



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2016 00796

(22) Data de depozit: 07/11/2016

(41) Data publicării cererii:  
30/05/2018 BOPI nr. 5/2018

(71) Solicitant:  
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE  
DEZVOLTARE PENTRU TEHNOLOGII  
IZOTOPICE ȘI MOLECULARE (INCDTIM),  
STR. DONATH NR. 67-103 POB 700,  
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO

(72) Inventatori:  
• POP MIRCEA NICOLAE, STR. DONATH  
NR. 166B, AP. 9A, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO

(54) CIRCUIT DE CONDIȚIONARE A SEMNALELOR ANALOGICE,  
COMANDAT DIGITAL, ȘI SISTEM DE ACHIZIȚIE  
A UNUI SEMNAL CONDIȚIONAT

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un circuit (CCB) de condiționare analogică de bază, comandat în totalitate digital, care permite selectarea, prin ajustarea unei tensiuni de offset, și scalarea, prin ajustarea factorului de amplificare, a unei porțiuni de interes conținute într-un semnal aplicat la intrare, în care ajustarea factorului de amplificare se realizează prin intermediul unui potențiomtru digital, iar ajustarea tensiunii de offset se realizează cu ajutorul unui semnal sintetizat digital cu ajutorul unui convertor digital-analogic (1), în condițiile în care semnalul de intrare străbate un etaj (4) de intrare cu rol de etaj tampon sau de preamplificator, după care este preluat de circuitul (CCB) de condiționare analogică de bază. Invenția se referă și la circuite de condiționare analogică, alcătuite din circuite (CCB) de condiționare analogică de bază, conectate în cascadă, destinate să furnizeze unul sau mai multe semnale de ieșire în vederea utilizării drept semnale de comandă, sau în vederea transformării acestora în coduri digitale cu ajutorul unui convertor (8) analogic-digital, multicanal, care comunică apoi cu o unitate (10) de procesare digitală, care preia semnalul digital printr-o magistrală de date (9), și ajustează parametrii

circuitelor (CCB) de condiționare analogică de bază, comunicând printr-o magistrală (9) digitală cu convertorul digital-analogic (1) și cu niște potențiometre digitale.

Revendicări: 9  
Figuri: 10

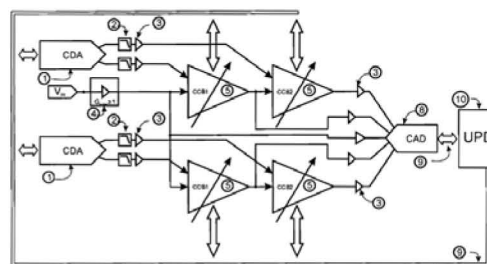


Fig. 7

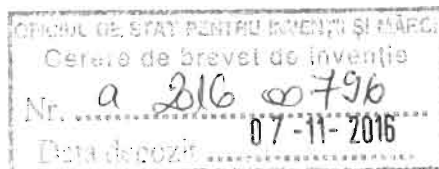


**b) Precizarea domeniului tehnic in care poate fi folosita inventia;**

Domeniul tehnic al inventiei se refera la aplicatiile care necesita conditionarea semnalelor analogice pentru a fi folosite drept semnale de control sau pentru a fi apoi transformate in coduri digitale cu ajutorul unui convertor analog/ digital (CAD). De asemenea, inventia este utila atunci cand este vizata scalarea semnalelor analogice la interfata dintre doua blocuri functionale care utilizeaza nivele si tipuri diferite de semnale analogice (de exemplu: iesire bloc unu, bipolar +/-10V, intrare bloc doi, unipolar +3,3V).

Circuitul la care se refera inventia se poate utiliza pentru a echipa noduri senzoriale, pentru a echipa instalatii industriale si/ sau de laborator, in special in acele cazuri in care sunt necesare operatii de ajustare, testare si/ sau calibrare periodice, eventual cand nu este posibil accesul fizic direct la circuitul de conditionare dar exista o cale de comunicare digitala (de exemplu, seriala, cu sau fara fir) cu circuitul de conditionare sau cu controler-ul aferent acestuia.

In opinia inventatorului inventia prezinta aplicabilitate pentru sistemele inteligente de investigare si monitorizare deoarece confera unui miez digital de control posibilitatea ajustarii directe a conditionarii semnalului de intrare, astfel evitandu-se evenimentele cand codul digital (rezultat in urma convertirii semnalului conditionat) nu contine informatia propriu-zisa, existenta in semnalul de intrare (din cauza saturarii intrarilor CAD) sau cand semnalul util este insuficient amplificat pentru a fi convertit direct (de exemplu, amplitudinea semnalului util este inferioara a 10% din gama dinamica specifica CAD).



*[Handwritten signature]*

**c) Indicarea stadiului anterior al tehnicii si indicarea documentelor care stau la baza acestuia;**

Inventia se refera la un circuit de conditionare a semnalului analogic furnizat fie de un traductor, fie de un instrument sau de orice circuit sau element de circuit care furnizeaza o tensiune de iesire. In cazul senzorilor activi, care necesita polarizare, reseaua de polarizare poate fi inclusa in etajul de intrare al sistemului de conditionare propus (un etaj cu impedanta mare de intrare face posibila instalarea retelei de polarizare). Circuitul propus, este utilizabil practic cu semnale de intrare din domeniul de curent continuu pana la frecvente de ordinul  $10^4$  Hz, fiind capabil sa furnizeze o tensiune de iesire, teoretic cuprinsa intre nivelele de tensiune de alimentare. Circuitul la care se refera inventia poate fi realizat atat in forma integrata cat si ca un bloc discret, relativ usor de cascadat (semnalul conditionat strabate un etaj tampon cu impedanta mica de iesire) intr-un lant de prelucrare analogica a semnalului, in special in vederea convertirii ulterioare a acestuia in cod digital.

Benhamouda et al. [F. Benhamouda, R. Kiri, J.- M. Linotte, Automatic gain control circuit, US8 228 121 B2 (2012), 8p.] a obtinut un brevet de inventie pentru un circuit cu controlul automat al amplificarii, realizat in jurul unui amplificator cu amplificare variabila, un comparator si un bloc logic care controleaza nivelul amplificarii. Semnalul de iesire al amplificatorului cu amplificare variabila este apoi furnizat unui CAD. Circuitul cu amplificare variabila propus in acest brevet poate fi realizat in jurul unui amplificator operational, in configuratie inversoare, avand un potentiometru digital (PD), conectat ca si reostat, inserat in bucla de reactie. Amplificatorul cu amplificare variabila permite obtinerea atat a coeficientiilor de amplificare supraunitari cat si a coeficientiilor subunitari, deci blocul propus de acestia poate efectua atenuarea semnalului existent la intrare. Inventia propusa de Benhamouda este destinata compresiei dinamice controlate digital a semnalelor provenite de la senzori in special piezoelectrice care pot furniza scurte impulsuri de amplitudine relativ mare. Brevetul mentionat nu se refera la implementarea ajustarii pe cale digitala a nivelului de offset (componenta continua) al semnalului conditionat.

Kaib et al. [T. E. Kaib, S. S. Volpe, J. D. Macho, Method of detecting signal clipping in a wearable ambulatory medical device, US9 204 813 (2015), 13p.] au obtinut un brevet pentru o metoda de detectie a saturatiei semnalelor specifice unui dispozitiv medical portabil utilizat in special pentru monitorizarea permanenta a activitatii cardiace a pacientilor prin analiza semnalelor specifice electrocardiograamei (EKG). In brevetul mentionat este revendicat inclusiv un lant de achizitie a semnalului

EKG provenit de la electrozii specifici. Lantul de achizitie este alcatuit din multiple blocuri de amplificare si sau amplificare/ atenuare cascadate si poate contine inclusiv un bloc analogic de ajustare automata a factorului de amplificare. Brevetul mentionat se refera si la detectia depasiri de catre semnalul de iesire a unor nivele de tensiune maxim si minim (prestabilite pe baza unor considerente de semnale minime/ maxime specifice determinarilor EKG, dar mai mici decat nivelele de saturatie) si la o serie de procedee de ajustare a factorilor de castig in momentul depasirii nivelelor de tensiune minim si maxim, utilizabile in vederea evitarii saturarii iesirii. Descrierea din brevet si revendicarile continute nu fac nicio referire directa la ajustarea nivelului de offset al semnalului de iesire si/ sau al semnalelor intermediare existente in lantul de conditionare. De asemenea, nu este propusa nicio topologie referitoare la constructia circuitelor de amplificare si/ sau atenuare.

Grassi et al. [M. Grassi, P. Malcovati, A. Baschiroto, A 160 dB Equivalent Dynamic Range Auto-Scaling Interface for Resistive Gas Sensors Arrays, IEEE journal of solid-state circuits (2007) vol. 42,no.3, 518- 528] a raportat realizarea unui circuit cu autoscalare, care permite variatia amplificarii intr-un domeniu relativ extins, destinat conditionarii semnalelor analogice de la senzorii de gaz. Circuitul contine un bloc cu amplificare controlata, construit de asemenea in jurul unui amplificator operational (in varianta integrata), in configuratie inversoare, rezistenta din bucla de reactie fiind comutata cu ajutorul unui multiplexor. Circuitul raportat de catre acestia permite de asemenea ajustarea tensiunii de offset prin suprapunerea peste semnalul furnizat de senzor a unui semnal sintetizat digital cu ajutorul unui CAD.

Rastrello et al. [F. Rastrello, P. Placidi, A. Scorzoni, E. Cozzani, M. Messina, I. Elmi, S. Zampolli, G.C. Cardinali, Thermal Conductivity Detector for Gas Chromatography: Very Wide Gain Range Acquisition System and Experimental Measurements, IEEE Transactions on instrumentation and measurement (2013) vol. 62, no. 5, 974-981] a popus de asemenea un sistem destinat conditionarii semnalelor furnizate de senzorii rezistivi de gaz, pentru a echipa un detector existent intr-un instrument de analiza cromatografica a gazelor. Lantul de conditionare a semnalului este alcatuit dintr-un amplificator integrat care asigura atat amplificarea (cu factor de amplificare variabil in trepte) cat si ajustarea tensiunii de offset cascadat cu un amplificator de instrumentatie cu intrari diferentiale si iesire simpla (o singura borna calda) care, cu ajutorul unui PD permite obtinerea unei amplificari variabile a semnalului de intrare.



*[Handwritten signature]*

O abordare teoretică a circuitelor de condiționare a semnalelor analogice, dotate cu posibilitatea ajustării digitale a parametrilor principali specifici proceselor de condiționare în vederea acoperirii gamei dinamice maxim posibilă, caracteristică blocului CAD care convertește semnalul condiționat a fost raportată de Catunda et al. [S. Y. C. Catunda, J.-F. Naviner, G. S. Deep, R. C. S. Freire, Designing a programmable analog signal conditioning circuit without loss of measurement range, IEEE Transactions on instrumentation and measurement, vol. 52 no. 5, (2003) 1482-1487]. Acesta propune un bloc generic de condiționare a semnalului care permite atât ajustarea tensiunii de offset cât și cea a coeficientului de amplificare, pentru a încadra cât mai bine semnalul amplificat între limitele specifice CAD. De asemenea, nu sunt considerate cazurile în care semnalul de intrare fie poate fi caracterizat printr-o amplitudine de așa manieră încât să depășească banda dinamică a blocului de intrare, poate fi caracterizat prin variații tranzitorii relativ rapide.

Circuitele de condiționare a semnalului analogic sunt utilizate pentru amplificarea unui semnal, pentru modificarea componentei continue a acestuia, pentru modificarea componentelor spectrale ale semnalului (filtrare analogică) și/ sau atunci când este necesară adaptarea impedanței între circuitul care furnizează semnalul și circuitul care preia acest semnal. Semnalul de intrare poate fi furnizat de un senzor. Semnalul de intrare poate fi preamplificat sau nu de un circuit electronic de intrare (eng. front-end amplifier, amplificator cu zgomot mic). În general, semnalul de ieșire din circuitul de condiționare analogică este fie convertit în formă digitală, fie utilizat pentru comanda unui bloc controlat analogic. Circuitele de condiționare a semnalului au în general parametrii de funcționare prestabiliți sau ajustabili mecanic. Există o clasă de amplificatoare cu câștig variabil, programabile sau doar ajustabile digital, dar puține dintre acestea permit ajustarea tensiunii de offset. De asemenea, puține dintre acestea permit implementarea factorilor de câștig subunitari. În același timp, circuitele de amplificare existente pe piață au raporturi supraunitare între două trepte consecutive posibile ale factorului de amplificare și foarte puține dintre acestea pot condiționa semnale de intrare aflate oriunde între nivele de tensiune de alimentare, având un domeniu larg de variație al raportului dintre amplitudinea semnalului util și nivelul de offset.



**d) Expunerea inventiei in termeni care sa permita intelegerea problemei tehnice si a solutiei asa cum este revendicata precum si avantajele inventiei in raport cu stadiul anterior al tehnicii;**

Deoarece in sistemele analogice si mixte exista posibilitatea ca semnalul de intrare sa fie caracterizat prin variatii relativ rapide, care ar putea determina saturarea intrarii blocului functional care utilizeaza semnalul analogic conditionat, circuitul de conditionare la care se refera inventia permite *implementarea factorilor subunitari de amplificare* (astfel indeplinind functia de atenuare a semnalului de intrare). De exemplu, semnalele furnizate de elemente piezoelectrice pot avea variatii de amplitudine relativ mare, sau in bobinele utilizate ca si traductori, pot aparea supratensiuni, cauzate in general de evenimente electromagnetice neprevazute. Un alt exemplu, cand este aplicabila atat functia de amplificare cat si cea de atenuare, se refera la cazul monitorizarii marimilor specifice retelelor de distributie ale energiei electrice (curent/ tensiune), cand exista posibilitatea saltului rapid al marimi monitorizate (fie din cauza unui fenomen tranzitoriu, fie din cauza conectarii simultane a mai multor consumatori). Intr-un alt exemplu, este posibil ca semnalul de intrare sa fie preamplificat cu ajutorul unui prim etaj de intrare cu factor de amplificare constant iar in cazurile in care semnalul de intrare depaseste un nivel dat, *functia de atenuare* a circuitului de conditionare devine utila pentru a evita saturarea intrarii CAD.

In unele situatii, exista posibilitatea necesitatii izolarii unui domeniu relativ ingust de variatie a semnalului unui senzor care corespunde unui domeniu ingust de variatie a parametrului masurat, caz in care se impune scalarea parametrilor de conditionare a semnalului astfel incat sa fie acoperita variatia optima a semnalului de iesire (de exemplu, atunci cand se folososeste un termocuplu de tipul K in domeniul 20- 50°C). In alte cazuri, poate fi necesara conversia unor semnale industriale furnizate de circuite alimentate bipolar (de exemplu cu domeniul de iesire +/- 10V, centrate in jurul valorii de 0V) in semnale unipolare (de exemplu: 0- 5V, centrate in jurul valorii de 2,5V) pentru a fi convertite in coduri digitale). *Scalarea unui semnal de curent continuu necesita atat ajustarea coeficientului de amplificare cat si la ajustarea componentei continue (denumita in acest brevet tensiune de offset)*. Semnalele provenite de la senzorii activi pot sa contina o componenta continua cauzata de reseaua de polarizare a senzorilor. Alternativ, componenta continua se poate datora auto-amplificarii tensiunii de offset a unui preamplificator care preia semnalul furnizat de senzor.



Un deziderat aditional, al unui bloc de conditionare analogica a semnalului se refera la *posibilitatea prestabilirii unor valori ale factorilor de amplificare si ale tensiunii de ajustare a offset-ului (nivelul de curent continuu) cu valori suficient de apropiate* (intre doua valori consecutive trebuie sa existe un raport subunitar, mic) pentru a incadra cat mai precis semnalul de iesire in limitele benzii dinamice a blocului care preia semnalul analogic conditionat. Pentru a fi utilizabil in cadrul sistemelor mixte (analogice si digitale) si pentru a oferi miezului de digital de decizie o cale digitala de control asupra semnalelor analogice, circuitul de conditionare analogica la care se refera inventia a fost prevazut cu *posibilitatea ajustarii pe cale digitala a factorului de amplificare si a tensiunii de offset*. Prin dimensionarea corespunzatoare a valorilor componentelor pasive si a celor specifice unui potentiometru digital (PD) se poate preconfigura domeniul de variatie si distributia valorilor coeficientului de amplificare in acest domeniu.

*Deci, circuitul de conditionare la care se refera inventia permite: i. alegerea unui factor de amplificare supraunitar sau subunitar intr-un domeniu relativ larg de valori apropiate intre ele, ii. ajustarea nivelului de offset si/ sau compensarea unui offset existent al semnalului conditionat, iii. adaptarea de impedanta: circuitul posedea impedanta foarte mare de intrare, de ordinul  $10^{13} \Omega \parallel (10^0 - 10^1 pF)$  si impedanta relativ mica de iesire  $10^0 - 10^2 \Omega$  in functie de frecventa si curentul furnizat la iesire, iv. implementarea relativ facila a unei functii de transfer elementare de tipul trece-jos, v. ajustarea in totalitate pe cale digitala a factorului de amplificare si a nivelului de offset.* Toate aceste deziderate sunt implementate intr-un bloc functional, denumit in cele ce urmeaza circuit de conditionare de baza (CCB), cu o componenta minimala, asigurand numarul maxim de functionalitati cu numarul minim de componente.

Inventia se refera la circuitul de conditionare de baza (CCB), construit in jurul unui amplificator operational, care posedea un numar minim de componente si care permite implementarea controlului digital al amplificarii, al nivelului de offset dar si al benzii de trecere. Implementarea metodei de ajustare digitala a nivelului de offset se rezuma la utilizarea unui convertor digital analogic (CDA) care furnizeaza tensiunea de offset pe cealalta intrare (decat cea utilizata pentru semnalul de conditionat) a amplificatorului operational. In acest fel, se obtine o izolare virtuala a caii de semnal si a caii de ajustare a nivelului de offset, in sensul ca ajustarea nivelului de offset nu influenteaza impedanta intrarii de semnal. Alternativ, circuitul de conditionare de baza poate fi implementat cu posibilitatea injectarii pe calea de semnal a unui semnal de test (comutat). De asemenea, circuitul de conditionare de baza poate fi utilizat in



configuratii mai complexe, de exemplu, prin cascada a doua CCB se obtine un circuit de conditionare cu factor de amplificare total cu valori mai mari (in valoare absoluta, pentru o banda de trecere data) si/ sau cu nivele posibile ale amplificarii mai apropiate (astfel, se poate implementa un reglaj mai fin al gamei dinamice posibile la iesire). Intre doua asemenea CCB-uri se poate intercala un etaj de separare galvanica, un etaj de amplificare cu amplificare constanta sau ajustabila digital (circuit disponibil pe piata in forma integrata) sau un etaj care permite modificarea benzii de trecere sau a spectrului semnalului de iesire. Inventia se refera si la configuratii mai complexe de CCB-uri, de exemplu, o configuratie cu doua ramuri (fiecare ramura alcatuita din unul sau mai multe CCB cascade) cu intrari comune, permite i. monitorizarea semnalului de intrare, pe o ramura si ii. conditionarea optima a semnalului de intrare pe cealalta ramura. O asemenea configuratie poate fi implementata impreuna cu un CAD multicanal (sau cu o multitudine de CAD), in vederea obtinerii unui circuit de achizitie performant care, daca este configurat corespunzator, intodeauna prezinta un canal de achizitie nesaturat chiar si in timpul evenimentelor tranzitorii, atat timp cat semnalul de intrare se incadreaza in limitele tensiunii de alimentare a circuitului de conditionare complex.

Deoarece un CCB este caracterizat prin doi parametri controlabili digital si deoarece in urma variatiei unui parametru se impune modificarea si a celuilalt parametru pentru a acoperi cat mai bine banda dinamica necesara a semnalului de iesire (prin centrare cu ajutorul tensiunii de offset si scalare cu ajutorul coeficientului de castig), ajustarea acestor doi parametri se poate dovedi o sarcina dificila impracticabil de indelungata. Astfel, inventia se refera si la un circuit de conditionare, prevazut cu o bucla de reactie analogica care permite autoajustarea tensiunii de offset la iesire cu supra-control digital. Simultan, inventia se refera si la algoritmi de ajustare digitala (si de autocalibrate) a celor doi parametri specifici unui CCB in vederea obtinerii gamei dinamice maxime necesare la iesire.

Circuitul de conditionare analogica poate fi prevazut cu cel putin o cale digitala de comunicare cu un controller aflat la distanta. De exemplu, ajustarea parametrilor poate fi comandata de catre un utilizator uman care opereaza modificarile prin intermediul unui computer personal prevazut cu o interfata cu sistemul de achizitie care contine un circuitul de conditionare la care se refera inventia. In acest caz, se pot efectua reglaje foarte fine ale parametrilor specifici, care pe cale mecanica sunt foarte dificil de realizat in cazul unui circuit de conditionare analogica cu gama dinamica de intrare si de iesire care se resfrange foarte aproape de nivelele de





tensiune de alimentare. Intr-o alta posibila implementare, controllerul poate fi atasat sistemului de achizitie care contine circuitul de conditionare si poate fi conectat prin intermediul unei cai digitale cu un nod de control. Controller-ul poate fi o masina cu stari finite care efectueaza operatii de testare, calibrare si/ sau de autoajustare a parametrilor de functionare ai circuitului de conditionare. Astfel, circuitul de conditionare poate fi utilizat pentru a realiza sisteme senzoriale (care efectueaza operatii de achizitie si prelucrare a semnalelor provenite de la senzori), inteligente, independente sau prevazute cu posibilitatea monitorizarii centralizate a activitatii.

#### e) Prezentarea pe scurt a desenelor explicative

**Figura 1.** In figura este reprezentata schema electrica a unui singur CCB, introdus intr-o configuratie optima de implementare: (1) este CDA utilizat pentru ajustarea tensiunii de offset, (2) este un filtru trece-jos, utilizat pentru eliminarea componentelor de frecventa inalta din semnalul analogic furnizat de convertor, (3) sunt blocuri tampon analogice (de exemplu, etaje repetoare obtinute cu ajutorul unor amplificatoare operationale), (4) este primul etaj in care intra semnalul de intrare (etaj cu zgomot mic, banda suficient de larga, si impedanta de intrare suficient de mare sau cu impedanta de intrare acordata, de valoare cunoscuta); de exemplu acest etaj poate fi un repetor sau un etaj neinversor cu amplificare supraunitara care utilizeaza un amplificator operational, (5) Este CCB-ul propriuzis, prevazut cu un etaj tampon la iesire.

**Figura 2.** In figura este reprezentata schema electrica a unui singur CCB prevazut cu o cale de testare si calibrare. Semnalul de calibrare, obtinut prin sinteza digitala directa, este aplicat prin intermediul unui divizor de tensiune pe calea de semnal. Un set de comutatoare analogice (6) permite separarea semnalului util de semnalul de test sau suprapunerea celor doua semnale.

**Figura 3.** In figura este reprezentata schema bloc a unui circuit de conditionare a semnalului analogic, prevazut cu un etaj analogic de autoreglare a nivelului de offset, avand posibilitatea supraajustarii digitale a autoreglarii..

**Figura 4.** In figura este reprezentata schema bloc a unui circuit de conditionare analogica alcatuit din doua CCB-uri cascade direct.

**Figura 5.** In figura este reprezentata schema bloc a unui circuit de conditionare analogica alcatuit din doua CCB-uri cascade intre care este intercalat un bloc aditional (7), i. fie un transformator pentru separare galvanica totala, ii. fie un bloc de separare galvanica analogica (amplificator separator) sau iii. un circuit de control

benzii de trecere sau de control al componentelor spectrale ale semnalului de conditionat (filtru trece- jos, trece- sus, trece- banda, opreste- banda, bloc de modulare, etc.).

**Figura 6.** In figura este reprezentata schema bloc a unui circuit complex de conditionare realizat cu patru CCB, doua cate doua cascadate, alcatuind doua ramuri (cu intrari comune), una destinata monitorizarii optime a semnalului de intrare si una destinata furnizarii unui semnal de iesire cu gama dinamica cat mai apropiata de cea necesara. Semnalul de monitorizare poate fi achizitionat in urma conversiei analog/digitale iar semnalul obtinut la iesirea celeilalte ramuri de conditionare poate fi utilizat inclusiv drept semnal de comanda si control.

**Figura 7.** In figura este reprezentata schema bloc a unui sistem de conditionare si achizitie a semnalului conditionat, care permite fie achizitia optima cu ajutorul unui CAD multicanal (8) a semnalului conditionat sau permite achizitia continua a unui semnal care sufera tranzitii rapide de nivel (fara sa se piarda informatie, din cauza saturarii iesirii sau din cauza raportului semnal/ zgomot insuficient). O unitate de procesare digitala comunica cu CDA si cu potentiometrele digitale, respectiv cu CDA pe una sau mai multe bus- uri digitale.

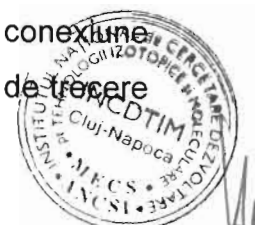
**Figura 8.** In figura este reprezentata schema bloc a unui circuit complex de conditionare realizat cu o multitudine de ramuri (toate conditionand acelasi semnal de intrare), fiecare ramura continand cel putin un CCB si eventual blocuri aditionale destinate: **i.** izolarii galvanice, **ii.** modificarii componenetei spectrale a semnalului conditionat de ramura si/ sau **iii.** amplificarii suplimentare a semnalului.

**Figura 9.** In figura este reprezentata schema bloc a secventelor unui algoritm de configurare optima a unui singur CCB, in vederea obtinerii gamei dinamice optime necesare la iesire in cazul in care este disponibil doar codul digital specific semnalului de iesire al unui CCB (Fig. 9a) si in cazul in care este disponibil atat codul digital specific semnalului de intrare cat si cel al codului digital de iesire pentru acelasi CCB (Fig. 9b).

**Figura 10.** In figura sunt ilustrate formele de unda (inregistrate cu un osciloscop digital) ale semnalului de intrare si ale celui de iesire, conditionat cu un circuit alcatuit din doua CCB-uri cascadate direct. Se poate observa influenta functiei de transfer de tipul trece- jos, caracteristica CCB- ului.

**f) Expunerea detaliata a inventiei pentru care se solicita protectia**

Pentru a indeplini conditiile reglarii pe cale digitala a parametrilor conditionarii semnalelor de intrare, prin amplificarea sau atenuarea acestora, simultan cu ajustarea componentei continue a semnalului conditionat, inventia se refera la un circuit de conditionare de baza (bloc functional) cu comanda digitala, implementat utilizand configuratia inversoare specifica amplificatoarelor operationale. Configuratia propusa a unui bloc functional de baza (Fig.1) contine o jumătate a unui PD in bucla de reactie, in timp ce jumătatea cealalta a aceluiasi potentiometru se afla in ramura de polarizare a intrarii neinversoare. Deci, PD este conectat in configuratie divizor de tensiune. Conexiunea in mod divizor de tensiune a fost aleasa pentru a facilita obtinerea atat a coeficientilor de amplificare subunitari ca si a celor supraunitari si deoarece in aceasta conexiune, zgomotul introdus de PD in bucla de reactie este diminuat in comparatie cu cazul conexiunii reostat. Doi rezistori fiksi sunt introdusi in serie cu fiecare jumătate a PD. Acestia au in special rolul de a stabili prin constructie valorile minima si maxima a amplificarii. Pentru a evita distorsionarea semnalului din cauza fenomenelor externe sau interne (specifice PD) s-a prevazut un condensator nepolarizat in paralel cu bucla de reactie negativa. Acest condensator cauzeaza restrangerea benzii de trecere a blocului functional de baza. Pentru restrangerea suplimentara a benzii de trecere se pot utiliza alti doi condensatori conectati pe cele doua intrari ale amplificatorului operational asa cum este reprezentat in (Fig.1). Acesti condensatori pot sa lipseasca fizic, desi intodeauna, intr-un circuit real, exista capacitati parazite distribuite nenule care reduc banda de trecere a amplificatorului si este preferata estomparea acestui comportament cu ajutorul unor capacitati cu constante concentrate, de valoare cunoscuta. Prin extrapolare, in paralel cu cele doua intrari ale amplificatorului operational si in paralel cu bucla de reactie care contine elementul controlat digital, brevetul se rasfrange la orice tip de retele reactive care pot fi conectate direct sau comutabile cu orice tip de coomutatoare sau introduse gradual in circuit cu ajutorul unor elemente active de circuit actionate manual sau pe cale electronica. De exemplu elementele reactive de circuit pot fi retele capacitive comutate, in cel mai simplu caz, cu relee sau cu comutatoare analogice actionate digital. Intr-o alta instanta se pot implementa retele alcatuite dintr-un element activ de circuit (de exemplu, un tranzistor) conectat in serie cu un condensator a carui tensiune de comanda este folosita pentru a ajusta banda de trecere. Intr-o alta instanta se poate utiliza chiar un PD suplimentar (in conexiune reostat) conectat in serie cu un condensator fix. In acest ultim caz, banda de trecere



a etajului amplificator este ajustata digital prin variatia valorii PD. Semnalul conditionat (preamplificat sau preconditionat de un etaj tampon) este adus la intrarea inversoare a blocului functional de baza. In cazul unui bloc functional de baza, tensiunea de ajustare a offset-ului se aplica la intrarea neinversoare, fiind i. sintetizata digital cu ajutorul unui CDA dedicat, sau ii. obtinuta cu ajutorul unui potentiometru digital in configuratie divizor de tensiune, alimentat fie de la nivelele de tensiune ale amplificatorului operational fie prin intermediul unui regulator de tensiune cu zgomot mic. Nivelul de tensiune de offset este filtrat cu ajutorul unui filtru trece-jos (2) si apoi adus la intrarea unui etaj (3) tampon (repetor de tensiune) inainte de a fi adus la intrarea neinversoare. Blocurile (2 si 3) sunt necesare pentru a asigura performantele circuitului de conditionare. Alternativ, CDA poate fi si o iesire digitala (de exemplu a unui microcontroller) care furnizeaza un semnal modulat (de exemplu in latime, eng. PWM). Desi au fost exemplificate cele mai viabile solutii, inventia se refera la orice configuratie de comutatoare comandate digital si elemente pasive de circuit (rezistori, condensatori si/ sau inductori) care pot fi interconectate permanent sau intermitent in vederea sintezei digitale a nivelului de tensiune de ajustare a ofsetului care este adus la intrarea neinversoare.

Se poate arata ca tensiunea de iesire a unui singur CCB este descrisa de ecuatie:

$$v_{out1} = \frac{v_{offset} Z_{C11}}{R_{11} + Z_{C11}} \left[ 1 + \frac{Z_{FB1}}{Z_{ECH1} + x_1 R_{41}} \right] - \frac{v_{ECH1} Z_{FB1}}{Z_{ECH1} + x_1 R_{41}} = \frac{v_{offset} Z_{C11}}{R_{11} + Z_{C11}} [1 + G_1(\omega)] - v_{ECH1} G_1(\omega) \quad (1)$$

in care:

$G_1(\omega) = Z_{FB1} / (Z_{ECH1} + x_1 R_{41})$  este factorul de amplificare al CCB<sub>1</sub>,

$x_1 = R_{41a} / R_{41}$  este raportul dintre rezistentele celor doua jumatați ale PD.

$v_{ECH1} = v_{in1} [Z_{C21} / (R_{21} + Z_{C21})]$  este tensiunea echivalenta la intrarea inversoare ,

$Z_{ECH1} = R_{21} Z_{C21} / (R_{21} + Z_{C21})$  este impedanta vazuta de intrarea inversoare,

$Z_{FB1} = \{ [(1-x)R_{41} + R_{51}] Z_{C31} \} / [(1-x)R_{41} + R_{51} + Z_{C31}]$  este impedanta echivalenta a ramurii de reactie negativa iar

$Z_{Ci1} = 1 / (j\omega C_{i1})$ ;  $i = 1, 2, 3$  sunt impedantele complexe ale celor trei condensatori

$C_{11}, C_{12}$  si  $C_{13}$  iar  $j = \sqrt{-1}$  este unitatea imaginara.

Asa cum reiese din ec. (1), coeficientul de castig depinde de toate impedantele aflate in bucla de reactie negativa si de cele conectate pe calea de semnal (pana la intrarea inversoare). Deci, pentru reproductibilitate si pentru robustetea circuitului de

conditionare este necesar ca intrarea inversoare sa preia semnalul de la iesirea unui etaj tampon cu impedanta de iesire cat mai mica si cat mai invariabila pentru intreaga banda de frecvente presetata cu ajutorul elementelor reactive de circuit continute de CCB. Desi nu este reprezentat, etajul de intrare poate fi un etaj cu intrari diferentiale si iesire simpla. Simultan, pentru ca un CCB sa prezinte performante ridicate, se impune utilizarea unui circuit tampon de iesire (cu impedanta relativ mare de intrare si constanta pe intreg domeniul de frecventa ales). Astfel, se evita modificarea parametrilor CCB in cazul schimbarii valorii curentului de iesire al acestuia. De exemplu, exista amplificatoare operationale a caror tensiune de iesire se poate rasfrange pana foarte aproape de limitele tensiunii de alimentare (cu o diferenta de ordinul a  $10^{-2}$  V, dar acest fapt este valabil doar pentru curenti de iesire, in general cu ordin de marime maxim de  $10^{-3}$  -  $10^{-2}$  A). In cazul in care semnalul conditionat este adus la intrarea unui ADC, din cauza functiei de transfer de tipul trece – jos specifica CCB si din cauza ca semnalul de iesire trece printr-un circuit tampon,  $V_{OUT}$  se poate aduce direct la intrarea unui CAD (cu frecventa de esantionare suficient de mare in comparatie frecventa de taiere specifica CCB), fara a se introduce un filtru anti-aliasing suplimentar. Acest fapt devine avantajos atunci cand se utilizeaza CAD multicanal integrate in structura unor microcontrollere, cand adaugarea unor etaje anti-aliasing multiple ar fi costisitoare si energofaga. Circuitul tampon de iesire poate fi la randul sau un circuit cu intrare simpla si iesire diferentiale. Se poate arata ca daca se prestabilesc cele doua limite: inferioara si superioara ale coeficientului de amplificare ( $G_{1min}$ , respectiv  $G_{1max}$ ), pentru o valoare data a rezistentei totale a PD, valorile rezistentelor specifice  $R_{21}$  si  $R_{51}$  sunt date de relatiile:

$$R_{21} = \frac{R_{41}(1+G_{1min}) - R_w(2+G_{1max} - G_{1min})}{G_{1max} - G_{1min}} \quad (2)$$

$$R_{51} = \frac{R_{41}G_{1min}(1+G_{1max}) + R_w[G_{1max}(1-G_{1min}) + G_{1min}(1+G_{1max})]}{(G_{1max} - G_{1min})}$$

unde  $R_w$  este rezistenta serie remanenta specifica potentiometrului digital.

Inventia se refera si la o varianta a unui CCB simplificat in sensul ca, la intrarea neinversoare este conectata priza mediana a unui divizor de tensiune ale carui borne sunt conectate direct sau indirect (prin intermediul unor rezistori conectati in serie) la nivelele de tensiune de alimentare ale amplificatorului operational. De asemenea, intrarea neversoare poate fi conectata la un regulator de tensiune (serie sau sunt) sau la iesirea unui etaj tampon sau filtru trece jos a carui intrare este alimentata cu nivel de tensiune de referinta (furnizat de un regulator de tensiune).



Intr-o varianta a CCB, la care se refera prezentul brevet, la intrarea inversoare, a PD, in locul rezistorului fix  $R_{21}$ , se poate conecta priza mediana a unui divizor de tensiune (alcatuit din rezistorii fiksi  $R_{21}$  si  $R_{31}$ ) la extremitatiile caruia sunt inseriate doua comutatoare analogice care comuta atat calea de semnal (semnalul util dupa ce a fost preconditionat de etajul electronic de intrare) cat si un al doilea semnal analogic sintetizat digital (Fig.2). In acest mod, se pot efectua operatiuni de testare si autocalibrare, fie prin separarea semnalului de intrare de semnalul de test sintetizat digital, fie prin suprapunerea celor doua semnale analogice.

Inventia se refera si la constructia unui CCB cu posibilitatea auto-ajustarii prin bucla analogica de control a componentei continue a semnalului de intrare, cu supraajustare digitala a buclei de reactie (Fig.3). Intr-o varianta nerestrictiva de implementare semnalul de interes, preconditionat de etajul tampon sau de preamplificator de intrare este adus la intrarile a doua CCB. Semnalul de iesire al unuia dintre CCB-uri este filtrat cu ajutorul unui filtru trece-jos, necesar pentru extragerea componentei continue a semnalului conditionat. Componenta continua este adusa la intrarea neinversoare a celuilalt CCB prin intermediul prizei mediane a unui divizor de tensiune. La cealalta extremitate a divizorului de tensiune este adus nivelul de tensiune sintetizat digital cu ajutorul unui CDA. Un CAD (9) se poate utiliza cel putin pentru conversia semnalelor specifice circuitului (semnalul de intrare, cel de iesire si semnalele intermediare) in vederea monitorizarii si ajustarii supracontrolului buclei analogice de reactie.

Blocul functional de baza este un etaj inversor. Performantele acestui etaj depind de rezolutia CDA si de rezolutia PD. Este posibil ca in anumite cazuri, performantele unui singur bloc functional de baza sa nu fie satisfacatoare (in special in ceea ce priveste factorul maxim de amplificare care poate fi implementat pentru o banda de trecere dorita). De asemenea, daca nu este posibila utilizarea unor CDA si PD cu rezolutii suficient de ridicate, numarul de trepte ale factorului de amplificare si ale tensiunii de ajustare a ofsset-ului ar putea sa fie insuficient de apropiate. In alte situatii, functia de inversare a semnalului conditionat ar putea fi nepotrivita pentru unele aplicatii (de exemplu, daca se intentioneaza utilizarea semnalului conditionat drept semnal de comanda liniara si defazajul acestuia fata de semnalul adus la intrarea prezinta importanta). Astfel, inventia se refera si la un circuit neinversor alcatuit din doua blocuri functionale de baza cascade (Fig.4). Cu ajutorul componentelor pasive sau active conectate la cele doua intrari sau in bucla de reactie se pot prestabili nivelele de amplificare limita pentru fiecare bloc functional de baza in



parte, astfel incat se poate acoperi cat mai bine domeniul aflat intre valorile minima si maxima ale coeficientul de castig al circuitului rezultat. Prin dimensionarea corespunzatoare a valorilor componentelor ale fiecarui bloc functional de baza, exista posibilitatea ca valorile posibile ale factorilor de amplificare si ale tensiunilor de offset sa se intrepatrunda, astfel obtinandu-se un circuit cu rezolutie crescuta a variatiei factorului de amplificare total si a tensiunii de offset. Aceasta configuratia prezinta un avantaj suplimentar deoarece al doilea CCB poate fi folosit in anumite situatii doar ca si inversor cu amplificare foarte fin ajustabila in jurul unei valori egale cu unitatea. Astfel semnalul cules de la iesirea primui CCB si semnalul de la iesirea celui de-al doilea CCB formeaza impreuna un semnal diferential de iesire. Intr-o alta ipostaza la care se refera inventia, primul CCB poate fi alimentat bipolar cu nivele relativ inalte de tensiune (de exemplu, +/-12V) si deci, semnalul de intrare care poate fi conditionat se situeaza teoretic oriunde in acest domeniu, iar al doilea CCB poate fi alimentat cu o tensiune unipolara (de exemplu, +5V), acest etaj fiind utilizat pentru ajustarea foarte fina a semnalului furnizat de primul CCB si incadrarea iesirii in orice interval cuprins in domeniul de alimentare (de exemplu 0 - 3,3V). In acest mod, se poate utiliza un circuit de conditionare alcatuit din doua etaje cascade in vederea adaptarii benzii dinamice specifice unui etaj de iesire cu banda dinamica specifica circuitului care furnizeaza semnalul de intrare.

In alta aplicatie, la care se refera inventia, intre cele doua blocuri functionale de baza cascade se poate inerconecta (Fig.5): i. fie un element reactiv de decuplare (de exemplu, un condensator pentru eliminarea componentelor de frecventa foarte joasa sau un transformator, care ar asigura izolarea galvanica intre cele doua blocuri), ii. fie un bloc electronic functional (bloc de modificare a componentei spectrului semnalului conditionat, circuit liniar de separare galvanica, amplificator cu amplificare sub/ supraunitara controlata digital sau nu). Blocul de modificare a componentei spectrului semnalului conditionat poate asigura o functie de transfer de tipul trece – jos, trece – sus, trece – banda, opreste banda sau poate fi un circuit de esantionare/ modulare. Astfel, in acest caz, primul CCB ar furniza semnalul optim pentru etajul intermediar iar al doilea CCB ar furniza semnalul optim pentru circuitul (care utilizeaza semnalul final conditionat) conectat la iesirea celui din urma CCB. In acest fel se poate minimiza influenta potential nefasta (manifestata prin compresia gamei dinamice) de catre etajul intermediar. De exemplu, se poate evita distorsionarea semnalului din cauza nivelului prea mare de intrare al semnalului introdus in primarul unui transformator experimental sau cu marja mare de eroare din

fabricatie. Un alt exemplu se refera la filtrele cu esantionare, care in general prezinta un raport semnal/ zgomot relativ mare si rareori prezinta iesiri extensibile pana la nivelul sursei de alimentare. Deci, pentru aceste filtre se poate defini un domeniu optim de semnal care ar putea sa fie inferior gamei dinamice de intrare specifice etajului care preia semnalul conditionat.

Inventia se refera de asemenea la un circuit de conditionare a semnalului de intrare, alcatuit dintr-un bloc functional de baza (sau subcircuit alcatuit din doua CCB-uri cascadate) care detine intrari comune cu un alt CCB (sau subcircuit alcatuit din doua CCB-uri cascadate) (Fig.6). In acest caz, se obtine un circuit de conditionare cu doua ramuri de iesire: i. o ramura este destinata pentru monitorizarea (ajustabila) a semnalului de intrare iar ii. cealalta ramura este destinata conditionarii optime (cu gama dinamica maxim posibila) a aceluasi semnal. In acest caz, se pot ajusta dinamic parametrii celor doua ramuri, pentru ca semnalul de iesire furnizat de ramura de monitorizare sa nu sufere niciodata fenomene de saturatie iar semnalul furnizat de ramura de conditionare optima sa acopere cat mai bine gama dinamica de intrare specifica blocului care preia acest semnal.

Daca se inregistreaza intodeauna ambele semnale (de exemplu, se pot utiliza doua CAD care functioneaza simultan) si un element de control, denumit in cele ce urmeaza unitate de procesare digitala (UPD), depisteaza saturarea iesirii de conditionare optima, acesta poate inlocui instantaneu (mai rapid decat frecventa de esantionare a CAD) codul digital caracteristic semnalului saturat de la ramura de conditionare optima cu codul digital caracteristic semnalului nesaturat de la ramura de monitorizare. Eventual UPD poate indica aceasta inlocuire prin ridicarea nivelului unui semnal digital de iesire sau prin comunicarea pe cale digitala seriala a codului corespunzator acestei operatii. Astfel, se se poate evita pierderea de informatie in timpul unui eveniment tranzitoriu, iar UPD (sau un nod de control la care este conectat acesta) poate analiza caracteristicile evenimentului care a determinat saturarea ramurii de conditionare optima, si in anumite cazuri poate informa un operator uman sau poate reface limitele semnalului util in cazul ramurii de conditionare optima sau, in alt caz poate reface parametrii ramurii de monitorizare pentru ca macar un CCB din aceasta ramura sa nu sufere saturatia iesirii, pentru caracteristicile evenimentelor tranzitorii inregistrate pana la un moment dat. De exemplu, in cazul monitorizarii energiei electrice pe o ramura de circuit, exista posibilitatea ca la un moment dat sa se conecteze simultan mai multi consumatori; astfel, pot aparea atat supratensiuni si/ sau supracurenti tranzitorii dar simultan.





nivelul de curent consumat poate creste considerabil (iar in general tensiunea retelei sufera o mica scadere). Asemenea circuite cu doua ramuri pot fi folosite pentru a mitiga cu ambele tipuri de efecte aparute pe o cale de monitorizare (curent sau tensiune) sau in tandem pe ambele cai: UPD poate determina variatia parametrilor ramurii de monitorizare (in vederea evitarii neasaturarii) si/ sau poate rescala ramura de conditionare optima, in vederea inregistrarii doar a fluctuatiilor fine ale nivelului maxim de curent. Niciuna din aceste operatii nu implica schimbari la nivelul segmentului de detectie (de exemplu modificarea rezistentei de sunt, utilizate pentru masurarea curentului sau modificarea raportului unui divizor de tensiune necesar pentru masurarea tensiunii, modificarea prizei unui transformator coborator de tensiune, etc.), fapt dificil de realizat cand sunt implicate nivele mari de tensiune (220Vac sau 380Vac, cand se impune utilizarea izolatiei la intrare sau dupa primele etaje).

Inventia se refera si la interconectare unor circuite de conditionare alcatuite din unul sau mai multe blocuri functionale de baza si un CAD (Fig.7) cu mai multe intrari (multiplexate, prevazut cu blocuri de esantionare separate pe fiecare intrare sau prevazut cu blocuri de esantionare si conversie separate; altfel spus, mai multe blocuri de conversie in aceeasi capsula). O unitate centrala de procesare digitala (10) preia codul numeric de la un CAD (8) prin intermediul unui bus de comunicatie digitala (9). Convertorul analog/ digital multicanal preia semnalul de intrare si semnalele de iesire de la fiecare BCB si efectueaza conversia acestor semnale in coduri digitale. Unitatea de procesare digitala poate fi un circuit realizat cu un element integrat de procesare (sistem incorporat), un circuit realizat cu un circuit logic programabil (FPGA, PGA, CPLD, etc.), un sistem complex sau un computer personal care prezinta o interfata de comunicare cu circuitele mixte (CAD, CDA, PD, comutatoare analogice) care sunt continute in circuitul de conditionare controlat digital. In anumite circumstante, atunci cand frecventa de esantionare pentru fiecare canal este cu mai putin decat un ordin de marime mai mare decat frecventa maxima a spectrului semnalului de intrare, CAD poate fi inlocuit cu o multitudine de convertoare analog/ digitale distincte. De asemenea, daca se tinteste efectuarea achizitiei de inalta precizie, se poate utiliza un CAD multicanal, cu rezolutie relativ joasa (de exemplu, un convertor cu rezolutia de 10biti, itegrat intr-un microcontroller sau un procesor de date, eng: digital signal processor) pentru monitorizarea semnalelor intermediare iar pentru semnalul de iesire din circuitul de conditionare se poate utiliza un CAD dedicat (de inalta rezolutie, inalta acuratete si zgomot intrinsec



relativ mic). Bus-ul de date (9) poate fi la randul sau, in functie de circumstante, daca sunt implicate viteze de transmisie foarte mari, inlocuit cu unul sau mai multe cai de comunicare seriale sau paralele (daca sunt implicate viteze de transmisie foarte mari).

Dat fiind faptul ca pot fi dezvoltate o multitudine de asemenea configuratii multiramura (notata cu  $i = \overline{1, n}$ ; de exemplu, fiecare ramura poate sa contina unul sau mai multe CCB-uri avand interconectate blocuri intermediare), inventia se refera la orice combinatie de CCB-uri (toate ramurile avand intrari comune si deci, conditionand acelasi semnal dupa ce acesta a fost preconditionat) si blocuri intermediare, care conditioneaza in mod diferit, sau izoleaza galvanic acelasi semnal de intrare in vederea utilizarii semnalelor de iesire ( $V_{OUT1}, \dots, V_{OUTi}, \dots, V_{OUTn}$ ) si/ sau a codurilor digitale corespunzatoare acestora (Fig. 8). De exemplu, izolarea galvanica multipla se poate efectua pe aceeasi ramura, in conditiile in care este necesara sporirea sigurantei la evenimente care ar putea afecta circuitul de conversie sau UPD care proceseaza ulterior codul digital, sau se pot implementa mai multe ramuri izolate galvanic, fiecare ramura fiind aservita unei UPD separat, atunci cand UPD trebuie sa fie izolate una de alta si de sursa de semnal. Blocurile intermediare de conditionare spectrala pot sa izoleze segmente diferite ale spectrului semnalului de intrare, fiecare segment continand informatii deiferite. De exemplu, in cazul monitorizarii marimilor caracteristice retelelor de furnizare a retelei electrice: i. o ramura care contine un filtru trece- banda ar putea selecta frecventa de retelei de transmisie (de exemplu: 50Hz), ii. o ramura care contine un filtru trece- sus (eventual si unul sau doua filtre opreste banda acordate pe frecventa de 50Hz si pe prima armonica a acesteia) ar putea fi utilizata pentru izolarea consecintelor fenomenelor tranzitorii sau distorsiunilor introduse de sursele in comutatie si iii. o ramura care contine un filtru trece- sus (eventual si unul sau doua filtre opreste banda acordate pe frecventa de 50Hz si pe prima armonica a acesteia) ar putea fi utilizata pentru izolarea consecintelor fenomenelor cauzate de conectarea consumatorilor sau cauzate de fenomene naturale (fenomene atmosferice si/ sau chiar solare). Un asemenea sistem ar putea fi utilizat pentru monitorizarea si protectia unui segment de distributie a energiei electrice iar circuitul de conditionare complex ar imbunatati considerabil raportul semnal/ zgomot al semnalelor de iesire (in acest caz, banda de frecvente centrata in jurul a 50Hz este caracterizata printr-o amplitudine considerabila care face greu detectabile componentele de frecventa inalta si sau de

frecventa joasa atunci cand se prelucreaza intregul spectru caracteristic al semnalului de intrare).

Deoarece se poate gasi un model analitic care sa descrie functionarea unui CCB si deoarece fiecare CCB este caracterizat prin doi parametri ajustabili digital, inventia se refera si la o metoda de gasire a celor mai buni parametri specifici unui CCB (Fig.9). Metoda de gasire se poate aplica atat in cazul in care este disponibil pentru UPD numai codul caracteristic semnalului de iesire al CCB cat si in cazul in care UPD poate accesa atat codul caracteristic semnalului de intrare cat si cel caracteristic semnalului de iesire al CCB. Astfel, *in cazul in care este disponibil pentru UPD numai codul caracteristic semnalului de iesire al CCB* daca se preconfigureaza o valoare subunitara a coeficientului de castig si o valoare mediana a tensiunii de ajustare a offset-ului (valoarea mediana a tensiunii de alimentare) atunci, teoretic orice semnal de intrare cuprins intre limitele nivelelor de tensiune de alimentare se poate aduce la iesire nealterat. Odata adus la iesire semnalul de la intrare, un UPD poate stabili parametrii caracteristici ai acestuia: amplitudine si tensiune de offset. In consecinta, pe baza modelului matematic, UPD poate stabili valorile optime ale parametrilor caracteristici CCB, pentru care semnalul de iesire este centrat in jurul valorii mediane a benzii dinamice tintite la iesire, incadrat intre doua nivele (minim si maxim) intermediare sau specifice celei mai bune incadrari in banda dinamica de iesire. Se poate prestabili un numar de limite intermediare (notat cu  $l = \overline{1, K}$  in Fig. 9). Astfel, daca se utilizeaza limite intermediare de incadrare, in urma fiecarei incadrari se pot recalcula amplitudinea si offset-ul semnalului conditionat, astfel incat in nicio etapa sa nu se piarda informatie prin saturarea totala sau partiala a intrarii blocului care receptioneaza semnalul conditionat. Ultima etapa de incadrare corespunde ajustarii optime a limitelor de incadrare, cat mai apropiate de limitele benzii dinamice necesare la iesire, centrate in jurul valorii mediane a acestuia, tinand cont de o serie de comportamente neideale ale CCB (de exemplu: tensiuniile limita ale CCB pentru care comportamentul este inca liniar) si/ sau ale semnalului de intrare (de exemplu: zgomot caracteristic, evenimente impulsive inregistrate anterior, etc.). In schema bloc a algoritmului secvential de stabilire a valorilor parametrilor unui CCB, sunt ilustrate cateva operatii necesare: verificarea incadrarii semnalului de iesire in domeniul liniar, calculul parametrilor pentru reincadrare (de exemplu se pot calcula parametrii corespunzatori la 50% din valoarea ultimei amplitudini incadrate cunoscute, se poate utiliza o baza de date care contine statisticile evenimentelor de incadrare recente, etc.), ridicarea unui semnal



de eroare catre un nod de comanda al UPD, achizitia a  $n$  esantioane succesive (necesara pentru determinarea amplitudinii si componentei continue a semnalului de iesire). Daca UPD poate accesa atat codul caracteristic semnalului de intrare cat si cel caracteristic semnalului de iesire al CCB, din semnalul de intrare, UPD poate obtine periodic estimativ valorile amplitudinii si offset-ului semnalului de intrare si deci, utilizand baza modelului matematic, poate configura in trepte sau chiar direct valorile parametrilor CCB-ului pe baza valorilor estimative determinate. In acest caz, reincadrarea semnalului de iesire se poate realiza pe baza semnalului de intrare reachizitionat.

In principiu, este optim ca timpul de raspuns al CCB-ului si perioada minima din spectrul semnalului de intrare sa fie inferioare timpului de efectuare al algoritmului. Acest fapt este realizabil cu tehnologiile disponibile comercial si algoritmul de autoconfigurare se poate utiliza pana la benzi de trecere cu frecvente maxime de ordinul  $10^4$  Hz. Totusi, algoritmul este prevazut cu secvente de verificare a incadrarii in gama dinamica deoarece un asemenea algoritm functioneaza optim doar daca semnalul utilizat pentru configurarea parametrilor este incadrat in gama dinamica a CDA. In Fig. 9 au fost marcate secventele cele mai indelungate, care presupun comunicarea cu circuitele mixte ale circuitului de conditionare. Algoritmul de autoconfigurare poate functiona pe un miez de calcul paralel sau combinat cu o secventa de achizitie continua, deci secventele caracteristice achizitiei semnalului se pot inlocui cu comunicarea digitala a codurilor achizitionate (citirea unor registrii interni).

Calculul parametrilor unui CCB pe baza modelului matematic se rezuma la:

1. *Identificarea incadrarii semnalului de iesire in domeniul liniar, corespunzator intervalului cuprins intre limitele minime si maxime ale domeniului de comportare liniara, de exemplu,  $0.98 \cdot (U_{alim+} - U_{alim-})$  centrat in jurul  $u_{med}$  (valoarea medie specifica gamei dinamice necesare la iesire) unde  $U_{alim+}$  si  $U_{alim-}$  sunt valorile tensiunilor de alimentare ale CCB.*
2. *Evaluarea amplitudinii ( $A_{in}$ ) si offset-ului semnalului de intrare ( $u_{bias}$ ) prin calcularea valorii medii si amplitudinii (pentru un numar dat de esantioane) semnalului de intrare.*
3. *Calcularea valorii coeficientului de castig ( $G_{corectat}$ ), cu ajutorul relatiei:*

$$G_{corectat} = |A_c| / |A_{in}|$$



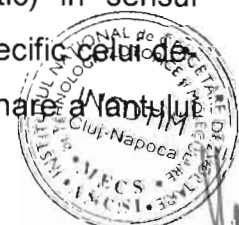
unde:  $A_c$  este valoarea necesara a amplitudinii semnalului de iesire; de exemplu, pentru o etapa intermediara:  $0.75 * (U_{alim+} - U_{alim-})$  iar  $A_{in}$  este valoarea amplitudinii semnalului de intrare.

4. *Calcularea valorii tensiunii de corectie a offset-ului* ( $v_{offset}$ ) cu ajutorul relatiei:

$$v_{offset} = (u_{med} + G_{corectat} * u_{bias}) / (1 + G_{corectat})$$

unde  $u_{bias}$  este valoarea estimativa a nivelului de offset a tensiunii de intrare.

Inventia se refera de asemenea la un algoritm de continua cautare a valorilor celor mai buni parametrii specifici unui singur CCB prin perturbarea parametrilor blocului functional de baza si evaluarea efectelor perturbatiei asupra semnalului de iesire. Daca perturbarea parametrilor specifici unui CCB este efectuata prin suprapunerea intre anumite intervale de timp, peste valorile optime stabilite statistic a unui zgomot alb normal in jurul acestor valori [T. E. Duncan, Some results for the adaptive boundary control of stochastic linear distributed parameter systems in K. J. Astrom, G. C. Goodwin, P. R. Kumar (Eds), Adaptive control, filtering and signal processing, Springer 1995, pp. 43-64, I. Grondman, M. Vaandrager, L. Busoniu, R. Babuska, E. Schuitema, Efficient model learning methods for actor – critic control, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. Part B (2011), 42(3): 591:602], atunci valorile cele mai bune ale parametrilor caracteristici CCB-ului pot fi extrase din statistica efectelor acestor perturbatii. Aceasta metoda este o metoda de semi-esantionare a valorilor parametrilor CCB (se vizeaza un domeniu suficient de ingust in jurul valorilor optime ale parametrilor, astfel incat influenta perturbatiilor asupra semnalului de iesire sa fie minima iar fluctuatia acestuia sa fie acceptabila) si este utila atunci cand modelul matematic nu descrie riguros comportamentul unui CCB (din cauze interne, cum ar fi modificarea unor parametrii ai elementelor de circuit sau externe, cum ar fi influenta unor factori externi ca temperatura, influente electromagnetice). In acest fel, prin fluctuatia parametrilor unui CCB se pot stabili cele mai bune valori ale parametrilor prin evaluarea incadrarii si sau depasirii unor praguri (maxime si minime) alese astfel incat sa nu se satureze semnalul de iesire ale semnalului conditionat. Daca circuitul de conditionare este alcatuit din doua CCB cascade, atunci daca se perturba parametrii primului CCB, se pot evalua efectele perturbatiilor asupra ambelor CCB iar, simultan, parametrii celui de-al doilea CCB pot fi ajustati (pe baza comportamentului prezis de modelul matematic) in sensul minimizarii influentei fluctuatiilor induse asupra semnalului de iesire specific celui de-al doilea CCB. Pentru perioade suficient de lungi de continua functionare a



de conditionare, cu ajutorul acestei metode se pot aduce corectii modelului matematic asociat unui CCB (chiar daca efectul nerespectarii acestuia este datorat unei cauze externe), in sensul imbunatatirii predictibilitatii raspunsului unui CCB la variatia parametrilor caracteristici.

Toate aceste metode sunt aplicabile (implementabile intr-un UPD) pentru orice circuit de conditionare prevazut cu posibilitatea ajustarii digitale a celor doi parametrii (factorul de amplificare si tensiunea de ajustare a nivelului de offset), conform cu descrierea generala din lucrarea lui Catuda [S. Y. C. Catunda, J.-F. Naviner, G. S. Deep, R.C.S. Freire, Designing a programmable analog signal conditioning circuit without loss of measurement range, IEEE Transactions on instrumentation and measurement, vol. 52 no. 5, (2003) 1482-1487]. Pentru implementarea acestor metode de gasire a valorilor optime ale parametrilor de functionare ai unui CCB, este necesara cel putin o posibilitate de masura a tensiunii de iesire, desi masurarea tensiunii de intrare (preconditionate) si a tensiunilor de iesire intermediare (in cazul ramurilor alcatuite din CCB-uri cascade) poate fi utila pentru sporirea rapiditatii si acuratetii gasirii valorilor optime si in mod complementar, pentru sporirea performantelor in ceea ce priveste evitarea alterarii informatiei continute in codul digital, cauzata de distorsionarea semnalului analogic prin atingerea nivelului maxim al tensiunii de alimentare (vezi Fig. 9b, unde in caz de neincadrare se reesantioneaza semnalul de intrare al CCB). De exemplu in cazul unui circuit de conditionare alcatuit din doua CCB-uri cascade care furnizeaza semnalele de iesire unui CAD multicanal, se pot configura limitele de incadrare specifice primului CCB, in jurul valorii mediane a gamei dinamice necesare la iesire cu 70% din amplitudinea specifica acesteia iar limitele celui de- al doilea CCB, in jurul valorii mediane, cu 99% din amplitudinea specifica gamei dinamice necesare la iesire. Este posibil ca iesirea celui de-al doilea CCB sa determine accidental saturarea unei intrari a unui CAD. In acest caz, UPD ar dispune si de codul digital (fara evenimente de saturatie) corespunzator primului CCB (a carui valoare asociata este superioara valorii corespunzatoare celui mai semnificativ bit al ADC).

Circuitul de conditionare analogica poate fi prevazut cu cel putin o cale digitala de control (de exemplu: o cale seriala pe fir sau fara fir), de comunicare cu modulul/sistemul in care este integrat circuitul de conditionare sau poate fi prevazut cu un bloc digital de auto-ajustare a parametrilor specifici conditionarii (acesta poate fi doar un bloc functional implementat in suportul hardware al UCD). Astfel, circuitul de



conditionare a semnalului analogic, la care se refera inventia poate fi integrat intr-un sistem inteligent de achizitie si prelucrare a semnalelor provenite de la senzori.

Circuitele de conditionare a semnalului, la care se refera inventia se preteaza in special pentru separarea si amplificarea unei componente utile din semnalul de intrare (Fig.12) de componenta continua (care poate fi cauzata de contributia directa a unei marimi masurate sau de prezenta unei retele de polarizare existenta la intrare).

## Bibliografie

1. F. Benhamouda, R. Kiri, J.- M. Linotte, Automatic gain control circuit, US. Patent, US8228121 B2 (2012), 8p.
2. T. E. Kaib, S. S. Volpe, J. D. Macho, Method of detecting signal clipping in a wearable ambulatory medical device, US9 204 813 (2015), 13p.
3. M. Grassi, P. Malcovati, A. Baschirotto, A 160 dB Equivalent Dynamic Range Auto-Scaling Interface for Resistive Gas Sensors Arrays, IEEE journal of solid-state circuits (2007) vol. 42,no.3, 518- 528.
4. F. Rastrello, P. Placidi, A. Scorzoni, E. Cozzani, M. Messina, I. Elmi, S. Zampolli, G.C. Cardinali, Thermal Conductivity Detector for Gas Chromatography: Very Wide Gain Range Acquisition System and Experimental Measurements, IEEE Transactions on instrumentation and measurement (2013) vol. 62, no. 5, 974-981.
5. S. Y. C. Catunda, J.-F. Naviner, G. S. Deep, R.C.S. Freire, Designing a programmable analog signal conditioning circuit without loss of measurement range, IEEE Transactions on instrumentation and measurement, vol. 52 no. 5, (2003) 1482-1487.
6. T. E. Duncan, Some results for the adaptive boundary control of stochastic linear distributed parameter systems in K. J. Astrom, G. C. Goodwin, P. R. Kumar (Eds), Adaptive control, filtering and signal processing, Springer 1995, pp. 43-64.
7. I. Grondman, M. Vaandrager, L. Busoniu, R. Babuska and E. Schuitema, Efficient model learning methods for actor – critic control, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. Part B (2011), 42(3): 591:602.



## Revendicari

1. Circuit de conditionare analogica de baza (CCB), **caracterizat prin aceea ca** este alcatuit dintr-un amplificator operational care prezinta
  - i. la intrarea inversoare, una din cele doua sectiuni ale unui potentiometru digital (posibil conectata in serie cu un rezistor fix, prin care se introduce semnal in circuit, a carui extremitate dinspre intrarea in amplificatorul operational poate fi conectata la masa cu o impedanta predominant capacitiva) instalat in conexiune divizor de tensiune, cu priza mediana conectata la intrarea inversoare iar,
  - ii. in bucla de reactie cealalta sectiune a potentiometrului digital, posibil inseriata cu un rezistor fix, acesta din urma avand una din extremitati conectata la iesirea amplificatorului operational, in bucla de reactie fiind posibil introduse unul sau mai multe elemente reactive sau combinatii de relee, comutatoare analogice, elemente liniare respectiv potentiometre digitale inseriate cu un element reactiv de circuit in paralel cu bucla de reactie iar,
  - iii. la intrarea neinversoare, prezinta un circuit care furnizeaza un fie **a.** un nivel de tensiune variabil, comandat digital, generat cu ajutorul unui circuit de conversie digital- analogica, posibil interconectat prin intermediul unui rezistor fix (a carui extremitate dinspre intrarea in amplificatorul operational poate fi conectata la masa cu o impedanta predominant capacitiva), fie **b.** un nivel de tensiune constant.
2. Circuit de conditionare analogica de baza (CCB), conform cu descrierea de la revendicarea 1, **caracterizat prin aceea ca** este prevazut cu posibilitatea injectarii unor semnale de test sintetizate digital, suprapuse peste semnalul util sau separat de semnalul util de la intrare, fara ca sursa de semnal de intrare sa fie influentata in vreun fel de injectarea acestor semnale.
3. Circuit de conditionare analogica, **caracterizat prin aceea ca** prezinta doua circuite de conditionare de baza (CCB), i. fie cascadate direct (prin cuplaj rezistiv), ii. fie separate printr-un circuit sau element de separare galvanica sau avand interconectat unul sau mai multe blocuri electronice functionale, de control a benzii de trecere (si/ sau a componentelor spectrale ale semnalului conditionat), izolatoare galvanice sau etaje amplificatoare cu amplificare fixa sau ajustabila, subunitara si/ sau supraunitara.





4. Blocul functional de conditionare analogica de baza, conform cu descrierea de la revendicarile 1 si 2, **caracterizat prin aceea ca** este prevazut cu o bucla de reactie mixta, destinata autoreglarii analogice a tensiunii de offset, care permite supra-ajustare digitala.
5. Sistem de achizitie a unui semnal analogic de intrare, conditionat cu ajutorului unui circuit de conditionare analogica, **caracterizat prin aceea ca** este alcatuit din cel putin doua blocuri functionale de baza (CCB) si unul sau mai multe convertoare analog/ digitale (simple sau multicanal), prevazut cu posibilitatea achizitiei a cel putin a unui semnal analogic intermediar si a semnalului de iesire, conditionat optim astfel incat sa asigure acoperirea gamei dinamice maxime necesare la iesire.
6. Orice configuratie de blocuri functionale de baza, **caracterizata prin aceea ca** semnalul de intrare preconditionat, fie cu ajutorul unui bloc tampon fie cu ajutorul unui preamplificator este utilizat apoi drept semnal comun pentru mai multe lanturi de conditionare analogica care contin cel putin un circuit de conditionare de baza (CCB), dar pot contine si alte circuite sau blocuri de conditionare destinate izolarii galvanice, amplificarii sau modificarii componentelor spectrale ale semnalului conditionat.
7. Metoda de gasire a celor mai bune valori ale coeficientului de castig si a tensiunii de ajustare a componentei continue, specifice unui circuit de conditionare de baza (CCB) atunci cand UPD poate accesa atat codul digital al semnalului de intrare cat si codul digital al semnalului de iesire **caracterizata prin aceea ca** pe baza datelor statistice ale semnalului de intrare, cu ajutorul modelului matematic specific CCB, sunt calculati parametrii optimi ai circuitului de conditionare de baza astfel incat semnalul de iesire sa acopere fie un procent tinta al gamei dinamice necesare la iesire, fie sa fie incadrat optim in domeniul gamei dinamice de iesire.
8. Metoda de gasire a celor mai bune valori ale coeficientului de castig si a tensiunii de ajustare a componentei continue, specific unui bloc functional de baza (CCB) atunci cand UPD poate accesa doar codul digital al semnalului de iesire **caracterizata prin aceea ca** prin prestabilirea factorilor de castig subunitari se poate incadra in domeniul liniar de iesire orice semnal analogic cu caracteristicile cuprinse teoretic intre limitele tensiunilor de alimentare ale CCB si astfel se pot evalua parametrii semnalului de intrare iar, cu ajutorul modelului matematic specific CCB, pot fi calculati parametrii optimi ai blocului



functional de baza astfel incat semnalul de iesire sa acopere fie un procent tinta al gamei dinamice necesare la iesire, fie sa fie incadrat optim in domeniul gamei dinamice de iesire.

9. Metoda de cautare continua a celor mai bune valori ale coeficientului de castig si tensiunii de offset, pentru unul sau doua blocuri functionale de baza (CCB), **caracterizata prin aceea ca etajul digital de comanda si control (UPD) executa o rutina de fluctuare intermitenta a parametrilor ajustabili (prin suprapunerea dupa anumite perioade de timp a unui zgomot alb, distribuit normal in jurul valorilor cele mai bune ale parametrilor ajustabili digital ai CCB-ului), in vederea evaluarii efectelor acestor perturbatii asupra semnalelor de iesire ale circuitului, astfel incat in cazul a doua circuite de conditionare cascade, modificarea parametrilor celui de-al doilea CCB sa fie efectuata in sensul minimizarii fluctuatiilor induse, asupra semnalului de iesire din circuitul de conditionare.**



Desene explicative

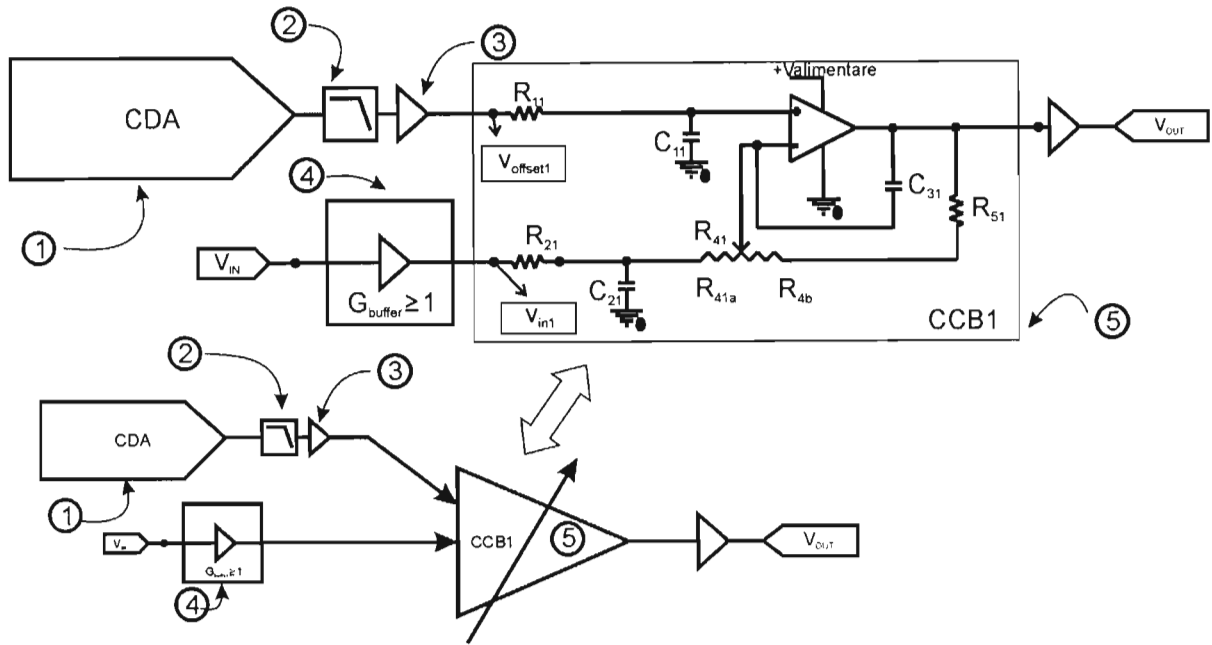


Figura 1.

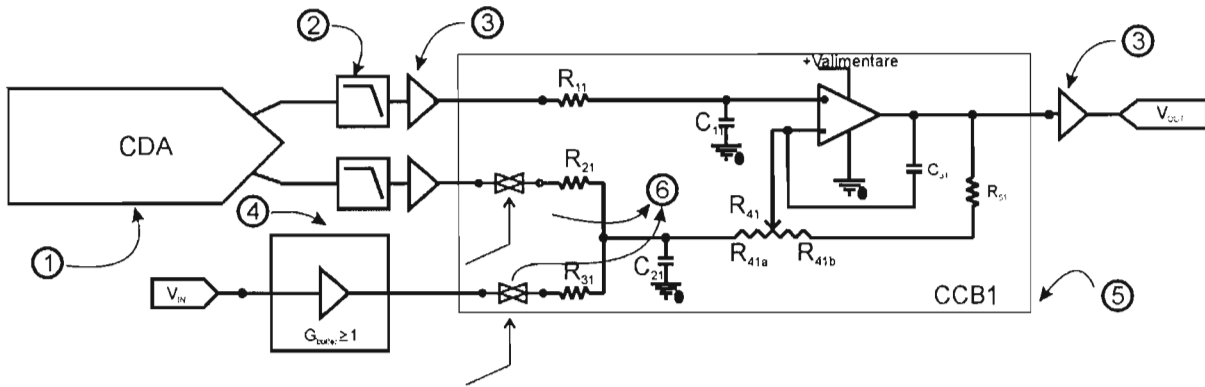


Figura 2.



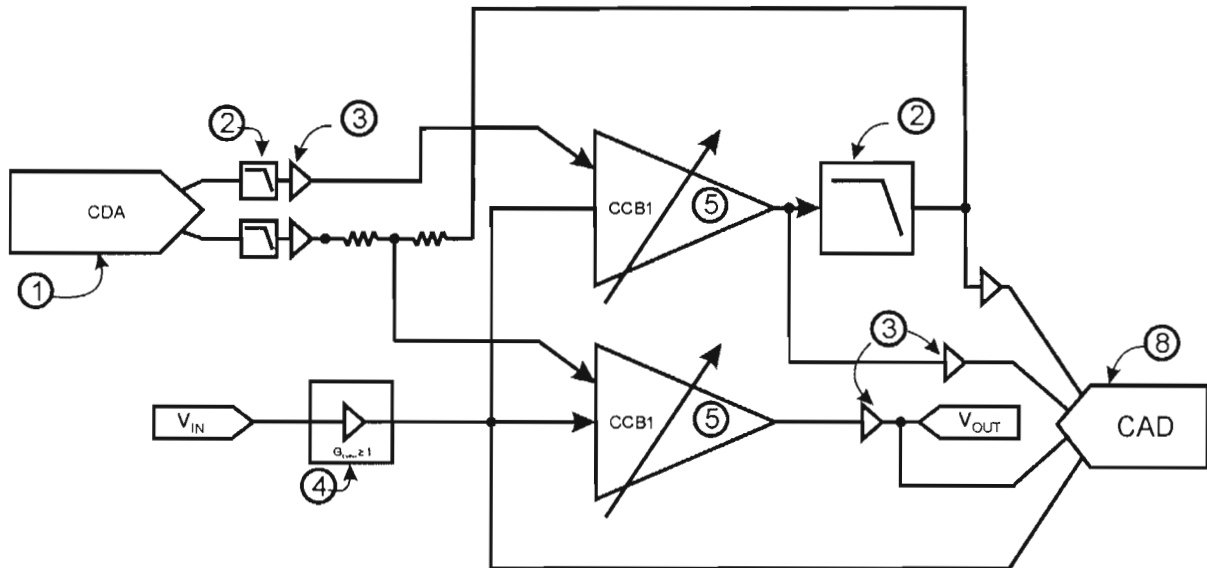


Figura 3.

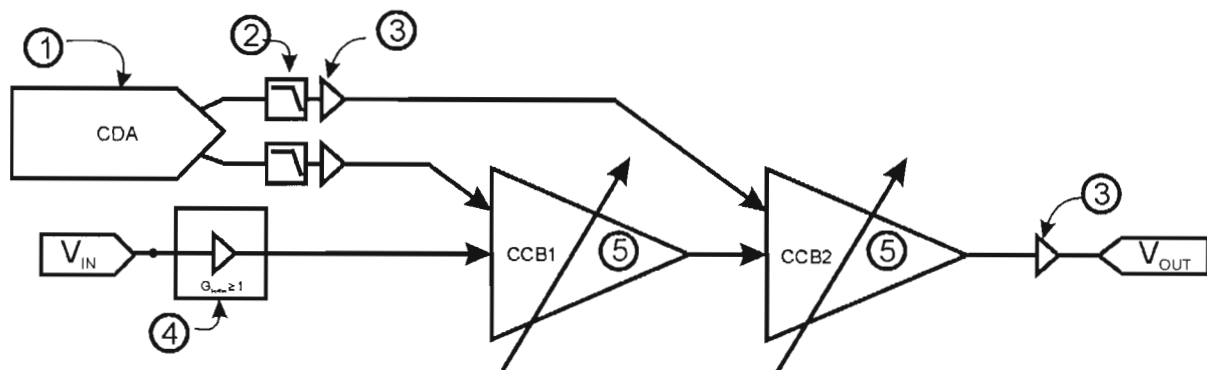


Figura 4.



fy

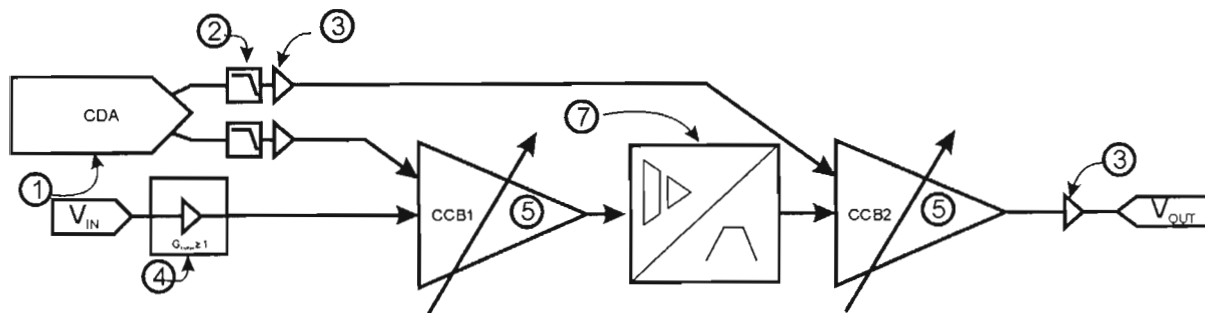


Figura 5.

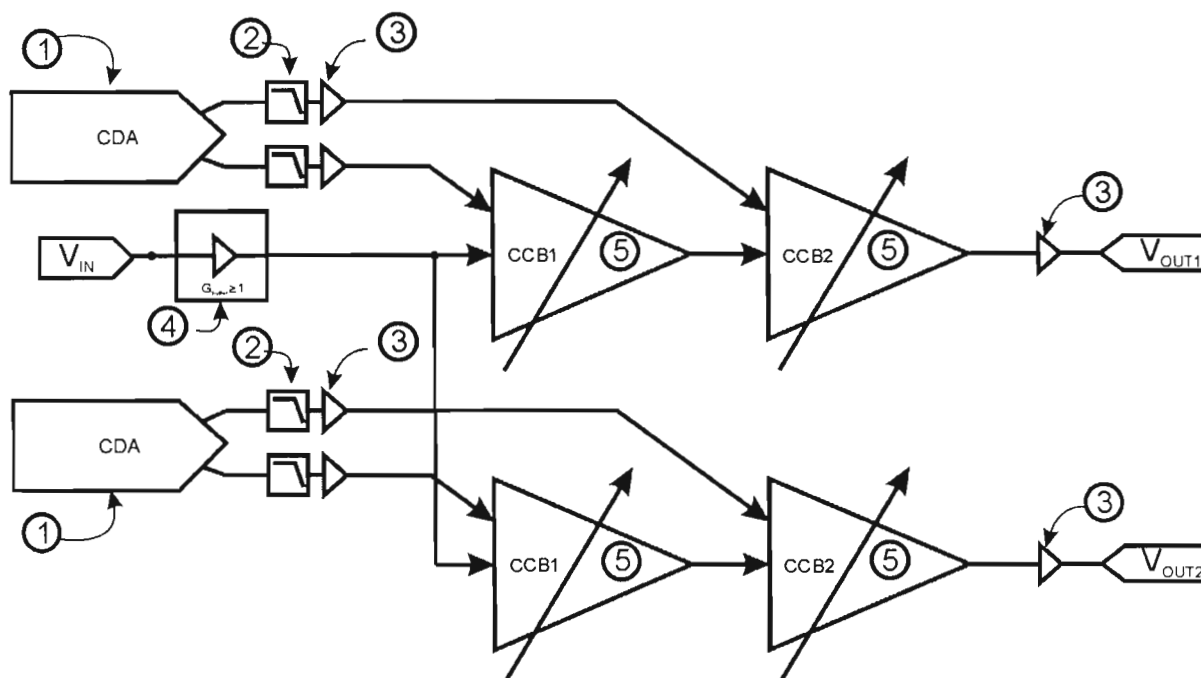


Figura 6.



Handwritten signature

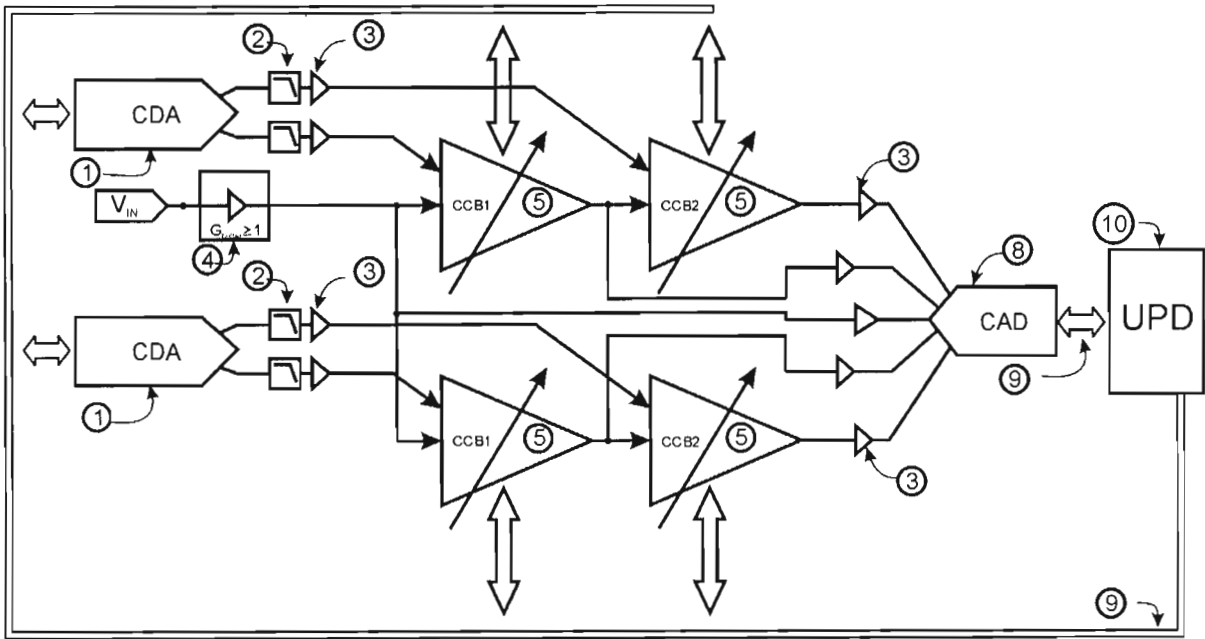


Figura 7.

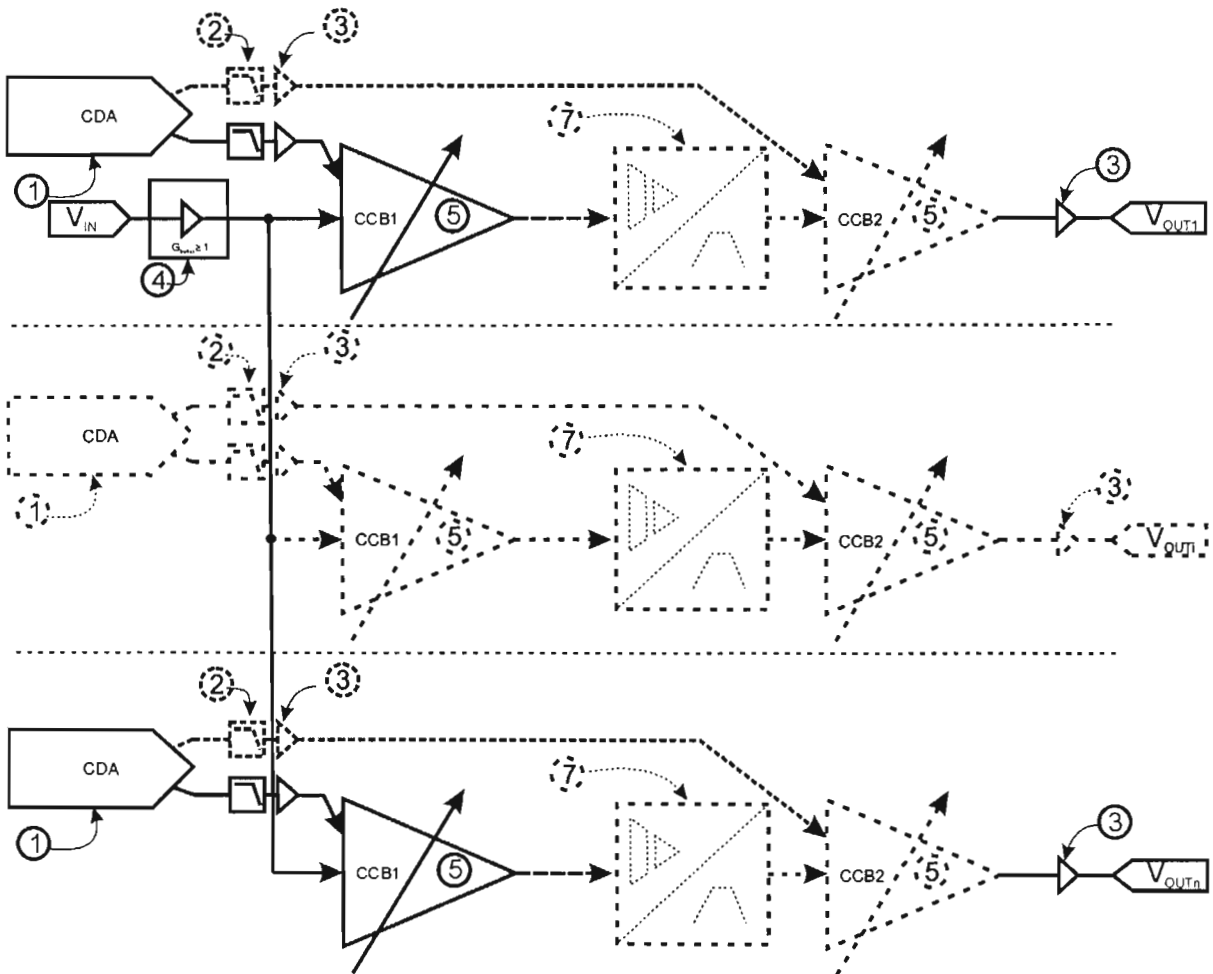


Figura 8. – GP block diagram



*[Handwritten signature]*

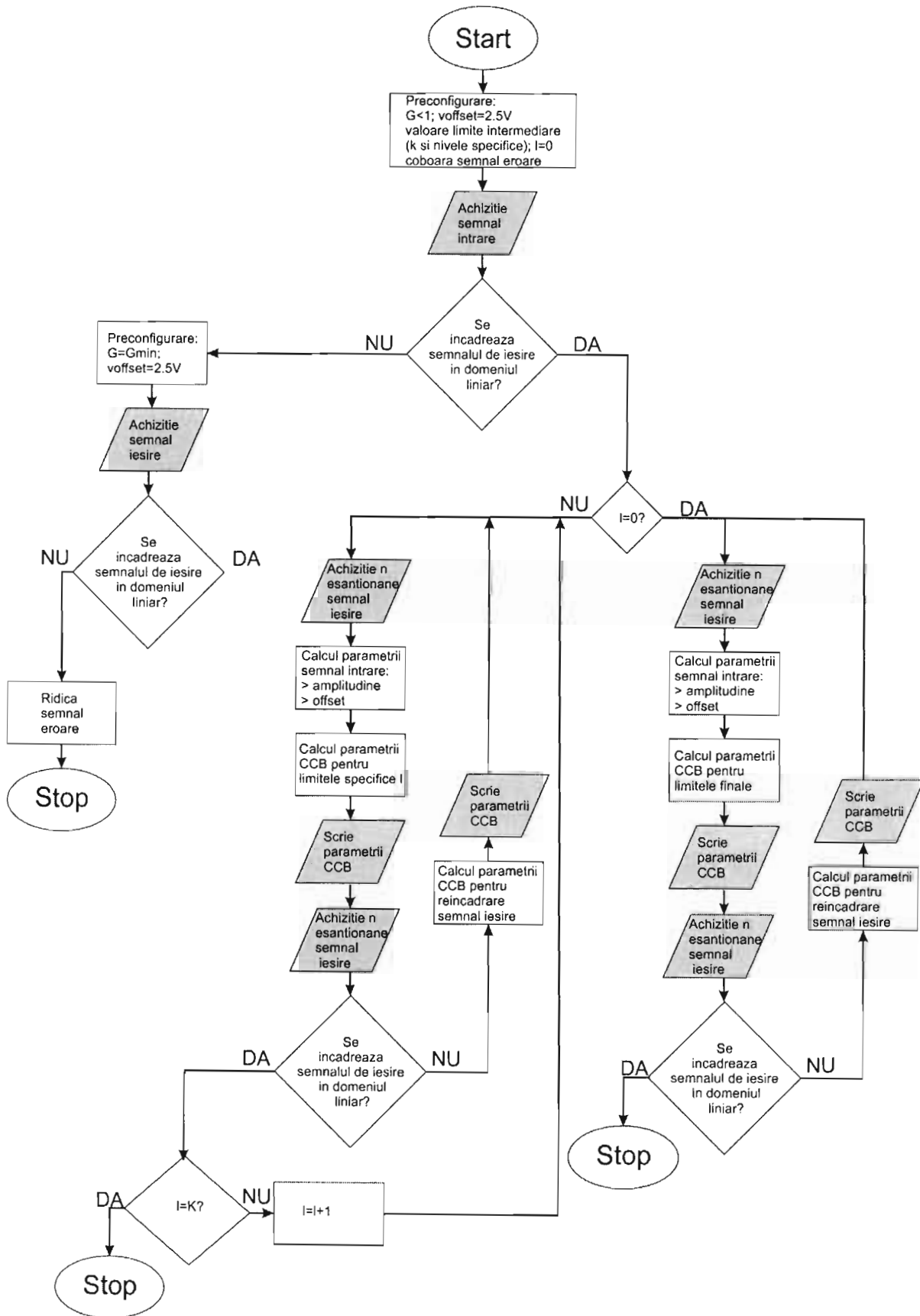


Figura 9a.



41

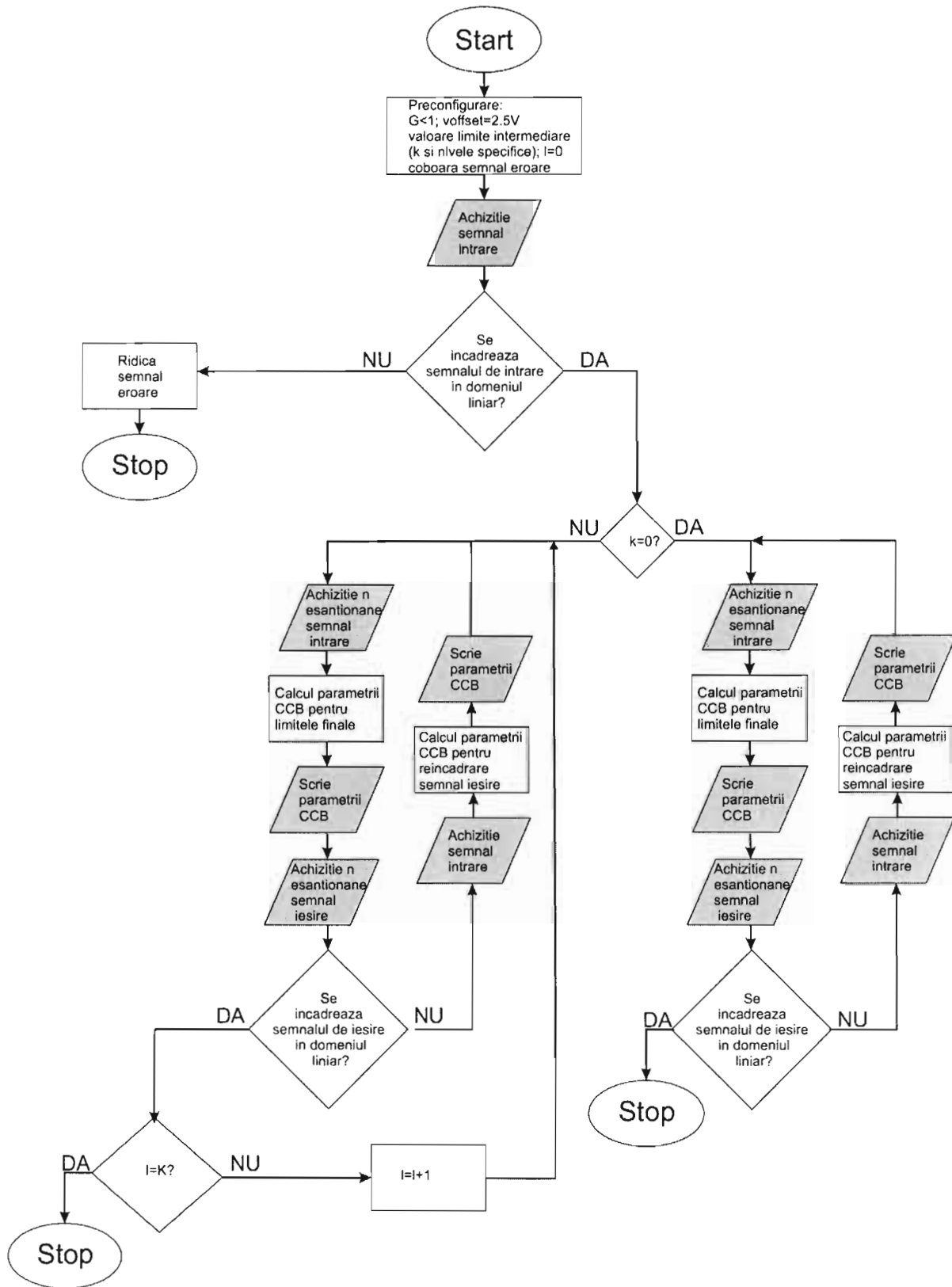


Figura 9b.





70

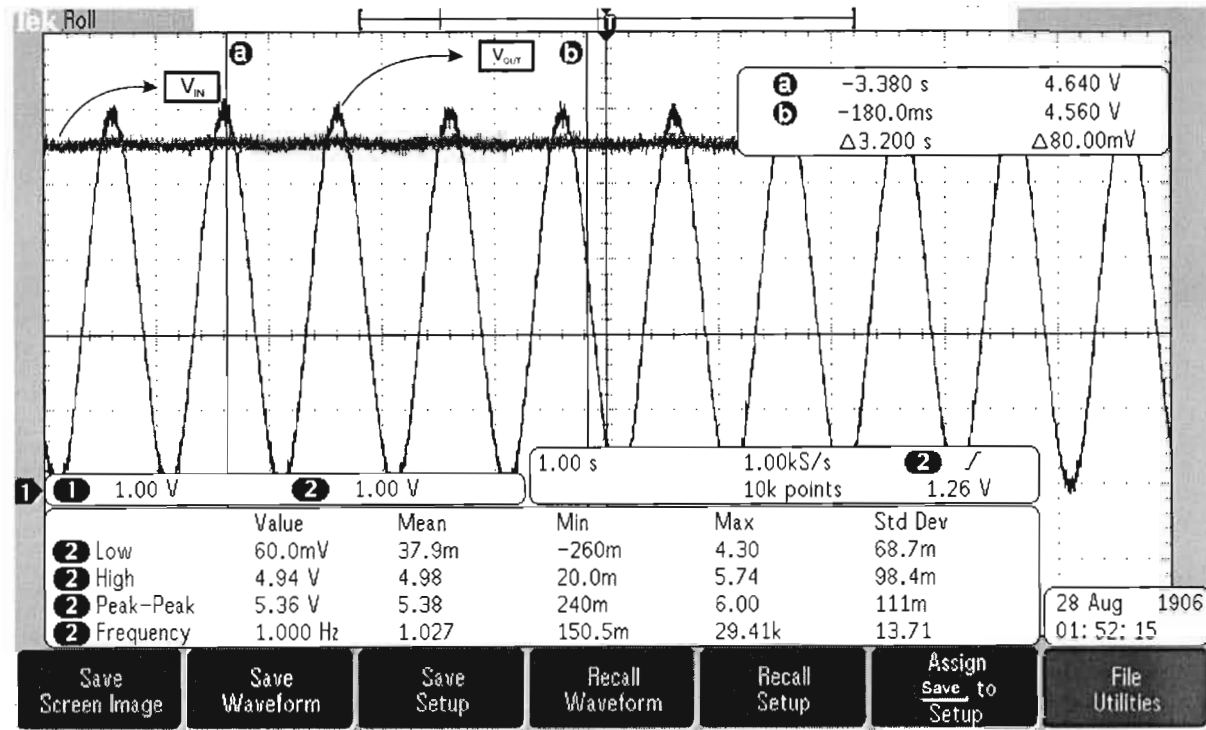


Figura 10.



*[Handwritten signature]*