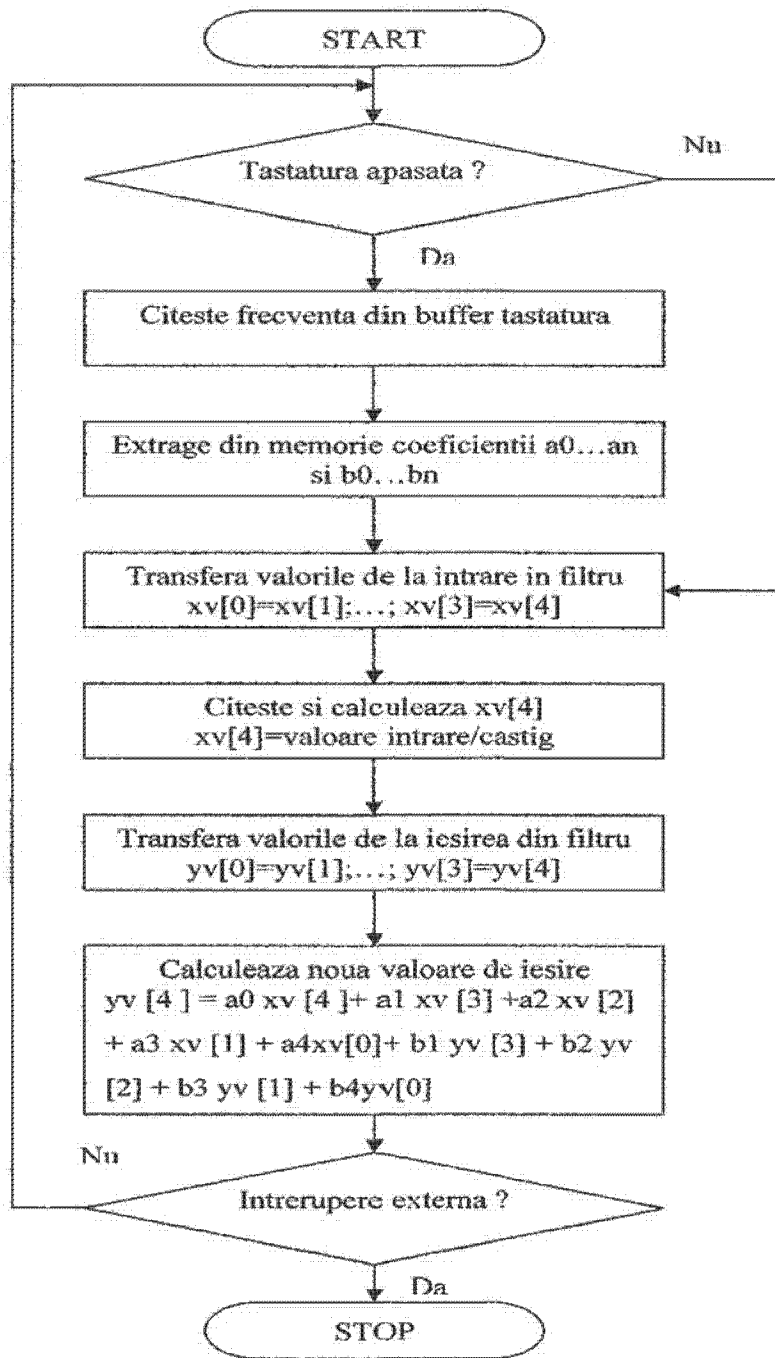


Fig. 6

