



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2009 00130

(22) Data de depozit: 06.02.2009

(41) Data publicării cererii:
30.10.2013 BOPI nr. 10/2013

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

(72) Inventatori:
• SURDUCAN VASILE, STR.NUCULUI
NR.8, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;
• SURDUCAN EMANOIL,
STR.GHEORGHE DIMA NR.10, AP.19,
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO

(54) DRIVER UNIVERSAL PENTRU CONTROLUL MOTOARELOR
PAS CU PAS UNIPOLARE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un driver universal pentru comanda motoarelor pas cu pas unipolare. Driverul conform invenției are ca scop comanda unui motor (3) pas cu pas unipolar, cu putere variabilă, înfășurările (9) de comandă ale motorului (3) fiind comandate de un modul de putere (2) ce primește comenzi de la un microcontroler (1) astfel: o comandă analogică, prin intermediul unui convertor (16) digital- analogic, și o comandă digitală, pe patru linii de comandă (17), microcontrolerul (1) fiind dotat cu un convertor analogic-digital inclus, și putând măsura, prin intermediul unei conexiuni (11), căderea de tensiune proporțională cu valoarea curentului absorbit de motor (3) pe niște rezistențe (10a și 10b), microcontrolerul (1) fiind, de asemenea, interfațat cu o tastatură și un afișaj LCD (19), și cu un convertor (7) RS 485 sau RS 232, alimentarea microcontrolerului (1), a convertorului (7) și a afișajului (19) fiind realizată prin intermediul unui stabilizator în comutație (5), iar alimentarea motorului (3) fiind realizată prin intermediul unui generator de curent constant, de la o sursă (6) de tensiune redresată și filtrată, alimentată, la rândul ei, de la o rețea electrică.

Revendicări: 7
Figuri: 6

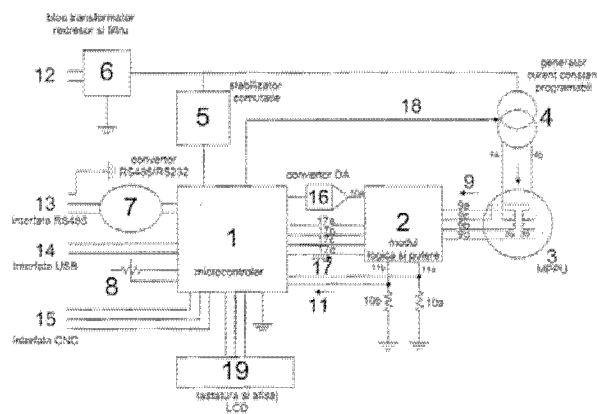
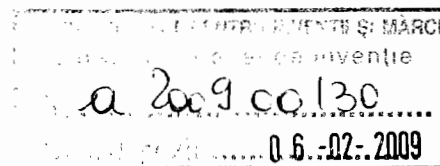


Fig. 1

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



Descrierea inventiei



a) Titlu:

DRIVER UNIVERSAL PENTRU CONTROLUL MOTOARELOR PAS CU PAS UNIPOLARE

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

Prezenta inventie se refera la un sistem electronic de comanda a unui motor pas cu pas, numit generic driver. Din punct de vedere constructiv driverul este un ansamblu de sine statator la care se conecteaza tensiunea de alimentare a motorului, infasurările motorului pas cu pas si semnalul continand marimea de comanda. Exista doua mari clase de motoare pas cu pas, definite dupa modul in care curentul care parcurge bobinele motorului isi schimba sensul sau nu: bipolare si unipolare (Motor Pas cu Pas Unipolar). Prezenta inventie se refera la controlul MPPU. Principalele caracteristici tehnice ale unui motor pas cu pas sunt: tensiunea si curentul de alimentare, turatia (viteza de rotatie) maxima, puterea dezvoltata la axul motorului si rezolutia de actionare a motorului (constand in unghiul de rotatie al rotorului la fiecare pas sau numarul de pasi in care rotorul realizeaza o rotatie completa de 360 grade). Motorul pas cu pas este folosit intr-un domeniu tehnic larg, de la aparatura de larg consum (imprimante, faxuri, scanere, plotere) pana la echipamente industriale cu control numeric prin calculator (freze, masini de gaurit in coordonate, strunguri, masini de taiat si debitat cu laser sau plasma, roboti).

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

Solutiile actuale de comanda ale motoarelor pas cu pas se bazeaza fie pe un sistem cu microprocesor ce stocheaza intr-un tabel aflat in memoria sistemului valoarea stabilita pe baza experimentala a cuplului necesar la arborele motorului in functie de aplicatie si comanda apoi motorul pe baza semnalelor primite de la senzori intr-o bucla inchisa [1], fie calculeaza cuplul in timpul functionarii motorului pe baza semnalelor furnizate din bucla de reactie printr-un convertor analogic-digital [5], fie masoara



tensiunea de alimentare și calculează curentul necesar înfășurării [8]. Alte soluții fie comanda accelerației motorului pe baza unui tabel de accelerație stocat în memorie [2], fie realizează comanda motorului în funcție de modul în care sarcina încarcă arborele motorului [3], fie utilizează aceeași înfășurare de excitație ca traductor de măsură al câmpului electromagnetic în perioada când aceasta nu este alimentată, pentru a determina exact poziția motorului [4]. Controlul cuplului (al puterii) la arborele motorului se poate face prin modificarea factorului de umplere al semnalului de comandă (Puls Width Modulation), semnal care poate fi modulat cu o sinusoidă citită dintr-un tabel de memorie, necesară comenzii în micropasi (pentru obținerea unei rezoluții mai ridicate decât cea pentru care a fost realizat motorul) [5]. O metodă de comandă a motorului pas cu pas ce reduce zgomotului creat de motor [9] este prin utilizarea unui modulator de timp comandat dintr-un generator de rampă de tensiune. În situația în care se cere controlul precis al unei mișcări unghiulare a axului motorului, soluția adoptată în [6] este comanda cu micropasi și control în buclă închisă de reacție, utilizând un encoder pentru generarea reacției necesare sistemului de comandă. În situația în care sarcina la axul motorului pas cu pas este prea mare, apare fenomenul de pierdere de pași, deși semnalele (curent, tensiune) aplicate bobinelor motorului sunt corecte. Pentru a împiedica apariția acestei erori, se poate monitoriza în permanentă curentul absorbit de bobine, care apoi se compară cu un profil de funcționare corectă, stocat în memoria sistemului, ce conține variația limită a curentului pentru un tip de motor [7]. O altă posibilă soluție este modificarea tensiunii de alimentare a motorului, pentru a obține puterea variabilă necesară la arbore, pe baza unui amplificator de eroare ce compară o tensiune de referință cu o tensiune proporțională cu curentul absorbit de înfășurarea motorului [10]. Printre soluțiile simple brevetate este și cea în care semnalul dreptunghiular de comandă motorului este mixat cu un semnal PWM, apoi semnalul rezultat (având formă trapezoidală) este aplicat bobinelor motorului în vederea micșorării zgomotului și creșterii preciziei de acționare [11]. În situația în care sarcina la axul motorului este alternant variabilă, este necesară existența reacției negative pentru controlul curentului prin bobine. Variația rapidă a curentului necesită o integrare înainte de a fi convertită în mărime digitală de control, altfel sistemul poate intra în oscilație [12].

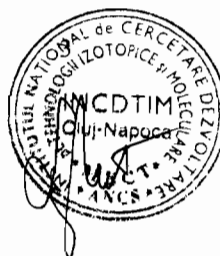
- d) Expunerea invenției în termeni care să permită înțelegerea problemei tehnice și a soluției așa cum este revendicată precum și avantajele invenției în raport cu stadiul anterior al tehnicii;**



Prezenta inventie se refera la un sistem electronic de comanda a unui motor pas cu pas unipolar, numit generic driver. Din punct de vedere constructiv driverul este un ansamblu de sine statator la care se conecteaza tensiunea de alimentare a motorului, infasurarile motorului pas cu pas si semnalul continand marimea de comanda. Noutatea inventiei consta in posibilitatea reglajului digital al puterii injectate motorului pas cu pas unipolar, astfel incat de la aceeași sursa de tensiune se pot alimenta motoare pas cu pas cu tensiuni diferite prin intermediul acestui driver, raportul dintre tensiunea de alimentare a driverului si tensiunea motorului putand fi modificat pana la un raport de 5:1. Din punct de vedere constructiv, driverul este modular, astfel incat anumite interfete spre semnalele de comanda pot fi adaugate sau scoase dupa cum aplicatia o cere.

Driverul prezentat in aceasta inventie poate realiza comanda oricarui motor pas cu pas unipolar, indiferent de tensiunea de alimentare, numarul de pasi si puterea acestuia in modurile full-step si half-step, fie pe baza unor informatii furnizate sistemului electronic de catre operatorul uman, fie pe baza unor masuratori pe care sistemul electronic le realizeaza in functionare. Driverul asigura comanda motorului pas cu pas (turatie variabila, cuplu variabil la axul motorului si sens de invartire) cu ajutorul unor semnale de intrare analogice si/sau digitale. Semnalele analogice pot fi: tensiune unificata (0-10V) sau orice alta tensiune, curent unificat (2-10mA sau 4-20mA) sau orice alt curent, variatie rezistiva a unui potentiometru de comanda sau orice alta marime analogica convertibila in semnal electric. Semnalele digitale pot fi generate de actionarea unei tastaturi (directie, viteza, timp de actionare, etc.) corelata cu informatia afisata pe un LCD, de un string ASCII trimis de catre un calculator pe interfata seriala RS232, USB 2.0/USB 1.1 sau RS485, la care driverul se poate conecta, sau de o comanda standardizata pe trei biti continand directia, numarul de pasi de executat si un semnal de validare (standardizare utilizata la driverele pentru comanda masinilor CNC). Driverul poate realiza controlul motorului atat in bucla deschisa (fara feedback din circuitul comandat sau din sistemul mecanic actionat de motor), cat si in bucla inchisa (prin masurarea curentului din circuitul de putere al motorului).

Sunt revendicate solutia de realizare a driverului universal, realizat cu microcontroler ce permite controlul precis al puterii la axul motorului pentru o gama larga de turatii, faptul ca driverul permite comanda precisa a motorului (fara pierdere de pasi) la turatii mai mari decat turatia nominala cu compensarea pierderii de cuplu in functie de



turatie, faptul ca driverul poate alimenta orice motor pas cu pas unipolar indiferent de tensiunea de alimentare a acestuia fara a modifica tensiunea de alimentare a driverului, faptul ca driverul poate fi comandat cu semnale analogice sau semnale digitale, faptul ca semnalele analogice de control ale acestui driver sunt marimi electrice de tip tensiune, curent sau rezistenta, faptul ca semnalele digitale ale acestui driver pot fi preluate prin interfete externe si faptul ca driverul prezentat este modular iar modulele ce interfateaza semnalele analogice sau digitale pot fi configurate in functie de aplicatie (adica driverul functioneaza identic si in lipsa totala a unor module de interfatare care nu sunt utilizate in aplicatia respectiva).

Avantajele cunoscute ale inventiei, raportate la stadiul anterior al tehnicii (studiat de catre autorii inventiei) sunt:

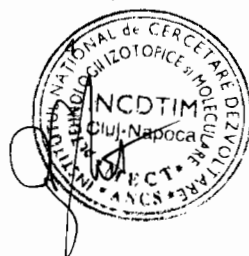
- fata de solutia prezentata in [12], care modifica doar curentul injectat in motor pentru a obtine cuplul dorit, in inventia de fata se realizeaza comanda in putere prin comutarea cu modulatie de largime de puls si compensarea cuplului in functie de puterea comandata si/sau turatie prin modificarea curentului programabil ce parcurge infasurarile comune motorului.

- fata de solutia prezentata in [11], unde impulsurile de comanda ale MPPU sunt sumate cu un semnal PWM, rezultand un semnal trapezoidal, nerecomandat functionarii la frecvente mari, prezenta inventie prezinta un driver cu semnale dreptunghiulare ce comanda un MPPU aflat intr-un circuit de alimentare cu impedanta mare de iesire (generator de curent constant programabil digital), perfect indicat obtinerii unor turatii mari.

- fata de solutia prezentata in [10], care modifica tensiunea de alimentare a infasurarilor motorului, in inventia de fata MPPU se alimenteaza sub curent constant programabil iar infasurarile MPPU sunt comutate cu frecventa si puterea dorite.

- fata de solutia prezentata in [7], unde se utilizeaza un sistem cu microprocesor si convertor analogic-digital pentru controlul curentului prin motor, in inventia de fata monitorizarea exacta a curentului este posibila prin intermediul unui microcontroler dar nu este neaparat necesara, curentul fiind limitat la o valoare optima de catre generatorul de curent programabil ce alimenteaza motorul.

- fata de solutia prezentata in [2], unde pierderea de cuplu nu este compensata la viteze mari de rotatie, driverul din inventia de fata permite compensarea caderii de cuplu la turatii mari, in limita constructiva a motorului pas cu pas.



e) Prezentarea pe scurt a desenelor explicative

Figura 1. Aceasta figura prezinta schema bloc a driverului universal pentru comanda motorului unipolar.

Motorul pas cu pas unipolar (3) este alimentat prin intermediul unui generator de curent constant (4) de la o sursa de tensiune redresata si filtrata (6) care se alimenteaza din reteaua electrica 220V/50Hz sau 120V/60Hz (12). Infasarile de comanda (9) ale motorului pas cu pas sunt comandate de catre un modul de putere (2) ce contine si logica aferenta generarii semnalelor de comanda cu factor de umplere variabil (din figura 2). Modulul de putere primeste o comanda analogica prin intermediul convertorului digital analogic (16) si o comanda digitala pe patru linii de comanda (17) de la acelasi microcontroler (1). Microcontrolerul (1) este dotat cu convertor analogic digital inclus si poate masura prin intermediul conexiunii (11) caderea de tensiune proportionala cu valoarea curentului absorbit de motor (3) pe rezistentele (10a), respectiv (10b). Microcontrolerul este interfatat cu o tastatura si un afisaj LCD (19) si cu un convertor RS485 sau RS232 (7). Alimentarea microcontrolerului (1), a convertorului (7) si a afisajului (19) se realizeaza prin intermediul unui stabilizator in comutatie (5). Microcontrolerul (1) interpreteza comenzile care vin fie prin interfata RS485 (13), fie prin interfata USB (14), fie prin interfata CNC (15), fie prin potentiometrul de control manual (8) sau prin tastatura si afisajul LCD (19).

Figura 2 reprezinta formele de unda in modul half-step 1-17a, 1-17b, 1-17c, 1-17d existente pe liniile de comanda (17) din figura 1, respectiv formele de unda 1-9a, 1-9b, 1-9c, 1-9d existente pe liniile de comanda (9) din figura 1 pentru o putere de comanda de 1% din puterea nominala a motorului.

Figura 3 reprezinta formele de unda in modul half-step 1-17a, 1-17b, 1-17c, 1-17d existente pe liniile de comanda (17) din figura 1, respectiv formele de unda 2-9a, 2-9b, 2-9c, 2-9d existente pe liniile de comanda (9) din figura 1 pentru o putere de comanda de 25% din puterea nominala a motorului.



Figura 4 reprezinta formele de unda in modul half-step 1-17a, 1-17b, 1-17c, 1-17d existente pe liniile de comanda (17) din figura 1, respectiv formele de unda 3-9a, 3-9b, 3-9c, 3-9d existente pe liniile de comanda (9) din figura 1 pentru o putere de comanda de 75% din puterea nominala a motorului.

Figura 5 reprezinta in detaliu modulul (2) numit "modul logica si putere" prezentat in figura 1, alcatuit din: elementele de comutatie S1 si S2, ansamblul de generare PWM U1, C1, R1, R2, ansamblul de protectie R3, D1 si logica de comanda U2.

Figura 6 reprezinta graficul teoretic al dependentei amplitudinii relative a cuplului MPPU (6a) de viteza relativa de rotatie a motorului pentru o comanda in putere a MPPU mai mare de 10% din puterea nominala, respectiv graficul dependentei cuplului MPPU (6b) de viteza relativa de rotatie a motorului pentru o comanda in putere a motorului sub 10% din puterea nominala care necesita o compensare in controlul curentului programat conform curbei (6c). Compensarea implica comanda motorului cu curenti mai mari decat curentul nominal al motorului si poate avea loc si la puteri de comanda mai mari de 10% din puterea nominala cu scopul de a creste viteza maxima de rotatie peste viteza nominala a motorului, fara pierdere de pasi.

f) Expunerea detaliata a inventiei pentru care se solicita protectia

Inventia se refera la un ansamblu electronic prezentat in figura 1 ce are ca scop comanda motorului pas cu pas unipolar (3) cu putere variabila, mentinand cuplul maxim posibil la axul motorului pentru puteri mici de comanda, respectiv permitand atingerea unei turatii maxime a rotorului fara pierdere de pasi.

Cele doua infasurari comune (3a), (3b) ale motorului pas cu pas unipolar (MPPU) (3) din figura 1 sunt alimentate sub curent constant prin intermediul generatorului de curent constant programabil (4). Comanda generatorului de curent constant se realizeaza direct din microcontrolerul (1) ce dispune de un convertor digital-analogic intern. Formele de unda standardizate pentru comanda MPPU in modul half-step sunt prezentate in figurile 2, 3 si 4, succesiunea lor fiind data de semnalele (17a), (17b), (17c) si (17d). Pentru comanda MPPU in modul full-step (formele de unda pentru modul full-step nu sunt prezentate in brevet fiind nerelevante) se modifica doar modul de generare a semnalelor de comanda (17) din figura 1. Modificarea frecventei de



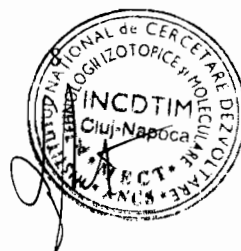
sucesiune a impulsurilor (17a), (17b), (17c) si (17d) duce la modificarea turatiei rotorului. Inventia permite obtinerea unor semnale de comanda (9a), (9b), (9c), (9d) cu modulatie de largime de puls (PWM) asa cum este descris in figurile 2, 3 si 4, prin intermediul unui modul de logica si putere (2) prezentat in figura 1. Acest modul este prezentat detaliat in figura 5 si consta din doua subansamble identice (X) respectiv (Y), fiecare avand doua tranzistoare de putere S1 si S2 ce lucreaza in regim de comutatie, un circuit de protectie R3 si D1, un circuit comparator U1 si elementele R1, R2 si C1 care determina numarul de impulsuri modulate (9a, 9b, 9c, 9d) ce apar pe durata fiecarui semnal de comanda (17a, 17b, 17c, 17d), factorul de umplere al acestora fiind controlat prin intermediul tensiunii de control (16a) ce provine dintr-un convertor digital analogic (16) reprezentat in figura 1. Pentru simplificarea intelegerii fenomenului, in figurile 2, 3 si 4 sunt prezentate doar patru astfel de impulsuri reprezentand: comanda MPPU cu putere de 1% in figura 2, comanda MPPU cu putere de 25% in figura 3 si respectiv comanda MPPU cu putere de 75% in figura 4. Amplitudinea acestor impulsuri masurata pe fiecare din cele patru bobine ale motorului este variabila si dependenta de valoarea curentului programabil stabilit la iesirile generatorului de curent constant (4) din figura 1, curent injectat in infasurarile comune ale motorului (4a), respectiv (4b). Acest curent este programat ca sa compenseze scaderea neliniara de cuplu la puteri de comanda mici sau turatii de rotatie mari ale MPPU, asa cum este indicat in graficul din figura 6. Starea de blocare mecanica a rotorului MPPU sau incarcarea mecanica excesiva la axul motorului este sesizata prin masurarea caderii de tensiune pe elementele (10b) respectiv (10c) de catre convertorul analog-digital intern microcontrolerului (1) din figura 1. O cadere de tensiune mai mare pe (10b) respectiv (10c) decat cea prescrisa prin program indica o situatie de functionare eronata a driverului si este semnalizata de catre blocul de afisare (19), avand loc micșorarea curentului prin motor pana la intreruperea acestuia, prin bucla de reglaj software implementata in microcontrolerul (1) ce primeste informatia prin circuitul (11) si actioneaza prin circuitele (17) din figura 1. Modulul de logica si putere din figura 5 dubleaza bucla software realizata de microcontrolerul (1), prin micșorarea la minim a duratei impulsurilor de comanda (9a), (9b), (9c), (9d), in situatia de defect sau motor blocat, reducand astfel puterea de comanda a MPPU si protejand astfel bobinele motorului.



Driverul este realizabil modular, blocurile de interfatare la RS232 sau RS485 (7), interfata USB (14), interfata CNC (15), interfata analogica (8) sau tastatura si afisajul (19) putand fi adaugate sau scoase dupa cum aplicatia o cere.

Noutatea inventiei consta in posibilitatea corelarii intre factorul de umplere al modulatiei cu largime de puls (figura 2, formele de unda 1-9a, 1-9b, 1-9c, 1-9d) aplicat bobinei de comanda si valoarea curentului programat prin generatorul de curent (4) din figura 1 aplicat infasurarilor comune ale MPPU, astfel incat driverul obtinut permite comanda oricarui motor pas cu pas unipolar, indiferent de tensiunea de alimentare a acestuia.

Aplicatiile practice realizate cu acest driver ne indica raportul optim intre tensiunea de alimentare a driverului si tensiunea de alimentare a motorului de maxim 5:1. Curba teoretica (6a) din figura 6 reprezinta variatia relativa a cuplului la axul MPPU (reprezentat pe axa Oy in domeniul 0-100%) in functie de variatia relativa a vitezei de rotatie raportata la viteza nominala (reprezentata pe axa Oy in domeniul 0-150% unde 100% reprezinta viteza nominala) pentru situatia unei comenzi electrice in putere mai mare de 10% (cazul prezentat in figurile 3 si 4 prin semnalele electrice (9a), (9b), (9c), (9d)). Daca comanda electrica a puterii motorului scade sub 10% (situatie prezentata in figura 2, prin semnalele electrice 1-9a, 1-9b, 1-9c, 1-9d) apare o cadere de cuplu evidentiata prin curba (6a) din figura 6, care necesita o compensare a curentului prin circuitele (4a) si (4b) din figura 1, conform curbei de compensare (6c) din figura 6. Aceasta compensare poate avea loc si pentru o comanda electrica a puterii motorului mai mare de 10%, in situatia in care se doreste cresterea vitezei maxime a motorului peste viteza nominala, situatie ce poate aparea in cazul accelerarii in vederea scurtarii timpului de deplasare al ansamblului comandat de MPPU.



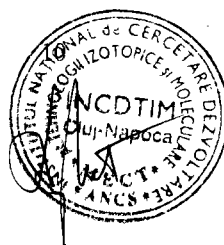
Bibliografie

1. *Adaptive current control system for a stepper motor*, Doutney et al, brevet SUA nr.7345447B2, **2008**
2. *Stepper motor accelerating system and method*, Ping Hung Kuo, brevet SUA nr. 7327116B2, **2008**
3. *Method and circuit arrangement for operating stepper motors*, Lars Larson, brevet SUA nr. 7301300B2, **2007**
4. *Stepper motor driving apparatus*, Yoshihisa Yamada, brevet SUA nr.7170254B2, **2007**
5. *Circuit for driving a stepper motor and method of controlling a stepper motor driver*, Suomi et al, brevet SUA nr. 6903531B2, **2005**
6. *Stepping motor driver*, Kuwano et al, brevet SUA nr. 6850027B2, **2005**
7. *Stepper motor jam detection circuit*, Wayne Michael Forsey, brevet SUA nr.6815923B2, **2004**
8. *Current magnitude variation correction for open loop stepper motor driver circuit*, Van Lydegraf et al, brevet SUA nr. 6441579B1, **2002**
9. *Use of digital current ramping to reduce audible noise in stepper motor*, Maske et al, brevet SUA nr. 6208107, **2001**
10. *Stepper motor control*, Robert Pulford Jr., brevet SUA nr. 6150789, **2000**
11. *Stepper motor controller*, David Thomas Summerland, brevet SUA nr. 6060857, **2000**
12. *Stepper motor control method*, Mako Tanaka, brevet SUA nr.5838132, **1998**



Revendicari

1. Driver universal pentru comanda motoarelor pas cu pas unipolare **caracterizat prin aceea ca** este realizat cu microcontroler permitand astfel controlul precis al puterii la axul motorului pentru o gama larga de turatii.
2. Driver universal pentru comanda motoarelor pas cu pas unipolare conform cu revendicarea 1, **caracterizat prin aceea ca** permite comanda sigura a motorului la turatie mai mare decat turatia nominala cu compensarea pierderii de cuplu.
3. Driver universal pentru comanda motoarelor pas cu pas unipolare conform cu revendicarea 1 si 2 **caracterizat prin aceea ca** poate alimenta orice motor pas cu pas unipolar indiferent de tensiunea de alimentare a acestuia, fara a modifica tensiunea de alimentare a driverului.
4. Driver universal pentru comanda motoarelor pas cu pas unipolare conform cu revendicarile 1, 2 si 3 **caracterizat prin aceea ca** poate fi comandat cu semnale digitale sau semnale analogice.
5. Driver universal pentru comanda motoarelor pas cu pas unipolare conform cu revendicarea 4 **caracterizat prin aceea ca** semnalele analogice de control sunt marimi electrice (tensiune, curent, rezistenta).
6. Driver universal pentru comanda motoarelor pas cu pas unipolare conform cu revendicarea 4 **caracterizat prin aceea ca** semnalele digitale de control pot fi preluate prin interfete externe
7. Driver universal pentru comanda motoarelor pas cu pas unipolare conform cu revendicarile 4, 5 si 6 **caracterizat prin aceea ca** este modular iar modulele pot fi configurate in functie de aplicatie



Desene explicative

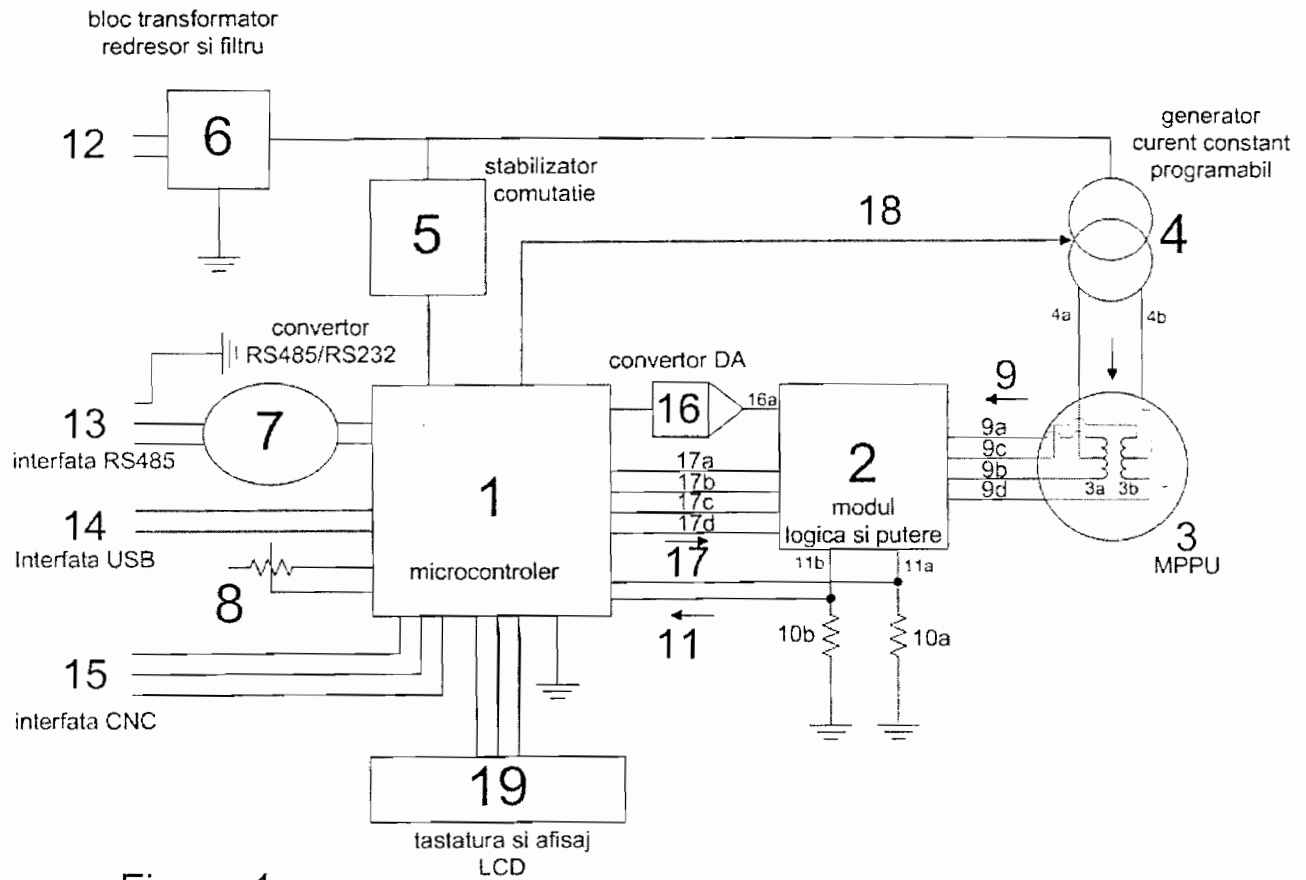


Figura 1



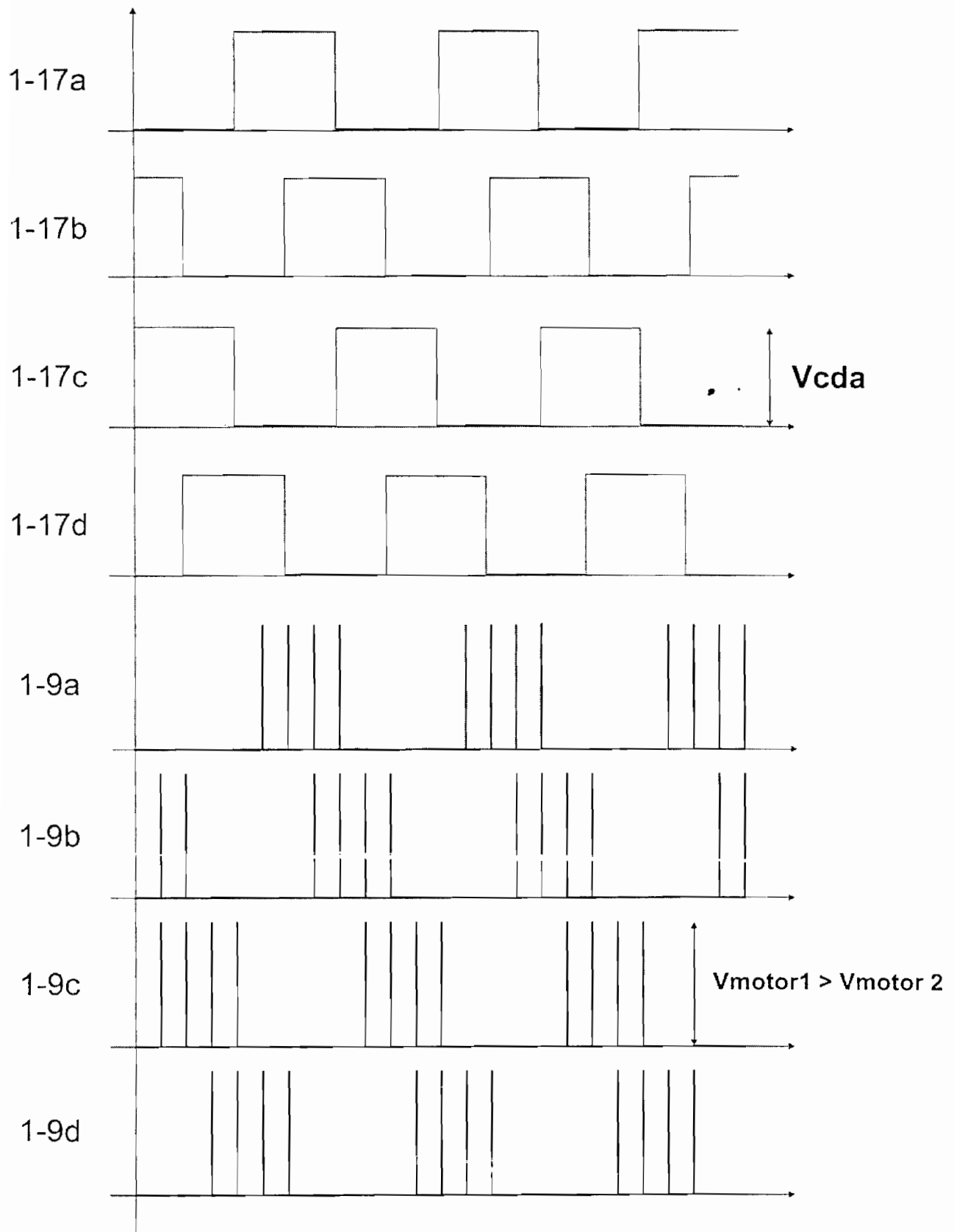


Figura 2



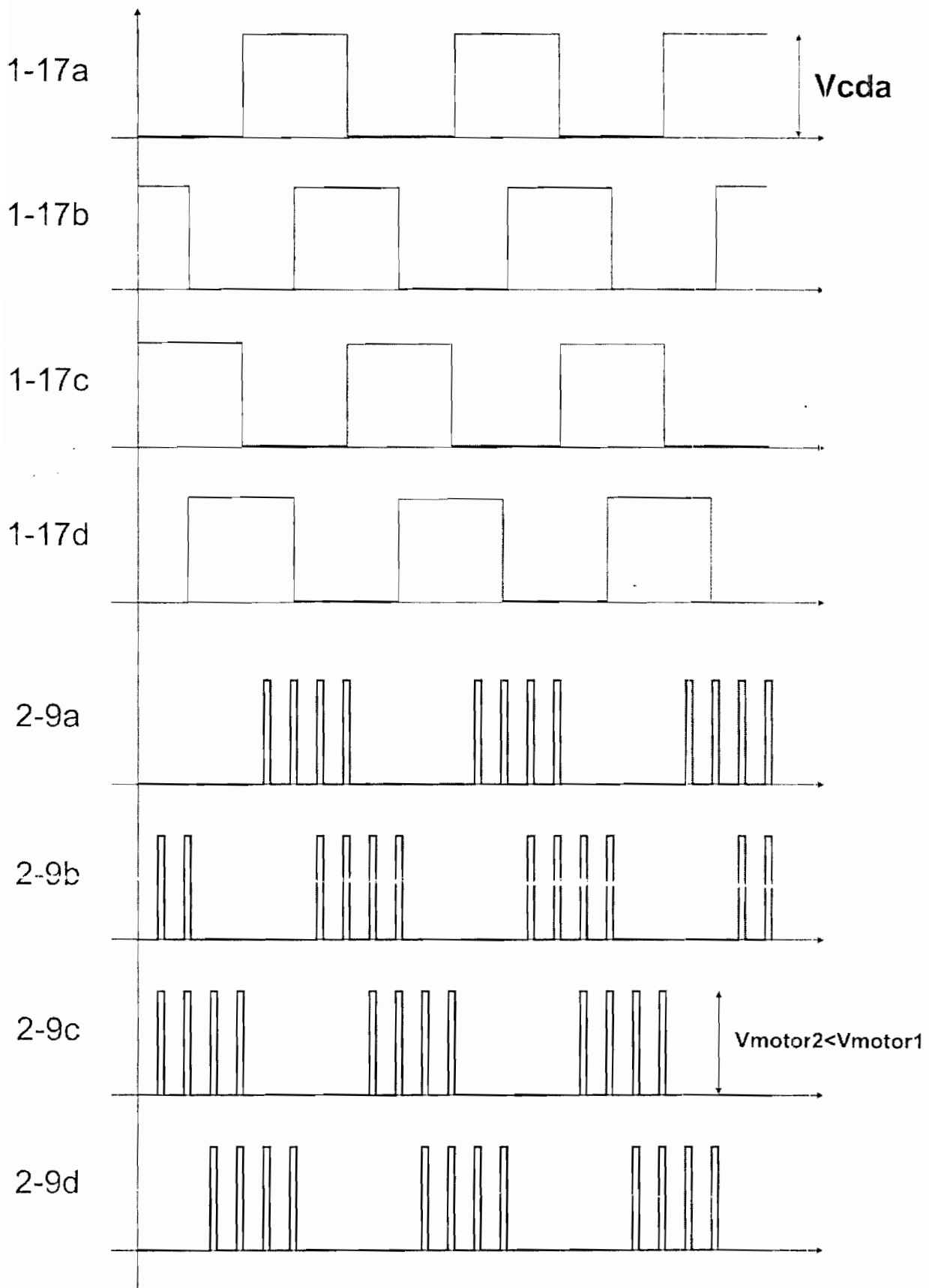


Figura 3



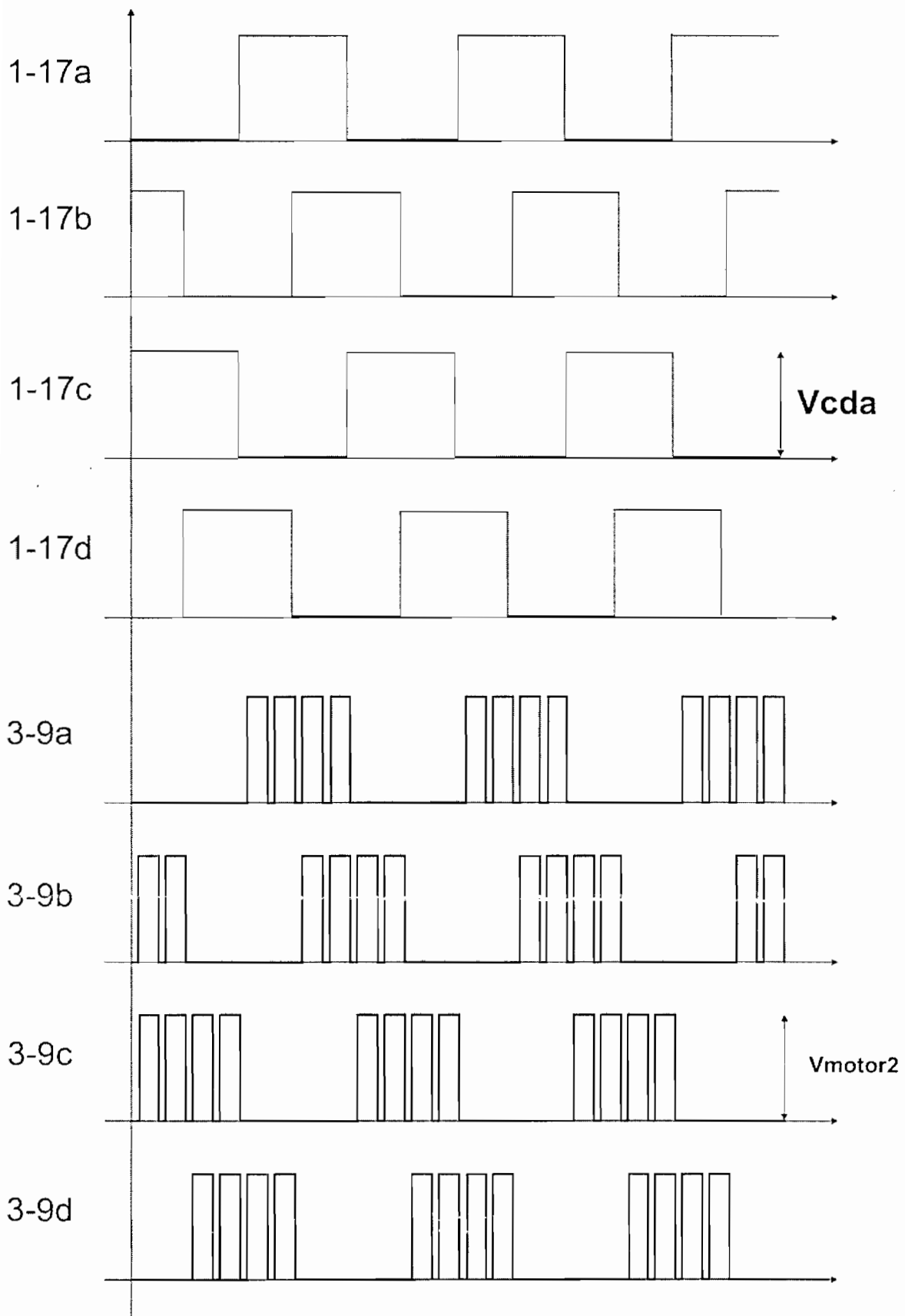


Figura 4



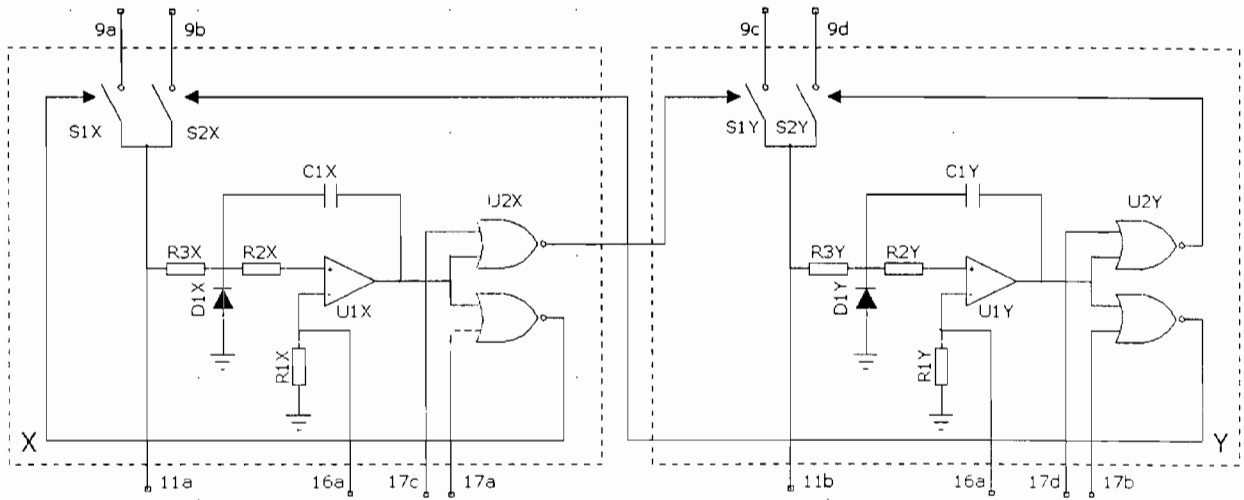


Figura 5

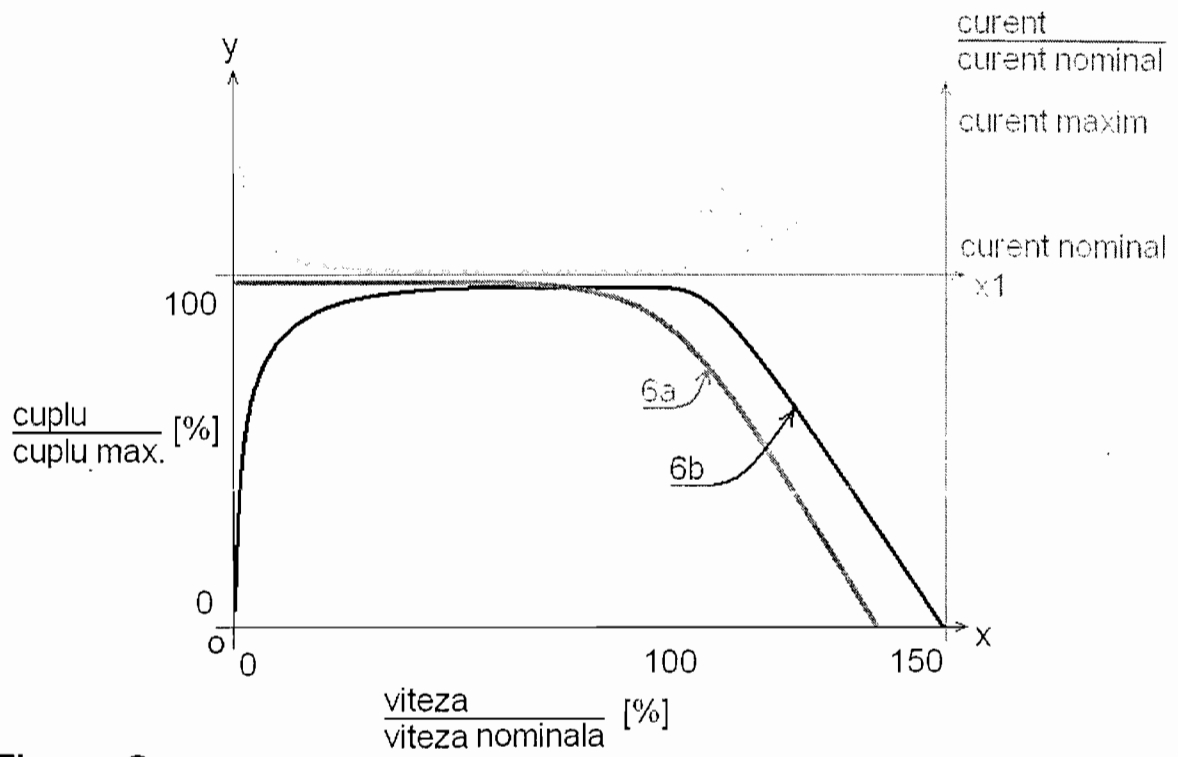


Figura 6

