



(12) **CERERE DE BREVET DE INVENȚIE**

(21) Nr. cerere: **a 2018 00699**

(22) Data de depozit: **20/09/2018**

(41) Data publicării cererii:
29/03/2019 BOPI nr. **3/2019**

(71) Solicitant:
• **UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN BUCUREȘTI, SPLAIUL INDEPENDENȚEI NR.313, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **ELECTRO OPTIC COMPONENTS S.R.L., STR.ATOMIȘTILOR NR.171 A, MĂGURELE, IF, RO**

(72) Inventatori:
• **VASILE ALEXANDRU, ALEEA DEALUL MĂCINULUI, NR.8, BL.D38, SC.H, AP.109, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **CODREANU NOROCEL DRAGOȘ, STR. TRESTIANA, NR.11, BL.14, SC.2, ET.5, AP.66, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **IONESCU CIPRIAN, ȘOS.NICOLAE TITULESCU, NR.94, BL.14-14A, SC.3, ET.4, AP.92, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;**

• **NEGROIU RODICA, SAT BĂLȚIȚA, NR.259, COM.MĂNEȘTI, PH, RO;**
• **SVASTA PAUL, STR.CETATEA DE BALTĂ, NR.131, BL.1, SC.B, ET.3, AP.18, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **PANTAZICĂ MIHAELA, STR.RĂSĂRITULUI, NR.1, BL.118, SC.2, ET.2, AP.54, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **MARGHESCU CRISTINA, ALEEA ALEȘD, NR.3, BL.N23, SC.4, ET.2, AP.49, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **JURBĂ MIHAI EMIL, STR.BUDILĂ NR. 4, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **POPESCU EMIL, STR.VLAD DRACU NR.3, BL.B12, SC.1, AP.21, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **STROE DĂNUȚ, STR.FOIȘORULUI NR.24, BL.F 14 C, AP.84, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO**

(54) **SISTEM DE POZIȚIONARE STABILIZAT GIROSCOPIC, DESTINAT ECHIPĂRII MIJLOACELOR MOBILE TERESTRE ȘI AERIENE**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un circuit electronic de comandă a motoarelor de curent continuu fără perii (BLDC), pentru sisteme de poziționare stabilizate giroscopice. Circuitul conform invenției permite modificarea vitezei prin modulația impulsurilor în durată (PWM), la o frecvență mult mai mare decât frecvența motorului, și reducerea semnalelor parazite cu ajutorul unui filtru Kalman.

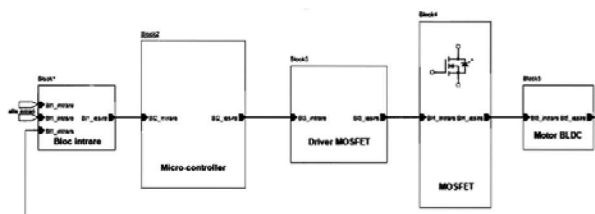


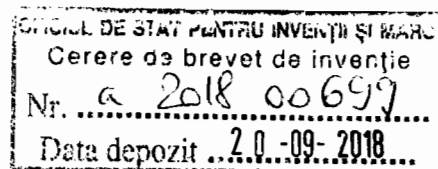
Fig. 1

Revendicări: 1
Figuri: 7

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).



Descriere



Invenția se referă la un circuit electronic de comandă a motoarelor de curent continuu fără perii pentru sisteme de poziționare stabilizate giroscopice.

În ceea ce privește comanda, circuitele de comandă a turației motoarelor de curent continuu cu perii sunt simple și ușor de utilizat, fiind foarte populare în sistemele de control al motoarelor. Cu toate acestea, din cauza periiilor, aceste motoare de curent continuu au o fiabilitate relativ scăzută și introduc semnale perturbatoare de amplitudine mare și frecvență aleatoare în cazul echipării lor pe mijloacelor mobile terestre și aeriene. Motorul de curent continuu fără perii (BLDC) este un motor comandat electronic. Nu există perii pe rotor și comutarea este efectuată electronic la anumite poziții ale rotorului. Motorul BLDC este trifazic, fiind necesară alimentarea lui de la un circuit specializat, revendicat în prezenta cerere. Poziția rotorului trebuie să fie permanent cunoscută pentru a se aplica tensiunea corectă. Cuplul aproape constant la orice turație se obține cu ajutorul motoarelor BLDC prin intermediul unui controler și unor circuite de comandă specializate. Motoarele de acest tip sunt motoare trifazate comandate prin PWM, comandate în curent continuu pe fiecare fază în parte.

Figura 1 prezintă schema bloc a circuitului electronic de comandă folosit pentru a controla motoarele BLDC. În funcție de tensiunea motorului și curentul nominal, comutatoarele electronice pot fi tranzistoare MOSFET, IGBT sau bipolare. În aplicația de față se utilizează tranzistoare MOSFET.

Sistemul care beneficiază de avantajele motoarelor BLDC este, în cazul invenției de față, un sistem de poziționare stabilizat giroscopice destinat echipării mijloacelor mobile terestre și aeriene dezvoltat în cadrul unui proiect de cercetare.

Metoda de control cu senzori Hall

Cea mai obișnuită metodă de a controla un motor BLDC este de a folosi senzori Hall pentru a determina poziția rotorului. Figura 2 prezintă o secțiune transversală a unui motor BLDC cu rotor cu magneți permanenți. Senzorii Hall sunt încorporați în stator [1], [6], orice nealiniere între acești senzori și magneții rotorului generând o eroare în determinarea poziției rotorului. Pentru a simplifica procesul de montare a senzorilor Hall pe stator, unele motoare pot avea magneți pentru senzori pe rotor, în plus față de magneții principali rotorului. De fiecare dată când rotorul se rotește, magneții pentru senzorii Hall au același efect ca și magneții principali. Senzorii sunt montați pe o placă de fixată pe capacul carcasei. Acest lucru permite utilizatorilor să regleze ansamblul complet de senzori Hall, pentru a se alinia cu magneții rotorului și pentru a obține cele mai bune performanțe.

Funcție de poziția fizică a senzorilor Hall, există două posibilități: senzori defazați la 60° sau 120° . Astfel, producătorul motorului definește secvența de comutare care trebuie urmată pentru controlul motorului [1].

Pentru a roti motorul BLDC, înfășurările statorului sunt comandate de sistemul electronic într-o anumită secvență. Circuitul primește informații cu privire la poziția rotorului pentru a comanda înfășurarea corectă. Motoarele BLDC din cadrul proiectului au trei senzori Hall care generează un semnal logic 1 (sau 0), indicând că polul nord (sau sud) al unui magnet trece prin dreptul senzorilor. Pe baza semnalelor primite de la cei trei senzori circuitul de comandă determină secvența exactă de comutație.

În figura 3 se poate observa secvența de comutație a motorului BLDC trifazic din cadrul sistemului.

Principiul de funcționare

Procesul fizic care are loc în funcționarea motorului este același indiferent de schema de control utilizată. Fiecare secvență de comutare are una dintre înfășurări alimentată cu tensiune pozitivă (curentul intră în înfășurare), a doua înfășurare este alimentată cu tensiune negativă, iar a treia este nealimentată. Cuplul se produce datorită interacțiunii dintre câmpul magnetic generat de bobinele statorului și magnetii permanenți. În mod ideal, cuplul maxim apare când aceste două câmpuri sunt la 90° unul față de celălalt. În scopul de a menține motorul în funcțiune, câmpul magnetic produs de înfășurări își schimbă poziția deoarece rotorul se deplasează pentru a ajunge din urmă câmpul statorului.

Secvența de comutație

În conformitate cu figura 4, la fiecare 60° , unul din senzorii Hall își schimbă starea. Astfel, este nevoie de șase pași pentru a finaliza un ciclu. Sincronizat, cu fiecare 60° electrice, curentul de fază se actualizează. Cu toate acestea, un ciclu electric poate să nu corespundă unei rotații mecanice complete a rotorului. Numărul de cicluri electrice care trebuie repetate pentru a finaliza o rotație mecanică este determinată de perechile de poli ale rotorului. Pentru fiecare pereche de poli se finalizează un ciclu electric. Astfel, numărul de cicluri electrice/rotație este egal cu numărul de perechi de poli ale rotorului.

În cazul în care semnalele marcate de PWMx sunt pornite sau oprite conform secvenței, motorul va funcționa la turația nominală. Acest lucru se face presupunând că tensiunea de alimentare este egală cu tensiunea nominală a motorului, plus pierderile pe comutatoare.

Pentru a modifica viteza, aceste semnale trebuie modulate în durată (PWM) la o frecvență mult mai mare decât frecvența motorului, frecvența PWM trebuind să fie de cel puțin 10 ori mai mare decât frecvența maximă a motorului. Când factorul de umplere PWM este variat în cadrul secvențelor, variază tensiunea furnizată statorului, conducând la variația vitezei. Potențiometrul conectat la microcontroller este utilizat pentru setarea unei viteze de referință.

Un alt avantaj al PWM este faptul că în cazul în care tensiunea de alimentare continuă este mai mare decât tensiunea nominală a motorului, motorul poate fi controlat prin limitarea procentului factorului de umplere pentru a se ajunge la un nivel care corespunde cu cel al tensiunii nominale a motorului.

Se dă în continuare un exemplu concret de aplicare a invenției, figura 5 prezentând schema electrică de principiu a circuitului electronic de comandă a motoarelor de curent continuu fără perii, iar figura 6 circuitul imprimat proiectat în conformitate cu această schemă.

Ca noutate a circuitului de comandă este utilizarea unor tranzistoare OptiMOS-D2PAK care permit, prin capsula de mari dimensiuni și radiatorul termic asociat, comanda unor motoare BLDC de puteri adecvate platformelor mobile de dimensiuni mari.

Circuitul imprimat a fost proiectat respectând principiile compatibilității electromagnetice și regula cuadripolului, optimizându-se astfel curenții de întoarcere din cadrul blocurilor funcționale și minimizându-se interferența electromagnetică.

Figura 7 prezintă imaginea plăcii de circuit imprimat reale a modulului electronic al circuitului de comandă, după fabricație și asamblarea primelor componente electronice.

În legătură cu filtrarea zgomotelor și semnalelor parazite, testele statice au condus la rezultatele prezentate în figura 8 pentru viteza unghiulară și eliminarea drift-ului pe termen lung (cu albastru), respectiv media mobilă a acesteia pe 1000 de citiri (cu roșu) funcție de timp. În al doilea grafic al figurii (cel de jos) este reprezentată variația unghiului absolut funcție de timp. Rezultatele din figura 9 se referă la aceleași semnale, filtrul folosit fiind unul de tip Kalman.

Testele dinamice simple, prin mișcarea unei platforme mobile, au pus în evidență

25

impactul accelerațiilor liniare asupra metodelor de calcul. Filtrele complementare și Kalman sunt influențate negativ de accelerațiile liniare tranzitorii ce perturbă unghiul calculat. Acestea au fost reduse prin ajustarea coeficienților filtrelor și implementarea unor algoritmi speciali de calcul care au redus timpul de răspuns și au redus semnificativ perturbațiile.

Avantajele sistemului de poziționare stabilizat giroscopic echipat cu circuitul de comandă electronic cu motoare BLDC precizat în prezenta cerere de invenție prezintă următoarele avantaje:

- caracteristică viteză-cuplu bună;
- răspuns dinamic bun;
- eficiență ridicată;
- durată mare de viață;
- funcționare silențioasă la viteze mari.



Revendicări

1. Circuitul fabricat al sistemului de comandă a motoarelor BLDC (figurile 5 și 6);
2. Utilizarea unui filtru Kalman pentru prelucrarea semnalelor primite de la traductoare, reducerea drift-ului de termen lung și filtrarea zgomotelor și semnalelor parazite.

Figuri

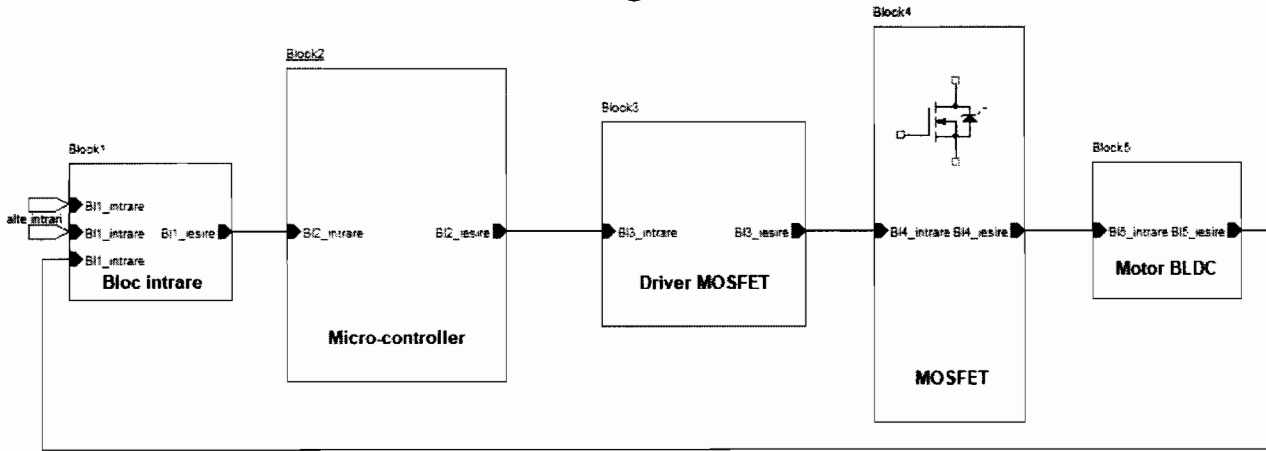


Fig. 1 Schema bloc a circuitului de comandă a motoarelor BLDC

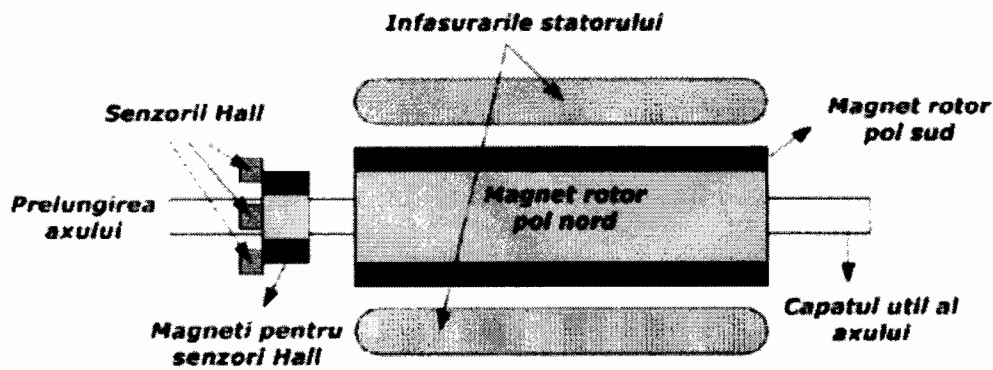


Fig. 2. Secțiune transversală a unui motor BLDC [6]

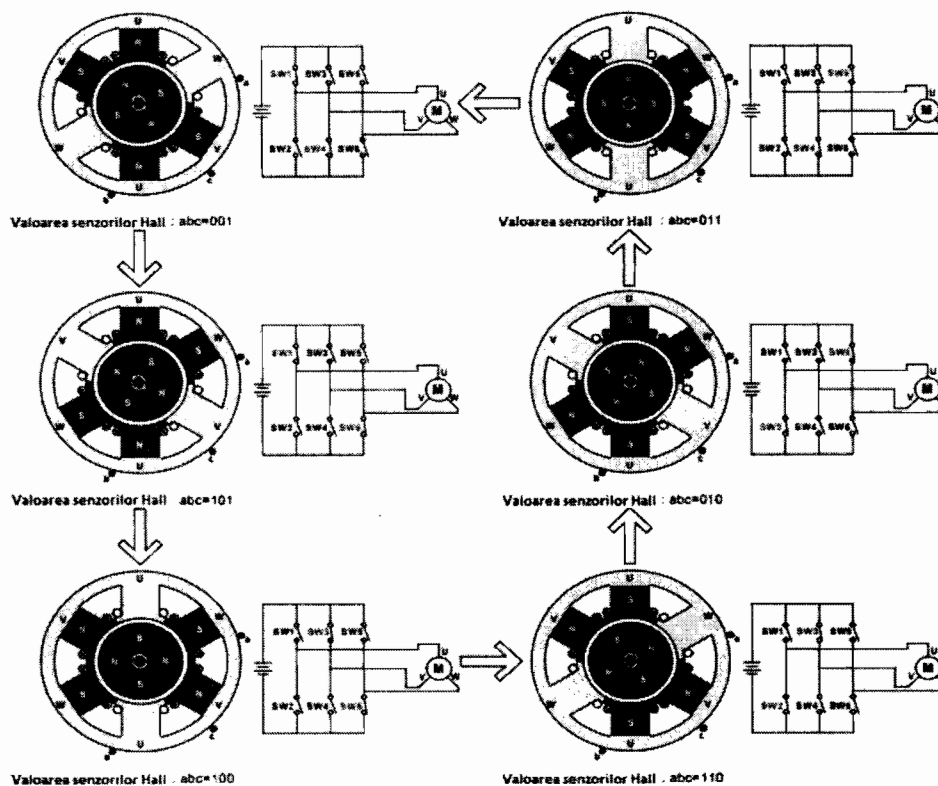


Fig. 3 Motor trifazic BLDC [1], [6]

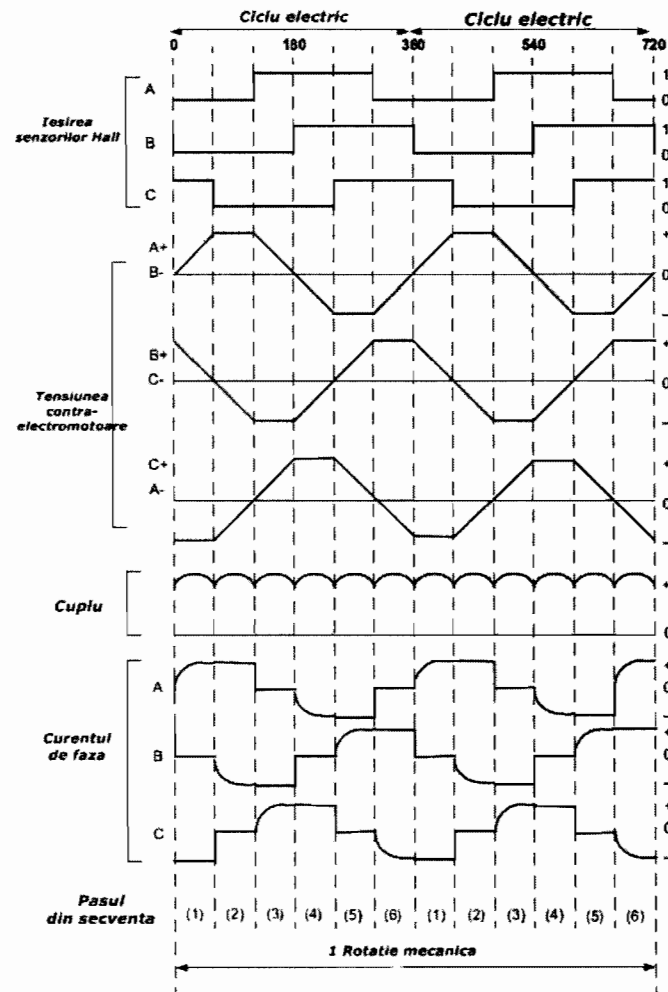


Fig. 4 Secvența de comutație [1]

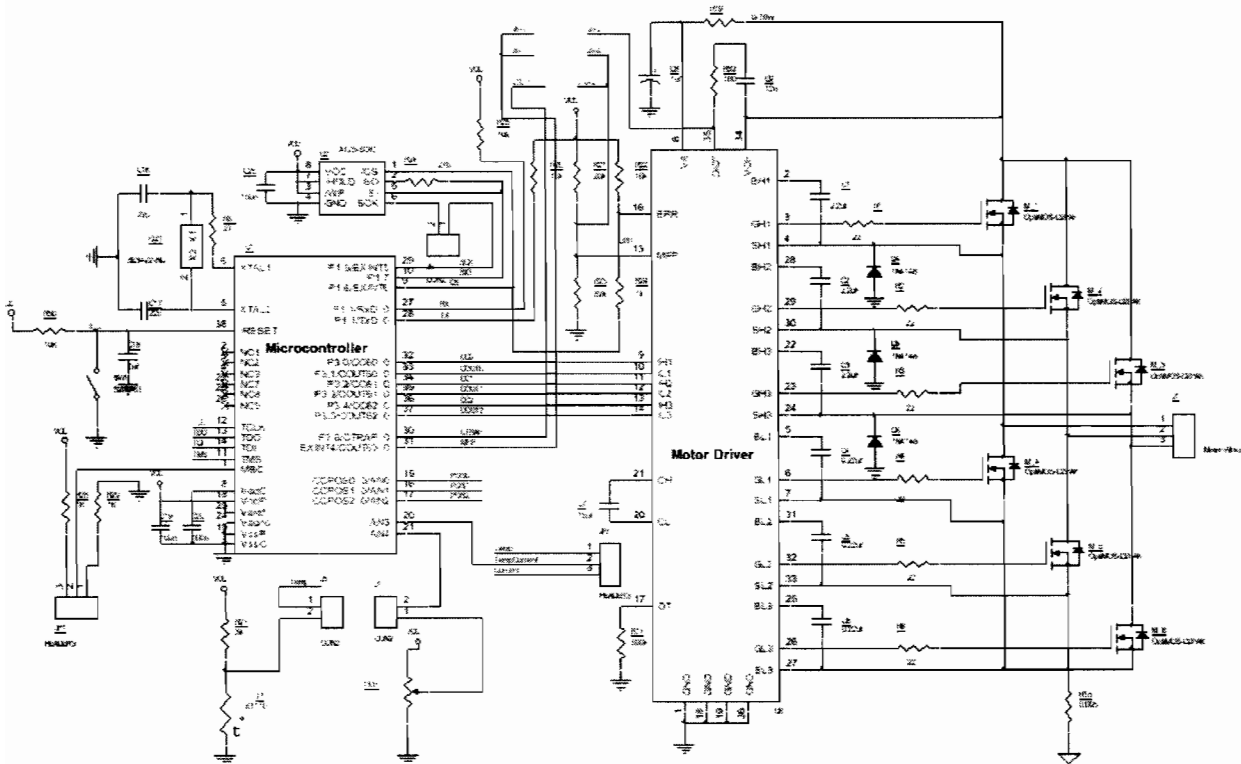


Fig. 5 Schema electrică de principiu a circuitului de comandă

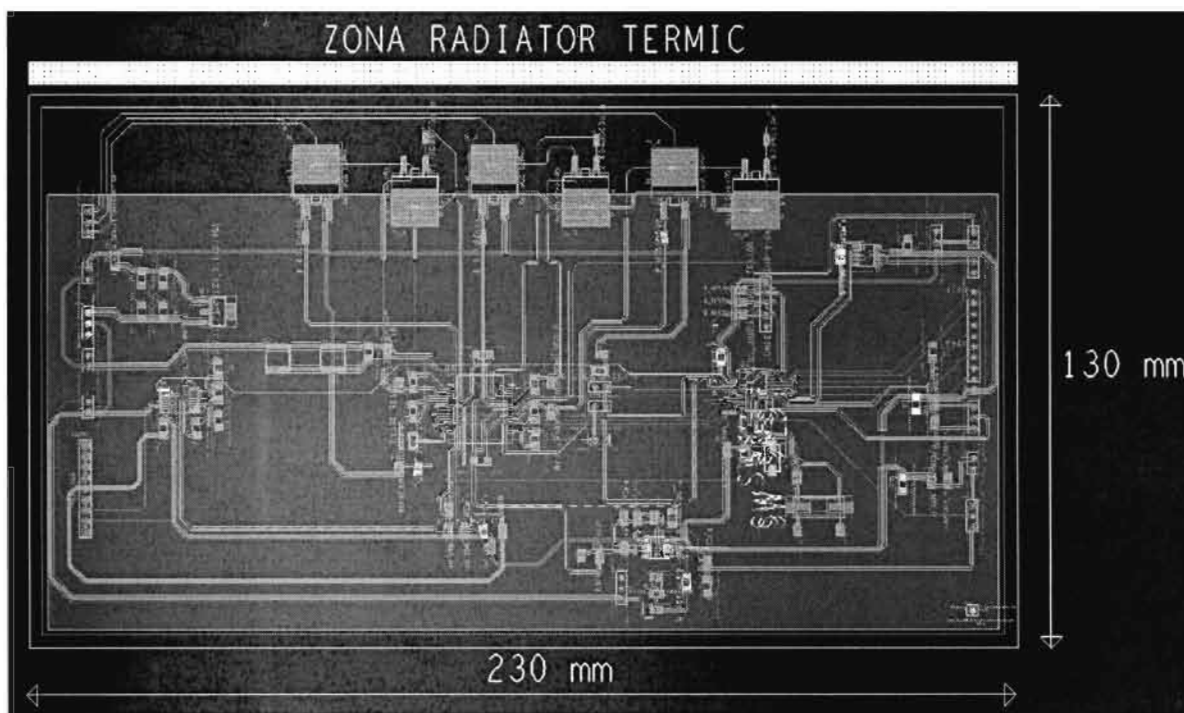


Fig. 6 Circuitul imprimat virtual al modului electronic al circuitului de comandă

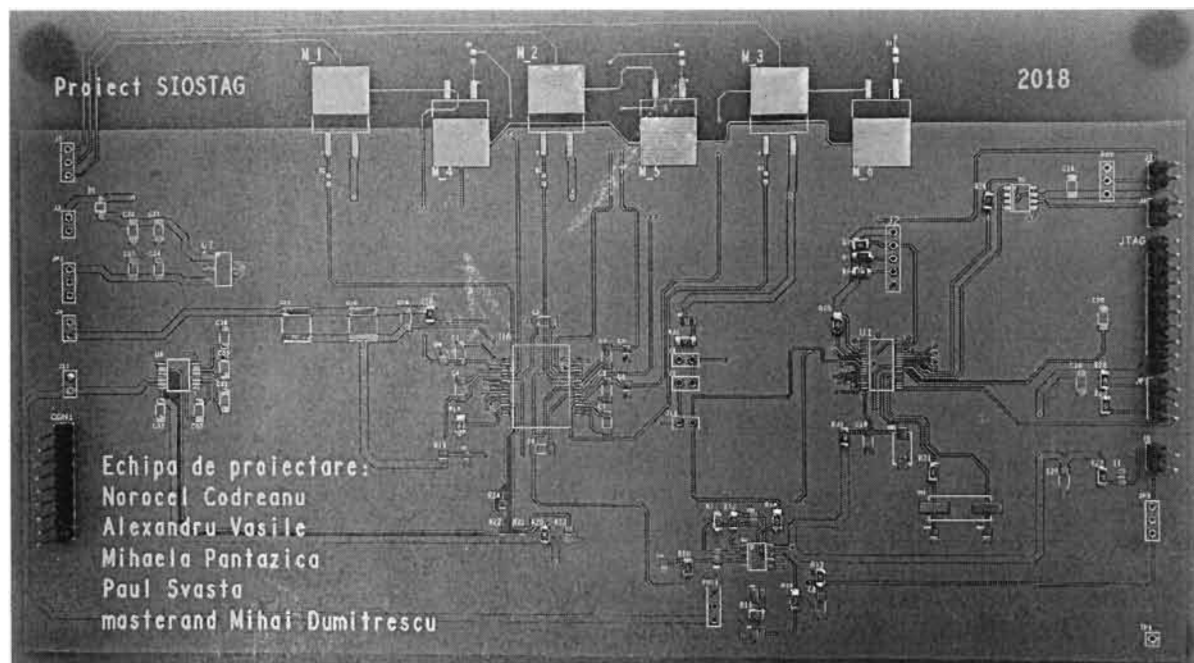


Fig. 7 Placa de circuit imprimat reală, după fabricație

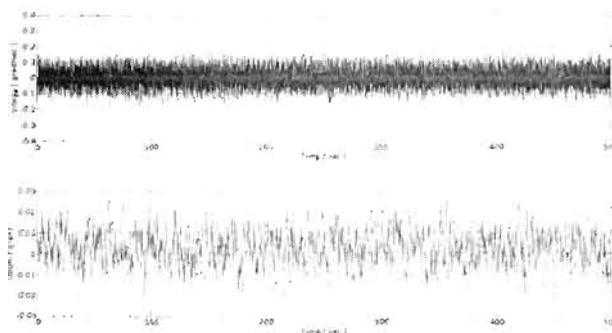


Fig. 8 Viteza unghiulară și eliminarea drift-ului pe termen lung (cu albastru), respectiv media mobilă a acesteia pe 1000 de citiri (cu roșu) utilizând un filtru complementar

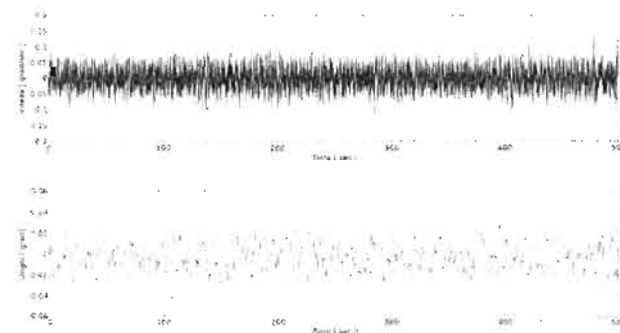


Fig. 9 Viteza unghiulară și eliminarea drift-ului pe termen lung (cu albastru), respectiv media mobilă a acesteia pe 1000 de citiri (cu roșu) utilizând un filtru Kalman

S. Corob