



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2010 00768

(22) Data de depozit: 30.08.2010

(41) Data publicării cererii:  
30.04.2012 BOPI nr. 4/2012

(71) Solicitant:  
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN  
CLUJ-NAPOCA, STR. MEMORANDUMULUI  
NR.28, CLUJ NAPOCA, CJ, RO

(72) Inventatori:  
• MĂNDRU DAN, STR. MOGOȘOAI A NR.1,  
AP.39, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;

• LUNGU IOAN, ALEEA VIDRARU NR.9-11,  
AP.45, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;  
• NOVEANU SIMONA, STR.PARÂNG  
NR.10, AP.44, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO

(74) Mandatar:  
CABINET DE PROPRIETATE  
INDUSTRIALĂ CIUPAN CORNEL,  
STR. MESTECENILOR NR. 6, BL. 9E, AP. 2,  
CLUJ NAPOCA, JUDEȚUL CLUJ

(54) ACTUATORI LINIARI ȘI ROTATIVI PE BAZĂ DE ALIAJE CU  
MEMORIA FORMEI

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o familie de actuatori liniari și rotativi, pe bază de aliaj cu memoria formei, realizați în mai multe tipodimensiuni, destinați acționării sistemelor specifice mecanicii fine și mecatronicii. Familia de actuatori, conform invenției, cuprinde un actuator liniar, alcătuit în principal dintr-o carcasă (1) în interiorul căreia este configurat, prin intermediul unor role (8) de ghidare, un anumit traseu pentru un fir (9) dintr-un aliaj cu memoria formei, firul (9) fiind trecut printr-o prelu-crare a unui ax (3) de ieșire, iar extremitățile lui fiind fixate prin intermediul unor știfturi (6), firul (9) fiind comandat de către un montaj electronic, prin impulsuri modulate în lățime, astfel încât, la activarea firului (9), acesta se încălzește rezistiv până la o temperatură ce depășește temperatura de transformare de fază, devenind mai scurt, situație în care va exercita o forță de tracțiune asupra axului (3) ce se va deplasa în interiorul carcasei (1), comprimând un arc (5) elicoidal, iar la dezactivarea firului (9), temperatura acestuia scade și, sub acțiunea arcului (5), firul revine la o lungime corespunzătoare reluării unui nou ciclu, iar axul (3) este deplasat în afară, și un actuator rotativ, alcătuit în principal dintr-o carcasă (1a) în interiorul căreia este configurat un traseu pentru două fire (9a și 9b) cu memoria formei, câte un capăt al firelor (9a și 9b) dispuse antagonist fiind fixat prin intermediul unor știfturi (6a), iar celelalte capete fiind fixate printr-un alt știft (4a)

de o rolă (17) solidară cu un ax (3a) de ieșire, astfel încât activarea succesivă a firelor (9a și 9b), prin intermediul unui montaj electronic similar cu cel al actuatorului liniar, determină rotația axului (3a) în ambele sensuri.

Revendicări: 4  
Figuri: 11

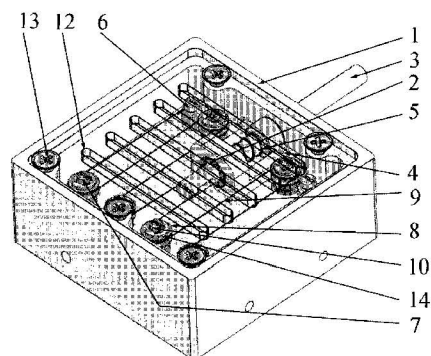


Fig. 2



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. <i>a 2010 00768</i>
Data depozit <i>30-08-2010</i>

24

## ACTUATORI LINIARI ȘI ROTATIVI PE BAZĂ DE ALIAJE CU MEMORIA FORMEI

Invenția se referă la o familie modularizată de actuatori liniari și rotativi, miniaturizați, nepoluauți, silențioși, cu număr redus de piese în mișcare, realizați în mai multe tipodimensiuni, în construcție compactă, destinați îmbunătățirii performanțelor globale ale sistemelor specifice mecanicii fine și mecatronicii, pe care le acționează. Funcționarea lor este determinată de manifestarea efectului de memorare a formei a unui/unor elemente active din structură.

Se cunosc numeroase soluții de realizare a unor actuatori liniari și rotativi pe bază de aliaje cu memoria formei. În scopul realizării unei mișcări de translație, este cunoscut un actuator liniar unidirecțional, la care este încălzit rezistiv un fir din aliaj cu memoria formei, ceea ce conduce la revenirea lui la o lungime mai mică, alungirea fiind asigurată de o greutate. De asemenea, un alt actuator liniar este caracterizat de faptul că alungirea elementului activ de tip fir este asigurată de un element elastic. Conform brevetului US 2007/0119165 A1, un actuator bidirecțional are în structură două elemente active din aliaj cu memoria formei, dispuse în configurație antagonistă, la care relaxarea unui element activ este dată de activarea celuilalt element. Acestea sunt comandate succesiv, cursa actuatorului fiind controlată în ambele sensuri. În același scop, sunt cunoscuți alți actuatori liniari uni- și bidirecționali, a căror funcționare are la bază revenirea la forma memorată a unor elemente din aliaje cu memoria formei, de diferite forme constructive (bandă, tub, arc elicoidal, etc.).

În scopul acționării în mișcare de rotație, se cunosc actuatori rotativi la care firele din aliaj cu memoria formei sunt poziționate pe niște discuri fixate pe axul de rotație, astfel încât prin activarea și scurtarea acestora, se realizează deplasări unghiulare ale axului. În funcție de poziționarea firelor și de caracteristicile lor geometrice și de material, se obțin diferite valori ale parametrilor de ieșire (cursă unghiulară și moment motor). Alte variante de actuatori rotativi cunoscuți au în structură mecanisme care transformă mișcarea de translație în mișcare de rotație. Un asemenea mecanism este realizat dintr-un sector dințat solidarizat de un braț articulată, care în momentul activării elementului din aliaj cu memorie, determină angrenarea sectorului dințat cu o roată dințată cilindrică, obținându-se astfel o mișcare de rotație la nivelul axului de ieșire. Brevetul US 5396769/1995 prezintă un actuator rotativ bidirecțional cu două fire din aliaj cu memoria formei, înfășurate pe elemente fixate pe axul de rotație; în funcție de firul încălzit rezistiv, se realizează rotația într-un sens sau în celălalt. Sunt cunoscuți și alți actuatori rotativi, cu elemente active în formă de arc elicoidal, arc spiral plan, arc de torsiune, bandă, etc.

Dezavantajul major al acestor actuatori este reprezentat de faptul că sunt concepuți pentru o anumită aplicație, fiind limitate posibilitățile de modificare a parametrilor funcționali, în concordanță cu cerințele altor aplicații. Nu au o structură modularizată și construcția lor nu este compactă. De asemenea, au un răspuns lent la răcire, ceea ce determină o frecvență redusă a ciclurilor de operare iar schemele de control sunt complexe.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția de față constă în realizarea unei familii modularizate de actuatori liniari și rotativi, pe bază de fire din aliaj cu memoria formei, concepuți în construcție compactă, în mai multe tipodimensiuni, cu conectare facilă atât cu mecanismele acționate cât și cu sistemul de alimentare, comandă și control. Este asigurată adaptarea optimă a actuatorilor aleși de către un potențial utilizator, la condițiile impuse de o anumită aplicație

*Memoria formei* reprezintă proprietatea termomecanică a anumitor aliaje de a reveni la o formă și dimensiuni "memorate", ca urmare a unei transformări reversibile martensită-austenită, în anumite condiții de temperatură. Actuatorii realizați cu astfel de materiale au în

structură unul sau mai multe elemente active, cu deformație limitată controlată, determinată de manifestarea efectului de memorare a formei. Actuatorii electrici sunt cei la care încălzirea se realizează prin efect Joule, la trecerea unui curent prin elementele active.

Efectul de memorare a formei uni-sens indus în elementele active de tip fir le conferă acestora următorul comportament: după obținerea firelor de un anumit diametru și o anumită lungime, acestea sunt alungite cu aproximativ 3-5 % din lungimea lor inițială la o temperatură ce corespunde fazei lor martensitice. Prin încălzire la o temperatură ce depășește temperatura de transformare de fază, acestea revin la lungimea inițială, scurtându-se chiar și împotriva unei forțe semnificative. Pentru un nou ciclu de funcționare, este necesară o nouă alungire a firelor, după ce acestea s-au răcit și sunt din nou în fază martensitică.

Familia de actuatori liniari și rotativi, conform invenției, înlătură dezavantajele precizate mai sus, prin aceea că actuatorii sunt concepuți pe module, în mai multe tipodimensiuni, prin combinarea judicioasă a modulelor dezvoltându-se o familie de actuatori. Familia de actuatori permite obținerea unei game variate de parametri de ieșire (cursă liniară sau unghiulară, forța motoare, respectiv cuplu motor) pe baza unei platforme comune minimale, asigurându-se astfel adaptarea la cerințele diferitelor aplicații, în condițiile reducerii substanțiale a numărului componentelor distincte din structură. Familia de actuatori liniari și rotativi rezultă prin combinarea câte unui modul din următoarele sisteme modulare:

- sistemul modular al elementelor active;
- sistemul modular al structurii mecanice asociate;
- sistemul modular de comandă și control;
- sistemul modular de încapsulare și carcasă.

Modulele din structura unui sistem modular se diferențiază după soluția constructivă ce materializează funcția lui și după dimensiuni.

Actuatorii folosesc ca și elemente active fire din aliaj cu memoria formei, încălzirea lor realizându-se prin efect Joule, ca rezultat al parcurgerii de un curent electric. Se cunoaște faptul că mărirea efectului de memorare este de 3-5 % din lungimea firelor, astfel cursa actuatorilor este direct proporțională cu lungimea firului sau firelor din aliaj cu memorie, din structură. Rezultă că se pot obține curse diferite, folosind elemente active de lungimi diferite. De asemenea, este cunoscut faptul că forța dezvoltată la revenirea la forma memorată este direct proporțională cu secțiunea firelor din aliaj cu memorie a formei. Astfel, se pot obține forțe sau cupluri diferite, folosind fire cu diametre diferite sau prin legarea în paralel din punct de vedere mecanic, a mai multor fire. Posibilitățile de a modifica parametri de ieșire se diversifică prin utilizarea unor fire din aliaje diferite..

Structura mecanică asociată are rolul de a susține elementele active, asigurând acțiunea lor în maniera dorită, le protejează la suprasarcini și la deformații excesive, transformă efectul de memorare a formei într-o acțiune utilă; în cazul elementelor active educate cu efect uni-sens, revenirea la forma memorată are loc împotriva unei forțe (*forță de relaxare*) care, la răcire deformează elementul, aducându-l din nou la forma corespunzătoare temperaturilor joase. Conform acestei invenții, la actuatorii liniari, relaxarea elementului activ se realizează prin intermediul unui element elastic de tip arc elicoidal de compresiune, iar la actuatorii rotativi - printr-un alt fir, dispus antagonist față de primul. Firele sunt ghidate de niște role, confecționate dintr-un material termoizolant, dispuse simetric în interiorul carcasei. Poziția rolor și traseul firelor determină lungimea acestora și astfel, cursa actuatorilor. Pentru a determina o frecvență ridicată a ciclurilor de încălzire - răcire a elementelor active, carcasa este prevăzută cu un număr mare de fante, care asigură condițiile unei viteze mai mari de răcire.

Schema electronică a actuatorilor are la bază un microcontroler care comandă firele din aliaj cu memoria formei prin impulsuri modulate în lățime. Cablajul electronic este astfel conceput încât modulul electronic să poată fi integrat în carcasa actuatorilor.

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu figurile 1-11, care reprezintă:

- figura 1, familia de actuatori: (a) – liniari, (b) - rotativi;
- figura 2, vedere axonometrică a unui actuator liniar;
- figura 3, vedere explodată a unui actuator liniar;
- figura 4, traseul firului din aliaj cu memoria formei, la un actuator liniar;
- figura 5, vedere axonometrică a unui actuator rotativ;
- figura 6, vedere explodată a unui actuator rotativ;
- figura 7, traseul firelor din aliaj cu memoria formei, la un actuator rotativ;
- figura 8, schemă electronică pentru un actuator liniar;
- figura 9, cablajul pentru un actuator liniar;
- figura 10, schema de integrare a plăcii electronice în carcasa unui actuator liniar;
- figura 11, schemă electronică pentru un actuator rotativ.

În figura 1 sunt prezentați trei actuatori liniari și trei actuatori rotativi a căror funcționare are la bază revenirea la forma memorată a unui fir sau a unor fire din aliaj cu memoria formei. Cele trei tipodimensiuni permit obținerea unor parametri de ieșire diferiți: curse liniare și forțe, respectiv curse unghiulare și cupluri.

În conformitate cu figurile 2, 3 și 4, un actuator liniar, din componența familiei de actuatori, conform invenției, are următoarea structură și funcționare: în interiorul carcasei 1 se montează axul de ieșire 3, prin intermediul bucșei 2, precum și reperate ax lung 7 și ax scurt 10, pe care se montează rolele 8, cu rol de ghidare a firului din aliaj cu memorie 9. Acesta este trecut printr-o prelucrare a axului de ieșire 3, capetele fiind fixate prin intermediul știfturilor de fixare 6. Reperate ax lung 7 servesc la montarea plăcii electronice 11. Capacele 12, prevăzute cu fante, sunt fixate prin șuruburile 13. S-au mai notat: 14 – inel de siguranță, 15 – șaibă, 16 – piuliță. La activarea firului din aliaj cu memorie 9, acesta se încălzește rezistiv până la o temperatură ce depășește temperatura de transformare de fază, astfel că revine la o lungime mai scurtă; capetele fiind fixate, firul din aliaj cu memorie 9 va exercita o tracțiune asupra axului 3 care se va deplasa înspre interiorul carcasei, comprimând arcul elicoidal 5. Când firul din aliaj cu memorie 9 este dezactivat, temperatura lui scade sub cea de transformare de fază și sub acțiunea arcului 5, firul este întins la lungimea corespunzătoare reluării unui nou ciclu iar axul 3 este deplasat în afară. Mișcarea liniară produsă de actuator este controlată pe cursa sa activă, la tragerea axului 3 înspre interiorul carcasei, revenirea în sens invers fiind asigurată de arcul 5. Prin modificarea distanței dintre role și a numărului de role, se modifică lungimea firului din aliaj cu memoria formei, și astfel, cursa actuatorului. Prin modificarea diametrului firului sau prin legarea mai multor fire, în paralel, din punct de vedere mecanic, se modifică forța dezvoltată.

Un actuator rotativ, conform invenției, în concordanță cu cele prezentate în figurile 5, 6 și 7, are următoarea structură și funcționare: în carcasa 1, se montează axul de ieșire 3a, prin intermediul bucșei 2a. De axul 3a se solidarizează rola de antrenare 17, cu ajutorul știftului 4a. Acesta are și rolul de a fixa câte o extremitate a firelor 9a și 9b, de rola de antrenare 17, și astfel de axul 3a. Cealaltă extremitate a firelor 9a și 9b este fixată de știfturile de fixare 6a. Reperate ax scurt 10a susțin rolele 8a, care asigură traseul celor două fire din aliaj cu memoria formei 9a și 9b. Capacul cu fante 12a este montat cu șuruburile 13a. Firele 9a și 9b sunt activate succesiv: la activarea firului 9a, acesta se încălzește până la o temperatură peste cea de transformare de fază, revine la o lungime mai mică (se scurtează); cum un capăt este fixat la carcasă, prin celalalt capăt antrenează în mișcare rola de antrenare 17 și astfel, axul ieșire 3a. În această etapă are loc alungirea firului 9b. La activarea firului 9b, funcționarea este similară, mișcarea având loc în sens invers. Prin modificarea distanței dintre rolele 8a, a numărului de role și a diametrului rolei de antrenare 17, se modifică lungimea firelor din aliaj cu memoria formei, și astfel, cursa unghiulară a actuatorului. Prin modificarea

diametrului firelor sau prin legarea mai multor fire, în paralel, din punct de vedere mecanic, se modifică cuplul dezvoltat.

Conform invenției, în concordanță cu figura 8, schema electronică a actuatorului liniar este compusă dintr-un microcontroler de tip AVR ATmega8 care comandă firele din aliaj cu memoria formei prin impulsuri modulate în lățime (PWM). Aceste impulsuri sunt aplicate în baza tranzistorului darlington Q1, TIP122. Firul din aliaj cu memoria forme se conectează la cablaj prin conectorul J3. Curentul ce străbate firul este măsurat prin rezistența R7. Căderea de tensiune pe rezistență este amplificată de amplificatorul U2, uA741, fiind conceput ca și amplificator diferențial. Tensiunea amplificată de U2 este aplicată convertorului analog-digital al microcontrolerului prin pinul PC02(ADC02). Valoarea curentului măsurat este aplicată algoritmului de control al actuatorului pentru a controla în buclă închisă. Totodată în algoritmul de control este inclusă și măsurarea temperaturii firului printr-un termistor ce se conectează la cablaj prin conectorul J1. Semnalul electric preluat de la termistor este aplicat microcontrolerului prin pinul PC04(ADC04). Schema electronică a actuatorului este concepută astfel încât se pot aplica la intrare semnale analogice (PC04-ADC04) cât și digitale (Rxd, Txd). Alegerea tipului de semnal se realizează prin intermediul rezistențelor R2 și R5 ce sunt folosite pe post de jumper. Algoritmul de comandă este astfel conceput încât pentru o intrare analogică de 5V să rezulte la ieșirea actuatorului o deplasare de 5mm. Semnalele de intrare sunt aplicate circuitului prin conectorul J2. Alimentarea actuatorului se poate face între 5V și 9V. Acesta este prevăzut și cu un LED de semnalizare D3 a prezenței tensiunii în circuit. Microcontrolerul funcționează cu o frecvență de lucru de 8MHz și se poate programa utilizând un programator STK200. Cablajul electronic, prezentat în figura 9, este conceput pentru a utiliza cât mai multe componente SMD (*surface mount device*) permițând astfel integrarea plăcii electronice în carcasa actuatorului liniar, așa cum este ilustrat în figura 10.

Conform figurii 11, pentru actuatorii rotativi se utilizează o schemă electronică similară cu diferența că sunt comandate două fire din aliaj cu memoria forme. Conectorii de pentru fire sunt conectați prin mufele J3 și J4 în emitorul tranzistorului Q1, respectiv în emitorul tranzistorului Q2. Această modificare față de actuatorul liniar s-a făcut pentru a avea potențial 0 pe carcasa actuatorului.

Prin aplicarea invenției, se obțin următoarele avantaje:

- familia de actuatori liniari și rotativi acoperă o plajă largă a parametrilor de ieșire (cursă liniară sau unghiulară, forță, cuplu);
- parametri de ieșire sunt modificați prin modificarea caracteristicilor geometrice ale unor reperi din structură sau prin modificarea numărului și a modalității de dispunere a unor reperi;
- există posibilitatea de a alege cel mai potrivit actuator, pentru o aplicație dată, dintr-o familie de actuatori liniari și rotativi, în funcție de parametri de ieșire necesari;
- construcția actuatorilor din structura familiei de actuatori este simplă, cu puține piese în mișcare, asigurând o funcționare sigură, silențioasă, un număr mare de cicluri de funcționare, în condițiile reducerii greutateii și volumului;
- structura modulară, pe mai multe tipodimensiuni, asigură simplificarea proiectării și reducerea cheltuielilor de fabricație și permite derularea unitară a metodologiei de testare;
- prin soluția aleasă, placa electronică este incorporată în carcasă, alături de elementele active și structura mecanică asociată, conducând la o structură compactă a actuatorilor;
- există posibilitatea diversificării familiei de actuatori;
- răspunsul în timp al actuatorilor este îmbunătățit prin reducerea timpului de răcire a elementelor active, prin realizarea unor fante în capacele actuatorilor;

## REVENDICĂRI

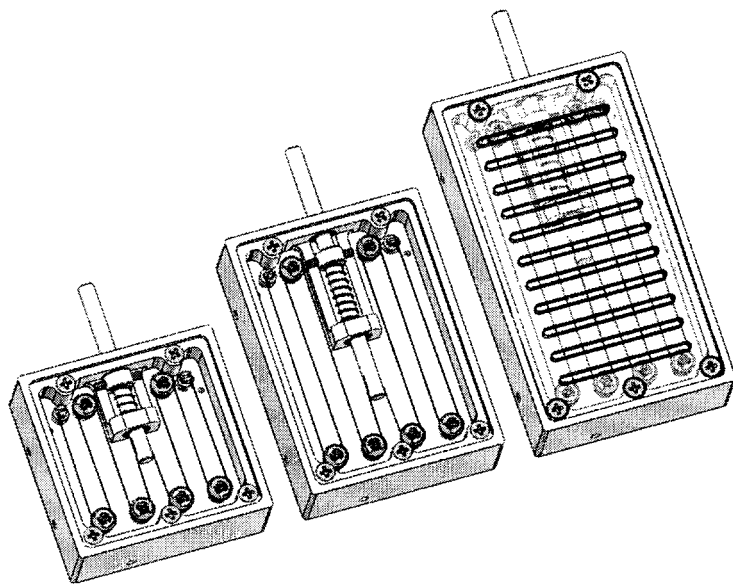
1. Familie modularizată de actuatori liniari și rotativi, pe bază de aliaj cu memoria formei, realizați în mai multe tipodimensiuni, destinați acționării sistemelor înalt performante specifice mecanicii fine și mecatronicii, caracterizați prin aceea că permite obținerea unei game variate de parametri de ieșire (cursă liniară sau unghiulară, forța motoare sau cuplu motor) pe baza unei platforme comune minimale, asigurându-se astfel adaptarea la cerințele diferitelor aplicații, în condițiile reducerii substanțiale a numărului componentelor distincte din structură.

2. Actuatori liniari pe bază de fire din aliaj cu memoria formei, conform revendicării 1, caracterizați prin aceea că în interiorul carcasei 1, este asigurat un anumit traseu (și astfel – o anumită lungime) pentru firul din aliaj cu memorie 9, prin intermediul rozelor 8; extremitățile firului 9 sunt fixate prin știfturile 6, firul fiind trecut printr-o prelucrare a axului de ieșire 3, la revenirea la forma memorată, acționează asupra acestuia, tragându-l înspre interiorul carcasei iar revenirea este asigurată de un arc elicoidal de compresiune 5.

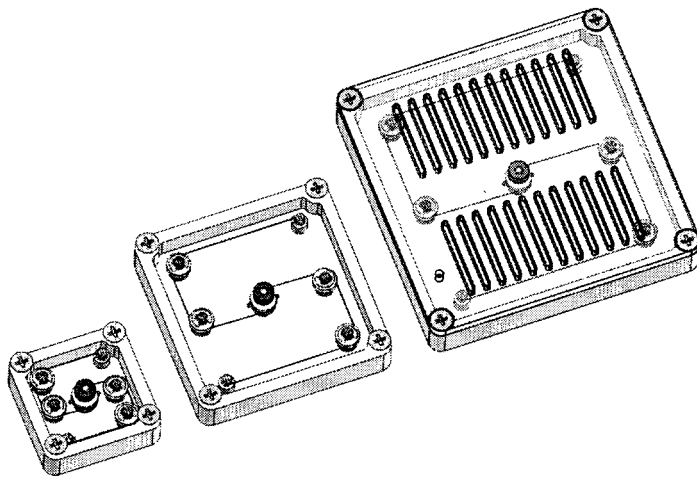
3. Actuatori rotativi pe bază de fire din aliaj cu memoria formei, conform revendicării 1, caracterizați prin aceea că în interiorul carcasei 1a, este asigurat un anumit traseu pentru firele din aliaj cu memoria formei 9a și 9b, prin intermediul rozelor 8a; câte un capăt al firelor 9a și 9b, dispuse antagonist, este fixat la carcasa prin știfturile 6a, celelalte capete fiind fixate prin știftul 4a de rola 17, solidarizată de axul de ieșire 3a, astfel că activarea succesivă a firelor determină rotația axului 3a, în ambele sensuri.

4. Actuatori liniari și rotativi pe bază de fire din aliaj cu memoria formei, conform revendicărilor 1, 2 și 3, caracterizați prin aceea că schema lor electronică are în structură un microcontroler ce comandă firele din aliaj cu memoria formei prin impulsuri modulate în lățime, iar cablajul electronic este astfel conceput încât placa electronică să poată fi integrată în carcasa actuatorilor.

30-08-2010



a



b

Figura 1

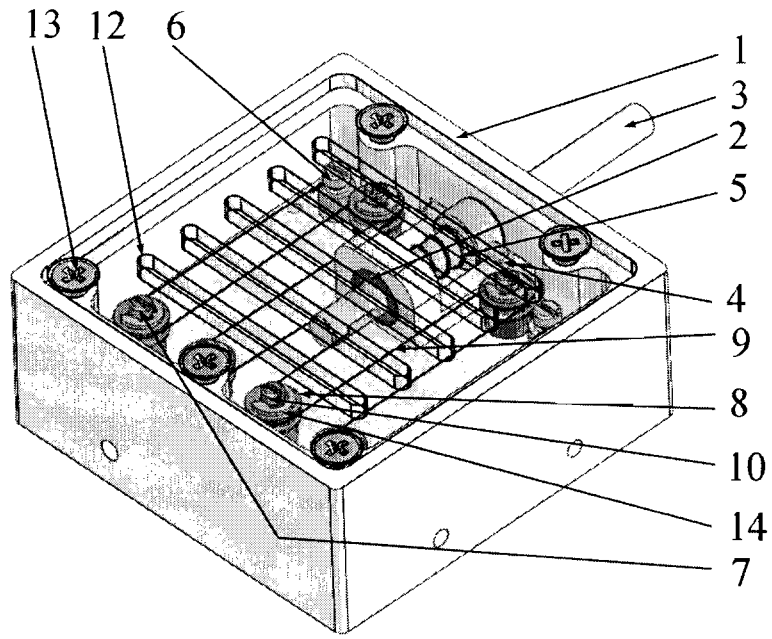


Figura 2



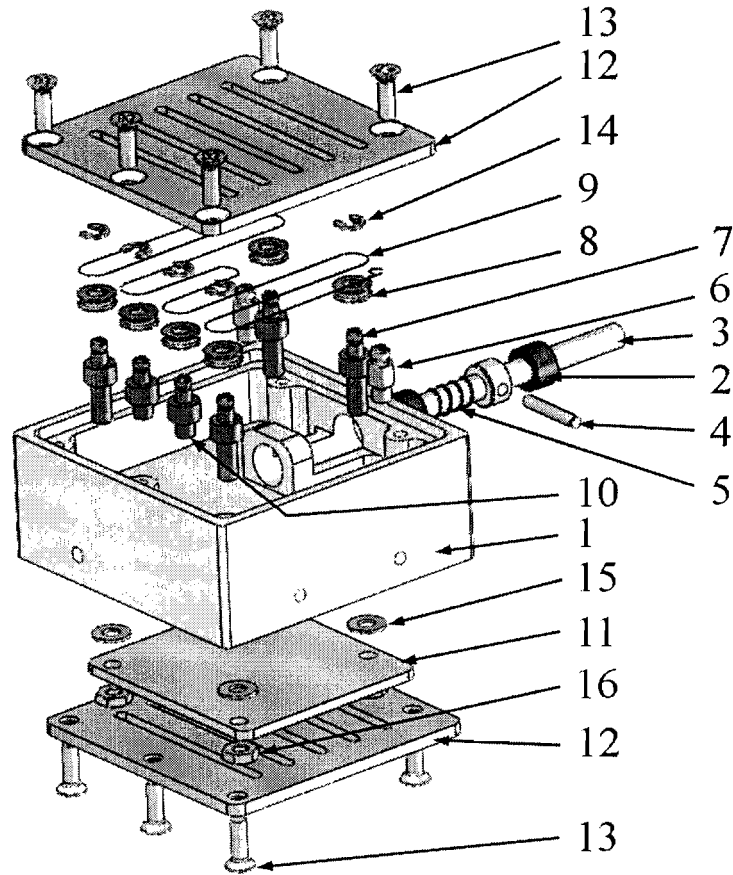


Figura 3

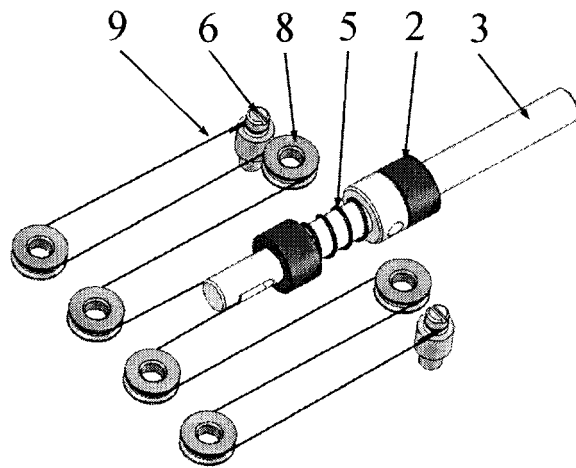


Figura 4

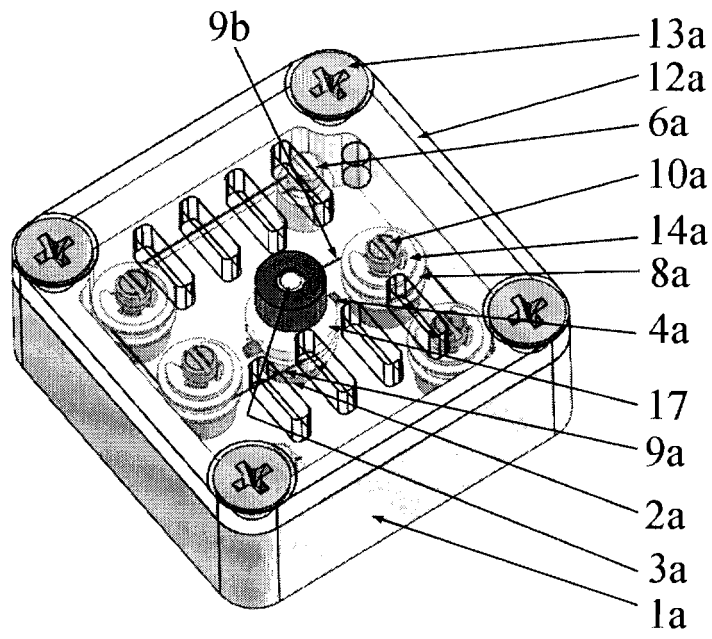


Figura 5

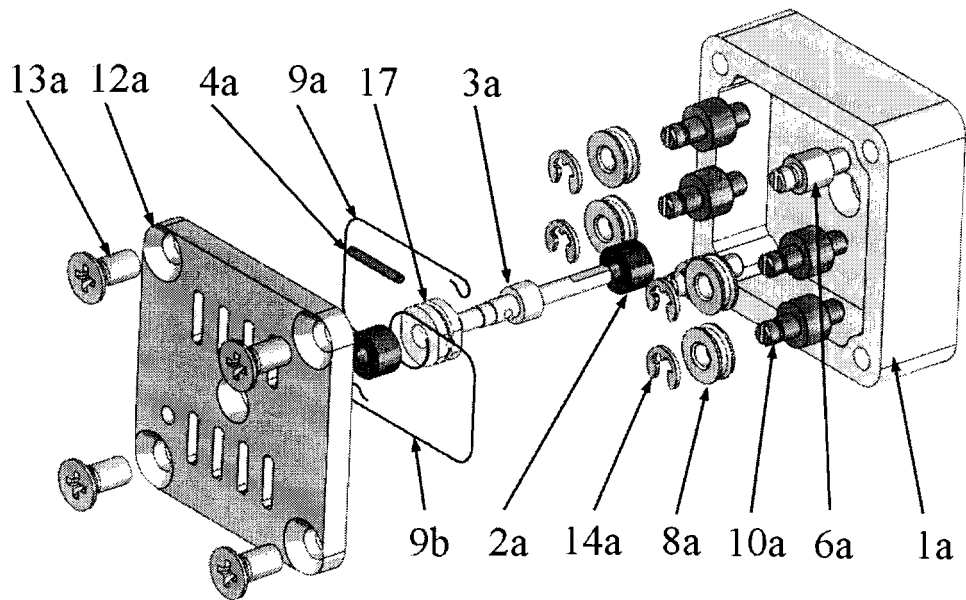


Figura 6

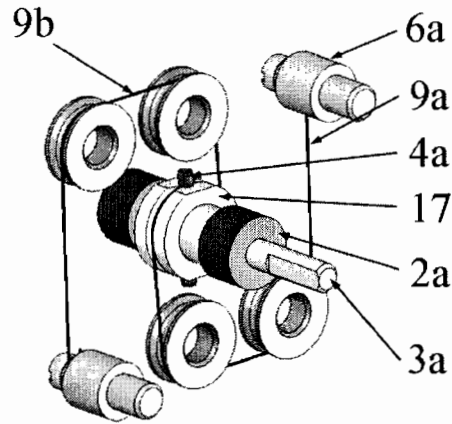


Figura 7

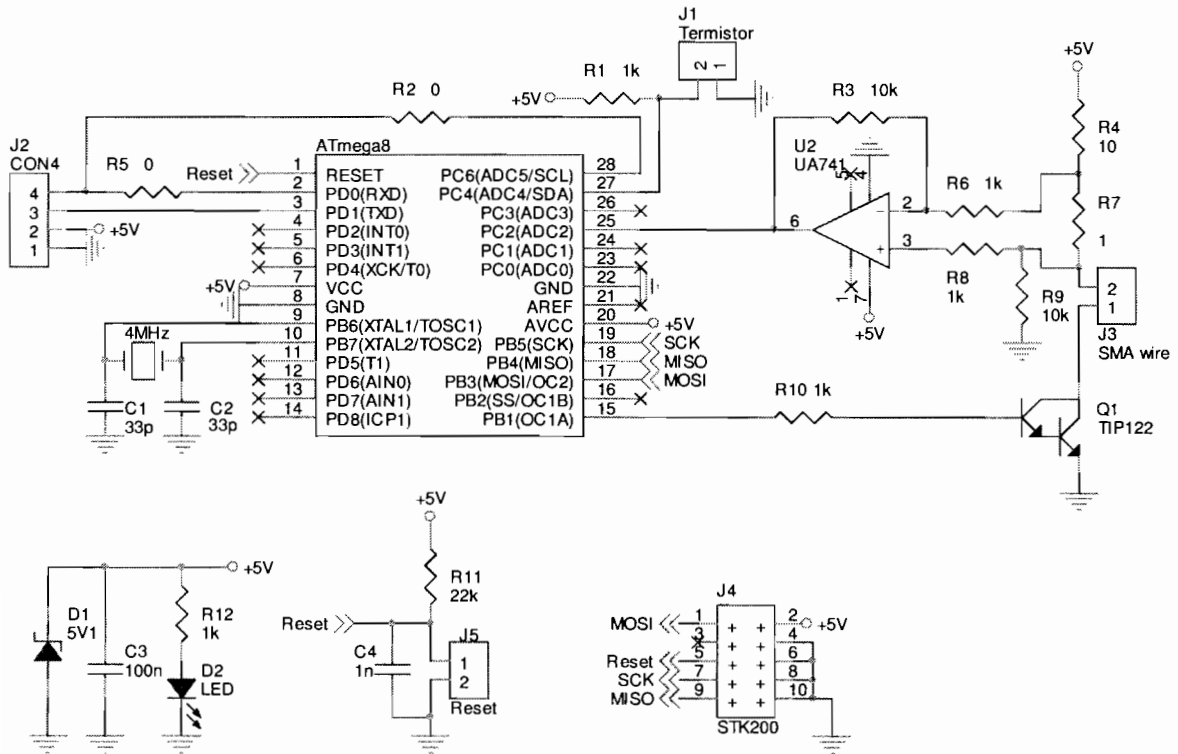


Figura 8

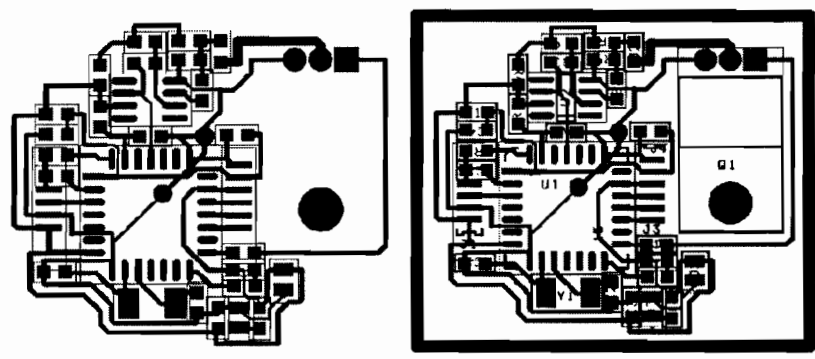


Figura 9

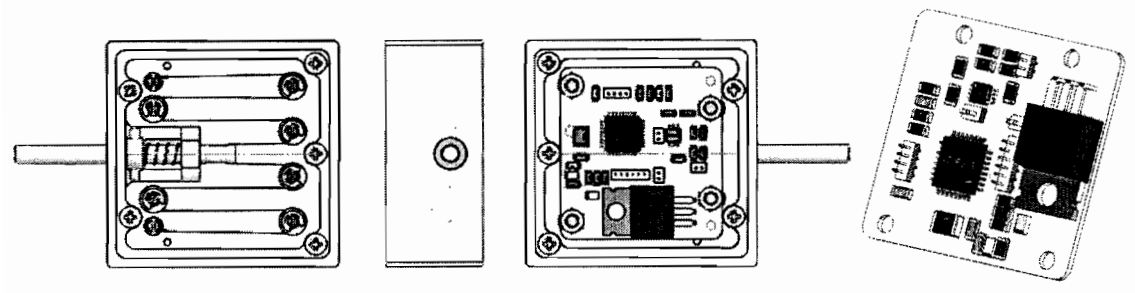


Figura 10

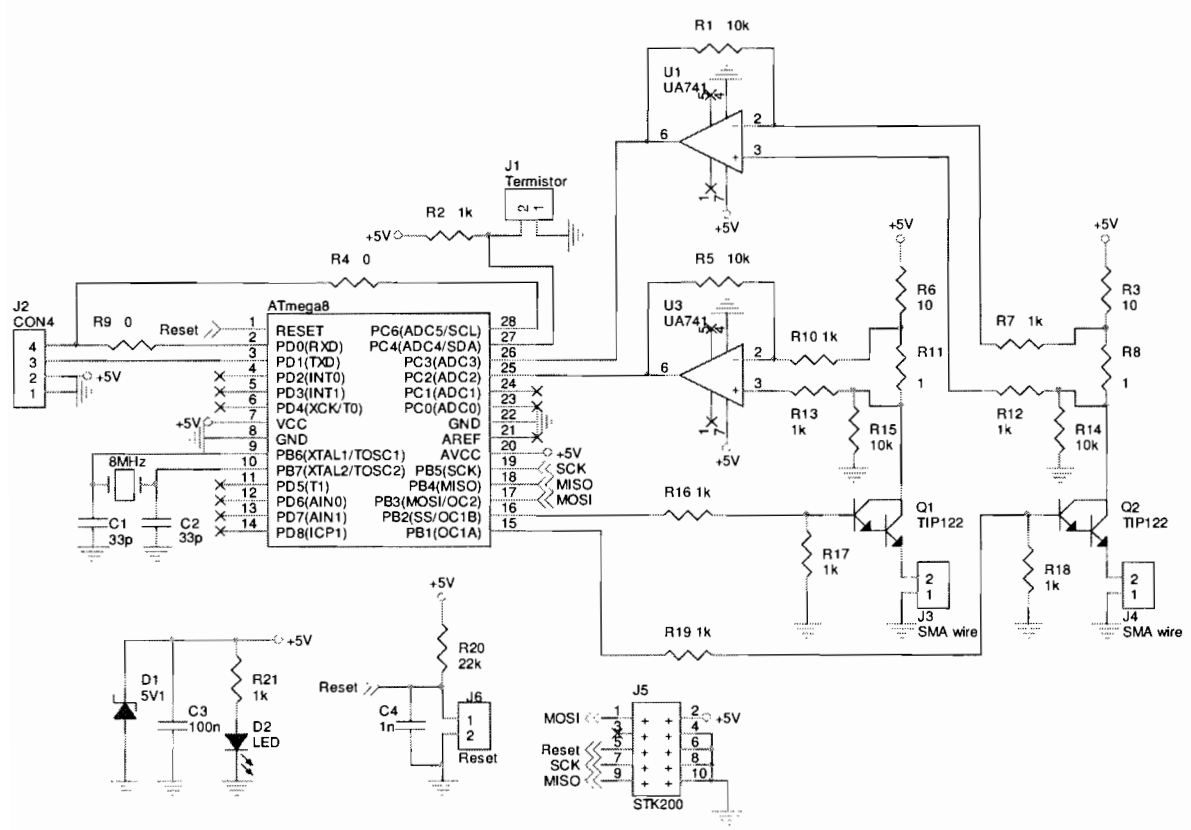


Figura 11