

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2011 01125

(22) Data de depozit: 09.11.2011

(41) Data publicării cererii:  
30.07.2013 BOPI nr. 7/2013

(71) Solicitant:  
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE  
ASACHI" DIN IAȘI,  
BD.PROF.D. MANGERON NR.67, IAȘI, IS,  
RO

(72) Inventatori:  
• DOROFTEI IOAN, STR. AMURGULUI  
NR. 8, BL. 258A, SC. B, ET. 1, AP. 5, IAȘI,  
IS, RO;  
• ȘTIRBU BOGDAN, STR. CEFERIȘTILOR  
BL. B 29, SC. A, AP. 29, PAȘCANI, IS, RO

(54) MICROROBOT PĂȘITOR BIOMIMETIC

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un microrobot pășitor biomimetic, ce utilizează fire dintr-un aliaj cu memoria formei, pentru ridicarea-coborârea picioarelor, respectiv, pentru deplasarea către înainte-înapoi a acestora, în scopul deplasării microrobotului. Microrobotul conform invenției este alcătuit dintr-un corp (1) central, pe care sunt montate șase mecanisme, care constituie niște picioare, fiecare picior având un element (2) cinematic solidar cu o fulie (15) de rază  $R_1$  și legat, printr-o cuplă (A) cinematică activă, la corpul (1) central, un element (3) cinematic solidar cu o altă fulie (16) de rază  $R_2$  și conectat la primul element (2), prin intermediul unei alte cuple (B) cinematice active, un element (4) care este legat la celălalt element (3) cinematic printr-o cuplă (D) cinematică pasivă, ajungând în contact cu primul element (2) printr-o altă cuplă (C) cinematică superioară, un alt element (5) cinematic, legat cu al patrulea element (4) printr-o altă cuplă (E) cinematică, acționată de niște elemente (13 și 14) elastice, care asigură complianța piciorului pe direcție verticală, acționarea, în ambele sensuri, a cuplei (A) cinematice fiind asigurată de niște fire (6 și 7) cu memoria formei, fire tensionate de niște elemente (8 și 9) elastice, care asigură și complianța piciorului pe direcție orizontală, cupla (B)

fiind acționată, în sensul coborârii piciorului, de un fir (10), iar în sens invers, de un element (11) elastic, menținerea în contact a elementelor (4 și 2) cinematice fiind asigurată de un element (12) elastic.

Revendicări: 2

Figuri: 3

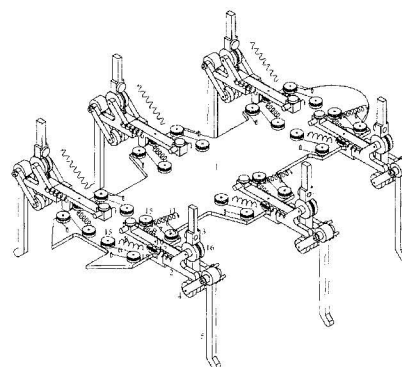
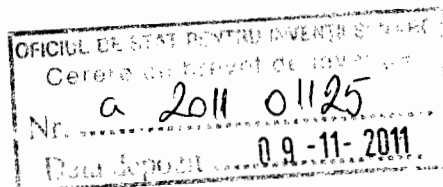


Fig. 3





## MICROROBOT PĂȘITOR BIOMIMETIC

Invenția se referă la un microrobot pășitor biomimetic, acționat cu fire din aliaj cu memoria formei, a căror masă și dimensiuni permit miniaturizarea sistemului și asigurarea unei complianțe acestuia, în vederea apropierii de sistemele biologice.

Microrobotul poate fi utilizat pentru inspectarea unor spații foarte înguste, inaccesibile omului sau altor vehicule, cât și pentru aplicații speciale, deoarece deplasarea acestuia se face fără zgomot.

Sunt cunoscute vehiculele pășitoare cu acționare electrică, convențională, dar care prezintă dezavantajul că dimensiunile motoarelor limitează posibilitatea miniaturizării acestora. De asemenea, se cunosc o serie de microroboți pășitori acționați cu fire din material cu memoria formei, cum ar fi roboții Apteră, RoACH, HAMR, Boris sau Stiquito, etc., a căror construcție este foarte simplă, folosind sârmă din oțel arc sau benzi elastice din diverse materiale pentru realizarea picioarelor, ceea ce face ca deplasarea acestora după o anumită traiectorie să nu poată fi controlată cu precizie.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția de față constă în realizarea unui microrobot pășitor biomimetic, cu șase picioare acționate cu fire din aliaje cu memoria formei, fiecare picior fiind un mecanism cu structură mixtă (conține o buclă închisă), cu două grade de mobilitate active și unul pasiv, folosind elemente rigide și cuple cinematice clasice, și având înglobate elemente elastice pentru asigurarea complianței.

Microrobotul pășitor biomimetic, conform invenției, este prevăzut cu un corp central, pe care sunt montate șase mecanisme cu rol de picioare, ce asigură locomoția microrobotului. Mecanismul fiecărui picior este format dintr-un lanț cinematic cu structură mixtă, având două cuple cinematice de rotație active, una necesară ridicării-coborârii piciorului, rotindu-l cu un unghi  $\theta_1$  în jurul unei axe orizontale, cealaltă pentru rotația acestui picior, cu unghiul  $\theta_2$ , în jurul axei verticale a cuplei pe care piciorul o face cu șasiul, rotație necesară efectuării pasului pentru deplasarea efectivă a microrobotului. Pentru acționarea acestor cuple cinematice se utilizează fire din aliaj cu memoria formei având diametrul de 100  $\mu\text{m}$ . Pe lângă cele două grade de mobilitate active, mecanismul piciorului mai are un al treilea grad de mobilitate pasiv,  $\theta_3$ , asigurat de o cuplă cinematică de rotație „acționată” de două elemente elastice antagonice, care asigură complianța specifică sistemelor biologice, în scopul adaptării la

mediul în care se deplasează microrobotul, precum și a evitării distrugerii firelor din aliaj cu memoria formei, la coliziunea picioarelor cu obstacolele din acest mediu. Tot pentru asigurarea acestei compliantă, la deplasarea piciorului în plan orizontal, firele din aliaje cu memoria formei ce acționează cupla cinematică aferentă acestei mișcări sunt înseriate cu două elemente elastice. Firele din aliaje cu memoria formei au proprietatea că, atunci când sunt încălzite, se scurtează cu până la 8% din lungimea lor inițială. Încălzirea firelor menționate se face folosind metoda alimentării acestora cu un curent electric. Pentru ca procesul intern al firelor, acela de modificare a cristalelor, să aibă loc, astfel încât acestea să se scurteze la încălzire și să revină la lungimea inițială la răcire, este necesar ca ele să fie tensionate mecanic. În acest sens se folosesc elemente elastice sub forma unor arcuri elicoidale, acestea având și rolul de a aduce elementele cinematice ale piciorului în pozițiile inițiale, atunci când firele de aliaj cu memoria formei nu mai sunt încălzite. Deoarece valoarea scurtării unui fir depinde de lungimea sa, și fiindcă se dorește o construcție cât mai compactă a microrobotului dar cu rotații cât mai ample ale elementelor cinematice, se utilizează o serie de fulii, pe care se înfășoară acest fir. Pentru comanda robotului se folosește un microcontroler din familia PIC. Microrobotul poate merge înainte și poate vira stânga/dreapta, utilizând un mers de tip tripod (cu trei picioare simultan pe sol) sau în unde (cu patru sau cinci picioare simultan pe sol). Dimensiunile microrobotului sunt: lungime 130 [mm], latime 126 [mm], înaltime 70 [mm]. De asemenea, acesta are o masă totală de 35 [g].

Prin aplicarea invenției se obțin următoarele avantaje:

- microrobotul se poate deplasa cu ușurință în spații înguste;
- acesta poate fi utilizat pentru aplicații speciale de inspectare;
- dimensiunile mici și masa redusă a actuatorilor cu memoria formei permit miniaturizarea;
- includerea unor elemente compliantă în construcția microrobotului permite adaptarea acestuia la neregularitățile suprafeței pe care se deplasează, precum și evitarea ruperii firelor din aliaj cu memoria formei, la coliziunea cu obstacole;
- o cursă de ridicare a extremității piciorului mult mai mare decât cea obținută cu un picior cu structură serială, având aceleași dimensiuni de ansamblu; acest lucru permite utilizarea unor fire mai scurte, cu efect în reducerea consumului energetic, aspect foarte important în cazul acestui tip de acționare.

Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, în legătură și cu figurile 1, 2 și 3, care reprezintă:

- figura 1, schema cinematică echivalentă a unui picior, cu includerea actuatorilor
- figura 2, vedere 3D a piciorului
- figura 3, vedere 3D a microrobotului.

Microrobotul pășitor biomimetic, conform invenției, este alcătuit dintr-un corp central 1, pe care sunt montate cele șase mecanisme ce constituie picioarele robotului. Fiecare picior este alcătuit din: elementul cinematic 2, solidar cu fulia 15 de rază  $R_1$  și legat, prin cupla cinematică activă A, la corpul central; elementul cinematic 3, solidar cu fulia 16 de rază  $R_2$  și conectat la elementul 2 prin intermediul cuplei cinematice active B; elementul 4, ce este legat la elementul 3 prin cupla cinematică pasivă E și vine în contact cu elementul 2 printr-o cuplă cinematică superioară C; elementul cinematic 5, legat la elementul 4 prin cupla cinematică E, „acționată” de elementele elastice 13 și 14, care asigură complianța piciorului pe direcție verticală. Acționarea, în ambele sensuri, a cuplei cinematice A este asigurată de firele 6 și 7 cu memoria formei, fire tensionate de elementele elastice 8 și 9, care asigură și complianța piciorului pe direcție orizontală. Cupla B este acționată, în sensul coborârii piciorului, de firul 10, iar în sens invers, de elementul elastic 11. Menținerea în contact a elementelor cinematice 4 și 2 o asigură elementul elastic 12. În scopul reducerii masei totale a robotului, componentele electronice necesare pentru comanda acestuia se montează direct pe corpul său, fără a utiliza un cablaj suplimentar.

## Revendicări

1. Microrobotul pășitor biomimetic, conform invenției, este alcătuit dintr-un corp central (1), pe care sunt montate cele șase mecanisme cu structură mixtă, ce constituie picioarele robotului, alcătuite din elementul cinematic (2), ce asigură mișcarea de rotație în plan orizontal a piciorului, în scopul deplasării cu un pas a microrobotului, elementul cinematic (3), pentru mișcarea de ridicare-coborâre a piciorului, elementul (4), menținut în contact cu elementul (2) de către elementul elastic (12), elementul cinematic (5), legat elastic la elementul (4), asigurând complianța piciorului la coliziuni pe direcție verticală, prin elementele elastice (13) și (14).

2. Microrobotul pășitor biomimetic conform revendicării nr. 1, **caracterizat prin aceea că**, pentru acționarea cuplelor cinematice de rotație, necesare ridicării-coborârii picioarelor, se folosesc actuatori unidirecționali formați dintr-un fir din aliaj cu memoria formei (10) și un element elastic (11), iar pentru acționarea cuplelor cinematice de rotație necesare deplasării picioarelor înainte-înapoi, se folosesc firele (6) și (7) din aliaj cu memoria formei și elementele elastice (8) și (9), ce asigură și complianța piciorului la coliziuni pe direcție orizontală.

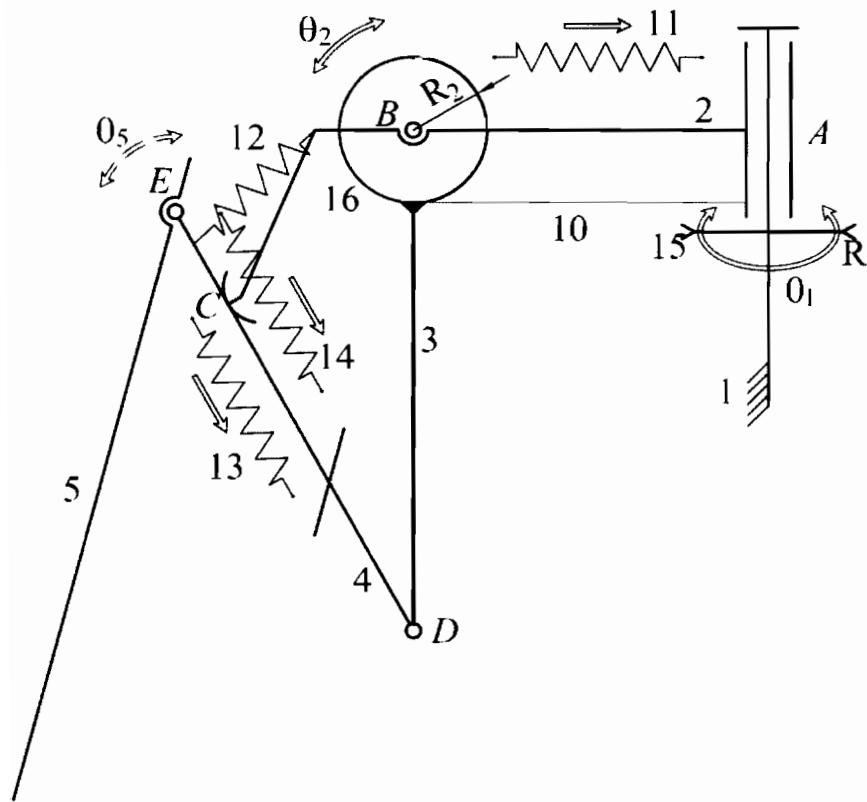


Figura 1

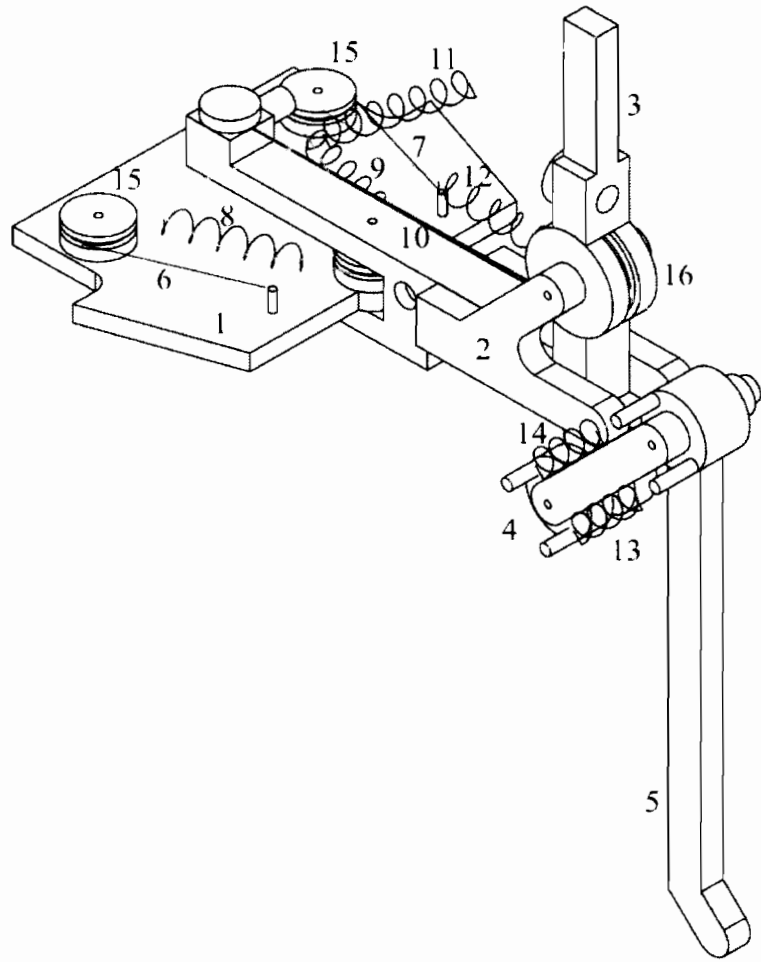


Figura 2

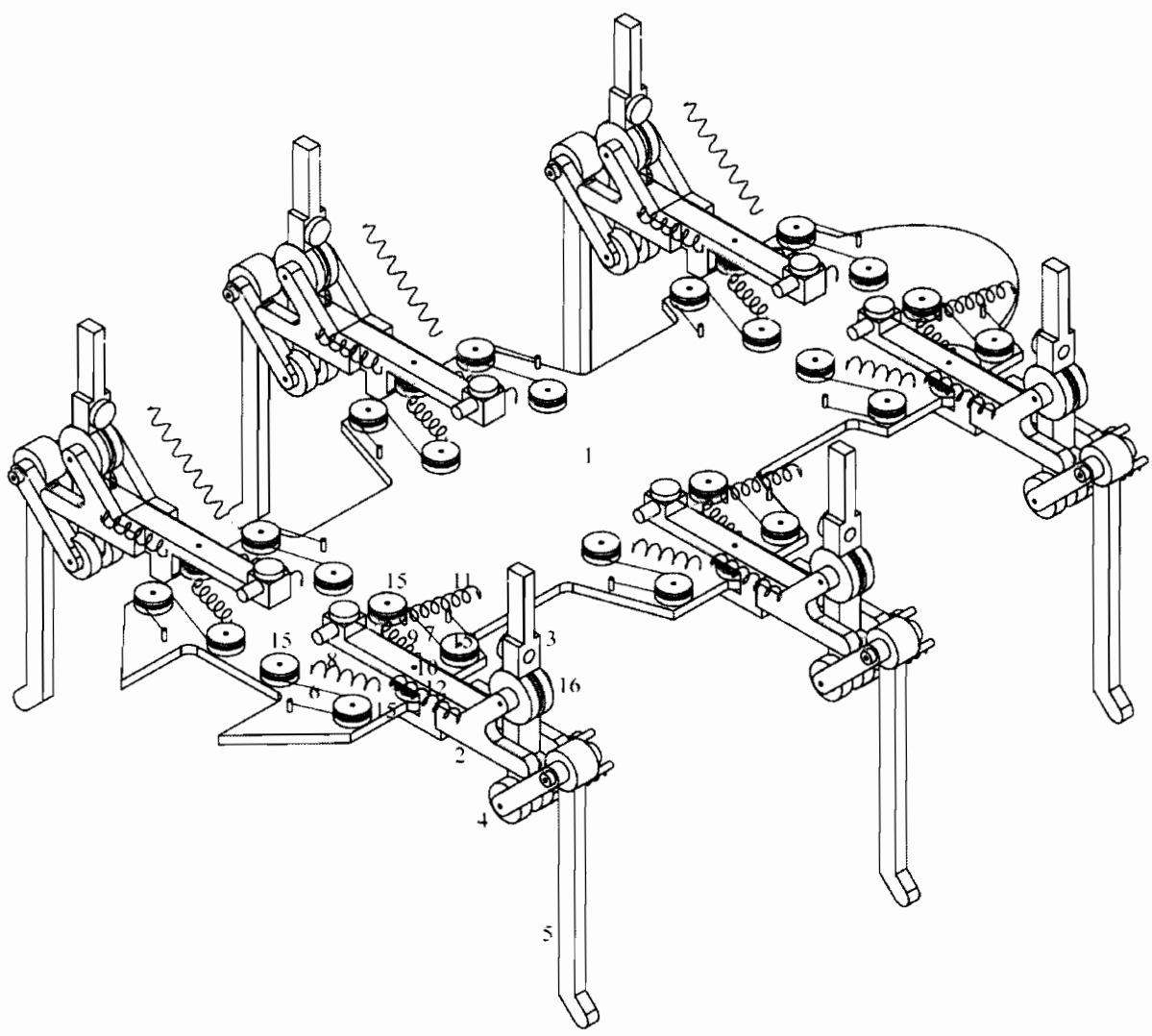


Figura 3