



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2012 00824**

(22) Data de depozit: **14/11/2012**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **28/02/2020** BOPI nr. **2/2020**

(41) Data publicării cererii:
30/05/2014 BOPI nr. **5/2014**

(73) Titular:
• **UNIVERSITATEA TEHNICĂ
"GHEORGHE ASACHI" DIN IAȘI,
BD. PROF. DIMITRIE MANGERON NR.67,
IAȘI, IS, RO**

(72) Inventatori:
• **AMANCEA ANA-MARIA,
STR. VASILE LUPU BL. 445, SC. A, AP. 17,
ET.4, VASLUI, VS, RO;**

• **DOROFTEI IOAN, STR. AMURGULUI
NR. 8, BL. 258A, SC. B, ET. 1, AP. 5, IAȘI,
IS, RO;**
• **BARNEA ALEXANDRU, BD. CAROL 1
NR. 5, BL. TC, SC. B, AP. 6, IAȘI, IS, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**RO 127002 (A0); WO 201037441 (A1);
DE 10021368 (A1); EP 1715352 (A2)**

(54) **SISTEM MECATRONIC PENTRU RECUPERAREA MEDICALĂ
A MEMBRULUI INFERIOR**



RO 129435 B1

1 Invenția se referă la un sistem mecatronic destinat recuperării medicale a membrului
inferior, în special a patologiilor survenite la nivelul articulației genunchiului. Dispozitivul permite
3 aplicarea unui protocol de recuperare diferențiat și particularizat fiecărui pacient, de tip buclă
închisă: diagnostic - tratament aplicat - feedback de la pacient (evaluarea progresului
5 recuperativ al pacientului) pe baza modificării curselor unghiulare din articulațiile membrului, dar
și a forțelor normale și tangențiale dezvoltate la interacțiunea dintre piciorul uman și sistemul
7 de recuperare.

Sistemul mecatronic, ce face și scopul invenției, se va adresa tuturor categoriilor sociale,
9 având ca obiectiv major recuperarea medicală a unei game cât mai vaste de patologii. La
momentul actual, impactul major pe care îl au sistemele mecatronice de recuperare medicală
11 este fundamentat pe baza cercetărilor desfășurate la nivel național și internațional. În prezent
sunt cunoscute numeroase sisteme folosite pentru recuperarea medicală a membrului inferior,
13 concepute în funcție de afecțiunile cărora le sunt destinate spre a fi recuperate: orteze
(**Nikitczuk și colab., 2009; Jarrasse și colab., 2010; Sawicki și colab., 2009**), platforme pen-
15 tru recuperarea mersului (**Schmidt și colab., 2007; Colombo, 2000**), unele sisteme comerciale
pentru recuperarea mișcării pasive (**Artromot; Otto Bock, 480 E PRO Knee CPM**), sisteme
17 pentru recuperarea mișcării active, sau sisteme combinate.

Analiza cercetărilor în domeniu evidențiază o varietate de abordări constructive și
19 tehnologii avansate, ce sunt adaptate și utilizate în construcția unor astfel de dispozitive; cu
toate acestea, dispozitivele respective nu sunt utilizate pe scară largă în clinicile de recuperare
21 sau cabinetele medicilor deoarece introducerea acestora este limitată de unele deficiențe și
probleme tehnice majore, cum ar fi:

23 - probleme ce apar la interacțiunea dintre pacient și sistemul de recuperare (se cunoaște
faptul că, în timpul terapiei, pacientul este conectat direct la dispozitivul de recuperare);

25 - absența unor măsuri suplimentare de control, pentru garantarea siguranței pacientului
în timpul ședinței de recuperare;

27 - unele dispozitive sunt incapabile de a realiza mișcările în concordanță cu limitele
fiziologice de mișcare ale pacientului (nerespectarea cerințelor anatomice și biomecanice),
29 ajungând astfel să constrângă mișcarea în loc să o recupereze;

31 - lipsa unor protocoale de comunicare și afișare în timp real a reacției pacientului la
tehnica de recuperare aplicată, precum și de monitorizare a progresului recuperativ al acestuia;

33 - individualizarea unor sisteme pentru o singură patologie, respectiv, a unui singur
membru inferior;

35 - la unele dispozitive, controlul forțelor este deficitar, iar consecința directă se reflectă
asupra pacientului. Spre exemplu, aplicarea unei forțe excesive și imposibilitatea ajustării
acesteia în timp real poate aduce membrul inferior într-o poziție forțată de hiperextensie;

37 - incapacitatea acestora de a gestiona unele situații critice apărute în timpul terapiei (de
natură tehnică), sau modificări ce țin de starea funcțională a pacientului. Este cunoscut faptul
39 că, în timpul procesului de recuperare, uneori, pacienții au tendința de a-și mișca brusc picioa-
rele, ca urmare a unor reflexe spontane. Un astfel de reflex, apărut în timpul utilizării sistemului,
41 poate forța piciorul să se deplaseze peste amplitudinea lui maximă de mișcare, generându-i
leziuni suplimentare la nivelul celorlalte elemente din structura articulației (ligamente, tendoane,
43 întinderi musculare etc.);

45 - interfețe complicate de operare/comandă (deoarece sistemele se adresează în
exclusivitate pacienților, medicilor, fizioterapeuților, și nu specialiștilor din domeniul tehnic, este
necesară o interfață cât mai simplă și prietenoasă);

47 - unele aspecte constructive ale unor sisteme de recuperare (materiale inadecvate
utilizate în construcția lor; forma și dimensiunile de gabarit etc.).

RO 129435 B1

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în recuperarea motorie completă a pacientului, prin diminuarea timpului alocat ședințelor de reabilitare fizică.	1
Sistemul mecatronic de recuperare medicală a membrului inferior este caracterizat prin aceea că este alcătuit dintr-o structură mecanică ce conține un corp central pe care este montat un ansamblu bazat pe o transmisie șurub cu bile-piuliță, un motoreductor de curent continuu, care transmite mișcarea prin intermediul a două roți de curea cu dantură, un sistem de reazem pentru picior, fixat pe corpul piuliței, niște mecanisme de ghidare și o structură de tip orteză cu niște elemente, aceasta fiind acționată prin rotirea șurubului, deplasând înainte/înapoi piulița, și generând mișcarea de flexie-extensie a membrului inferior, pe structura mecanică găsiindu-se implementați niște senzori de presiune și niște traductori electrorezistivi care sesizează și transmit informații privind forțele normale și tangențiale dezvoltate la interacțiunea dintre membrul pacientului cu sistemul mecatronic de recuperare medicală, precum și niște potențio-metre la nivelul fiecărei articulații a membrului inferior, cu scopul de a monitoriza modificările pozițiilor unghiulare din articulații, și a evalua amplitudinea de mișcare permisă de fiecare pacient în parte, la începutul terapiei, stabilind progresul și gradul de redobândire funcțională a mobilității articulare.	3 5 7 9 11 13 15
Invenția prezintă o soluție integrată, performantă, complexă și eficientă, de sistem mecatronic, fiind destinată recuperării medicale a membrului inferior, în special a articulației genunchiului. Originalitatea sistemului este subliniată de următoarele caracteristici esențiale: soluția constructivă, domeniul de aplicabilitate, tratamentul personalizat al fiecărui pacient, metodele de comandă și control, protocoalele de comunicare cu feedback de la pacient, condițiile de siguranță pentru pacient în cazul interacțiunii acestuia cu sistemul mecatronic, simplitate și portabilitate.	17 19 21 23
Prin aplicarea invenției se obțin următoarele avantaje:	
- sistemul este destinat tuturor categoriilor sociale, și are ca obiectiv major recuperarea medicală a unei game cât mai vaste de patologii din sfera articulației genunchiului și nu numai, cum ar fi entorse, ligamentoplastii, fracturi în vecinătatea articulației, fracturi ale rotulei sau platoului tibial, șold operat, endoproteză de genunchi etc.;	25 27
- sistemul facilitează obținerea celui mai eficient tratament de recuperare, și este capabil să asigure, pe lângă recuperarea genunchiului, și reabilitarea funcțională a celorlalte articulații (șoldul și glezna). Astfel, acesta preia și tratează multiple afecțiuni existente la nivelul membrului, care până acum erau recuperate individual, utilizând câte un sistem special ce le era destinat acestora;	29 31 33
- invenția permite reabilitarea fizică a pacienților cu ajutorul sistemului mecatronic ce implică reeducarea funcțională a membrului inferior, cu scopul de a restabili, într-un timp cât mai scurt, capacitățile funcționale reduse sau parțial pierdute în urma unei accidentări;	35
- este posibilă aplicarea unei tehnici de recuperare de tip buclă închisă, diagnostic - tratament aplicat - feedback de la pacient, sistemul fiind capabil să se adapteze criteriilor impuse de terapia specifică fiecărui pacient, oferind în același timp și o analiză a progresului recuperativ al pacientului, pe parcursul terapiei. Analiza se generează în timpul ședinței de terapie fizică, este memorată în baza de date a pacientului, putând fi consultată ulterior de medic, care va decide dacă pacientul s-a vindecat sau mai necesită recuperare;	37 39 41
- sistemul poate ajuta la recuperarea succesivă a ambele membre inferioare;	43
- orteza funcțională poate fi adaptabilă în funcție de caracteristicile antropometrice ale fiecărui pacient;	45
- este posibilă aplicarea unui tratament de recuperare diferențiat și particularizat pacienților;	47

RO 129435 B1

1 - se poate stabili gradul de recuperare al pacientului, pe baza evaluării forțelor normale
și tangențiale dezvoltate la interacțiunea membrului inferior al acestuia cu sistemul mecatronic
3 de recuperare medicală;

5 - are greutate și dimensiuni reduse, fiind ușor de manevrat și utilizat. Aceste
caracteristici îi oferă portabilitate, făcându-l, astfel, integrabil atât în cabinetele medicilor, cât și
ale clinicilor specializate de recuperare medicală;

7 - sistemul oferă condiții maxime de siguranță pentru interacțiunea pacient-sistem
mecatronic;

9 - este precis în funcționare și, prin intermediul protocoalelor de comunicare cu feedback
de la pacient, ce sunt implementate la nivelul sistemului, se stabilește o "comunicare" directă
11 și o interfață "prietenosă" între sistem și pacient.

13 Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, și sunt prezentate câteva figuri
necesare atât pentru detalierea sistemului mecatronic, cât și a modului de funcționare a
acestuia, în legătură și cu:

15 - fig. 1, ce prezintă arhitectura generală a sistemului mecatronic de recuperare medicală
a membrului inferior;

17 - fig. 2, în care este prezentat modelul tridimensional al sistemului mecatronic,
evidențind astfel modul de funcționare al acestuia;

19 - fig. 3, care evidențiază schema electrică de comandă și control a motoreductorului de
curent continuu;

21 - fig. 4, care descrie interfața grafică cu utilizatorul.

23 În conformitate cu fig. 1, sistemul mecatronic de recuperare medicală a membrului
inferior conține o componentă hardware, una software și partea de comunicare cu calculatorul.

25 Structura hardware a sistemului conține următoarele elemente: structura mecanică,
microcontrolerul, sistemul senzorial, actuatorii, componente electrice și microelectronice, și
diferite protocoale de comunicație cu structura software.

27 Partea mecanică va consta dintr-o structură care integrează, într-o singură formă
compactă, două sisteme care funcționează simultan: un corp central **1**, pe care este montat un
29 ansamblu bazat pe o transmisie șurub cu bile-piuliță **2, 3**, un motoreductor de curent continuu
care transmite mișcarea prin intermediul a două roți de curea cu dantură **4**, un sistem de
31 reazem pentru picior **7**, fixat pe corpul piuliței **2**, un suport de poziționare a senzorilor de presi-
une **6**, elemente elastice cu senzori de forță **5**, mecanisme de ghidare **8** și o structură de tip
33 orteză cu elementele: **9, 10, 11** - elemente fixare gleznă, coapsă, gambă, **12, 13, 14** - potențio-
metre corespunzătoare articulațiilor membrului, **15** - curele Velcro, orteză acționată prin rotirea
35 șurubului care va deplasa înainte/înapoi piulița, generând astfel mișcarea de flexie-extensie a
membrului inferior. Pe structura mecanică a ansamblului șurub cu bile-piuliță se găsesc montate
37 și două limitatoare de cursă. Cursa maximă de deplasare a piuliței pe șurub este de 350 mm.
S-a utilizat un motoreductor de curent continuu, care este capabil atât să dezvolte un cuplu
39 necesar mișcării de flexie-extensie a genunchiului, cât și să opună rezistență, permițându-i
astfel pacientului să intervină activ în realizarea mișcării.

41 Sistemul permite recuperarea succesivă atât a membrului inferior drept, cât și a
membrului inferior stâng, iar dispunerea pacientului în raport cu sistemul dezvoltat este
43 condiționată de așezarea acestuia pe un scaun pivotant **16**. În conformitate cu fig. 2 se prezintă
modul de funcționare a sistemului mecatronic de recuperare medicală, care aplică o terapie de
45 tip buclă închisă, diagnostic - tratament aplicat - feedback de la pacient, astfel: pe baza

RO 129435 B1

diagnosticului primit de la medic, se elaborează criteriul de recuperare particularizat fiecărui pacient, care este bazat pe diverse tipuri de exerciții fizice (gimnastică recuperatorie), în timpul realizării procesului de recuperare, se monitorizează valorile forțelor normale și tangențiale, ale modificărilor unghiulare din articulații, care se înregistrează în timp real, putându-se astfel genera o analiză completă a evoluției pacientului. Poziția inițială de începere a terapiei impune fixarea piciorului pacientului pe platforma sistemului, cu ajutorul unor bretele, astfel încât să se realizeze un unghi de 90° între coapsă și gambă. Odată ce pacientul a fost poziționat corespunzător în sistemul de recuperare, acestuia i se atașează pe membrul inferior structura de tip orteză. O astfel de structură, fixată pe membrul persoanei asistate cu ajutorul unor curele Velcro, a facilitat implementarea unor potențiometre corespunzătoare fiecărei articulații implicate în mișcare, cu scopul de a urmări modificările succesive ale curselor unghiulare ale articulațiilor pe parcursul terapiei.

Partea electronică este formată dintr-un sistem senzorial pentru înregistrarea și monitorizarea în timp real a modificărilor unghiulare din articulațiile membrului inferior, dar și a forțelor normale și tangențiale dezvoltate la interacțiunea dintre piciorul uman și sistemul mecatronic de recuperare, și dintr-un modul de comandă și control, format dintr-un driver pentru comanda și acționarea motoreductorului de c.c., un kit de dezvoltare cu microcontroler și un panou de comandă.

Comanda și acționarea motoreductorului Maxon, utilizat în sistemul mecatronic de recuperare medicală, conform fig. 3, este realizată cu ajutorul unui driver L298N. Pentru comanda efectivă a acestuia, comenzile către driverul motor au putut fi inițiate atât prin intermediul microcontrolerului, în cadrul ciclurilor de funcționare, cât și manual, prin intermediul butoanelor montate pe un panou de comandă.

Comanda acționării motoreductorului de curent continuu a fost limitată în funcție de informațiile achiziționate de la partea de măsură (senzori), limitatoarele de la capătul cursei, dar și de intercondiționările prestabilite la nivel software. În funcție de aceste aspecte, comanda motorului a putut fi realizată în următoarele moduri: cu semnal ON/OFF, alternant, cu semnal continuu de stabilire a direcției de deplasare, prin generarea de semnale PWM pentru obținerea unui control precis.

Sistemul mecatronic de recuperare medicală este prevăzut și cu un panou de comandă, ce oferă posibilitatea de comandă a deplasării motorului, în semnal continuu (ON/OFF).

La nivelul componentei software sunt integrate modulele de comunicației cu microcontrolerul, o parte de scalare în tensiuni pentru senzorii utilizați, logica de comandă, înregistrarea în timp real a tuturor valorilor de la microcontroler și memorarea acestora într-o bază de date proprie, afișarea în timp real a valorilor obținute, definirea parametrilor și stabilirea limitelor funcționale ale acestora, posibilități de control manual, precum și analiza, vizualizarea datelor înregistrate; de asemenea, se regăsesc implementate și criteriile privind siguranța pacientului.

Interfața grafică cu utilizatorul se prezintă sub forma unui display (fig. 4) ce conține câteva dintre informațiile de bază ale pacientului, permițând și afișarea informațiilor privind starea acestuia pe parcursul terapiei cu sistemul. Această bază de date va fi regăsită și în calculator, utilizat pentru memorări de date, prelucrări și procesări. Informațiile despre pacient sunt transmise calculatorului și apoi sistemului mecatronic, prin protocoalele de comunicație.

1 **Bibliografie**

3 [1] Nikitczuk, J., Weinberg B., Canavan P.K., Mavroidis C, “*Active knee rehabilitation*
5 *orthotic device with variable damping characteristics implemented via an electrorheological*
7 *fluid*”, IEEE/ASME Transaction on Mechatronics, pp. 1083-4435, 2009.

9 [2] Schmidt, H., Werner, C, Bernhardt, R., Hesse, S., Kruger, J., “*Gait rehabilitation*
11 *machines based on programmable footplates*”, J. Neuroeng. Rehabil., vol. 4, p. 2, 2007.

13 [3] Colombo, G., Joerg, M, Schreier, R., Dietz, V., “*Treadmill training of paraplegic*
 patients using a robotic orthosis”, J. Rehabil. Res. Develop., vol. 37, pp. 693-700, 2000.

 [4] Jarrasse, N., Morel, G , “*Formal Methodology for Avoiding Hyper-staticity When*
 Connecting an Exoskeleton to a Human Member”, IEEE International Conference on Robotics
 and Automation (ICRA'10), 2010.

 [5] <http://ormedortho.com>

 [6] <http://www.ottobock.com>

RO 129435 B1

Revendicări

1. Sistem mecatronic de recuperare medicală a membrului inferior, **caracterizat prin aceea că** este alcătuit dintr-o structură mecanică ce conține un corp (1) central pe care este montat un ansamblu bazat pe o transmisie șurub cu bile-piuliță (2, 3), un motoreductor de curent continuu care transmite mișcarea prin intermediul a două roți de curea cu dantură (4), un sistem de reazem (7) pentru picior, fixat pe corpul piuliței, niște mecanisme de ghidare (8) și o structură de tip orteză cu niște elemente (9-15), aceasta fiind acționată prin rotirea șurubului, deplasând înainte/înapoi piulița, și generând mișcarea de flexie-extensie a membrului inferior, pe structura mecanică găsindu-se implementați senzori de presiune (6) și traductori electrorezistivi (5) care sesizează și transmit informații privind forțele normale și tangențiale dezvoltate la interacțiunea dintre membrul pacientului cu sistemul mecatronic de recuperare medicală, și niște potențiometre (13, 14, 15) la nivelul fiecărei articulații a membrului inferior, cu scopul de a monitoriza modificările pozițiilor unghiulare din articulații, și a evalua amplitudinea de mișcare permisă de fiecare pacient în parte, la începutul terapiei, stabilind progresul și gradul de redobândire funcțională a mobilității articulare. 3 5 7 9 11 13 15
2. Sistem mecatronic de recuperare medicală a membrului inferior, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** folosește o acționare de tip electric, fiind comandat și controlat în tensiuni și curenți mici. 17 19

(51) Int.Cl.

A63B 23/04 (2006.01);

A61H 1/00 (2006.01);

A61F 5/01 (2006.01)

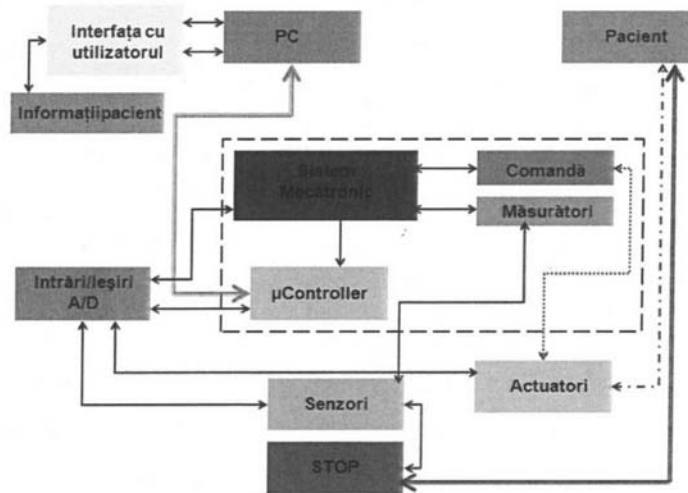


Fig. 1

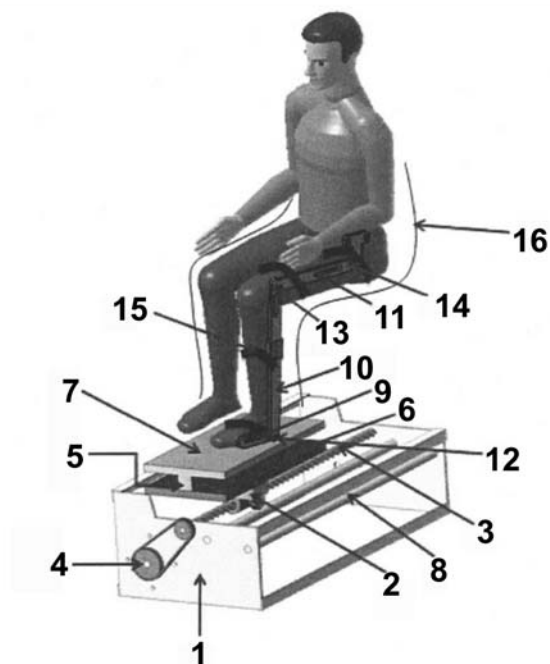


Fig. 2

(51) Int.Cl.

A63B 23/04 (2006.01);

A61H 1/00 (2006.01);

A61F 5/01 (2006.01)

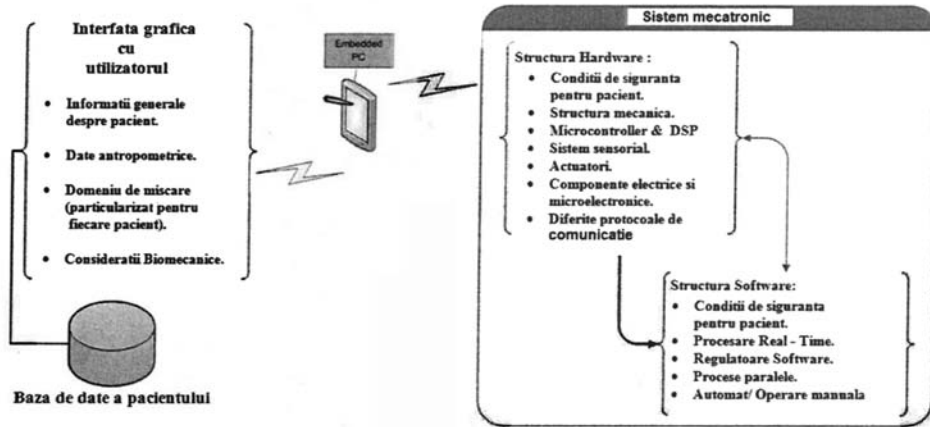


Fig. 3

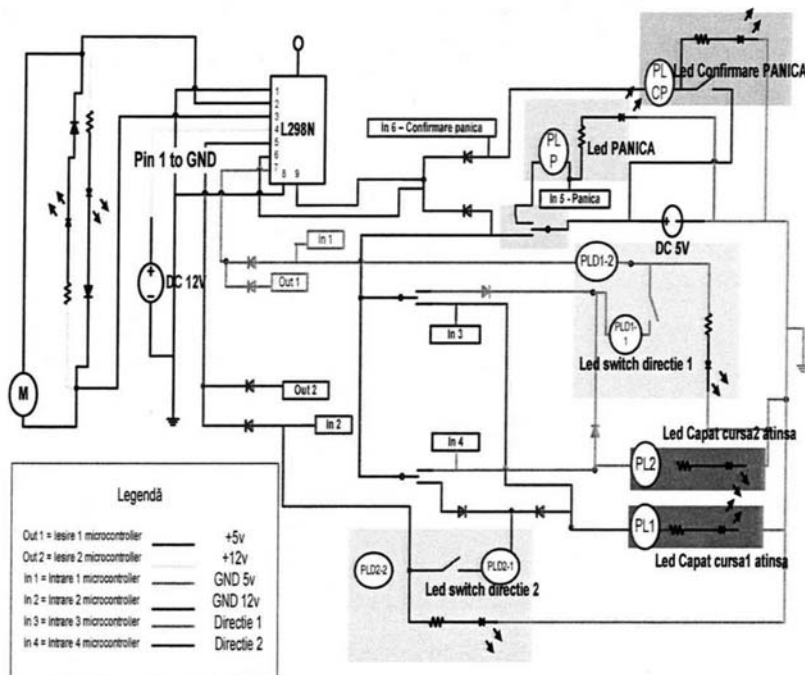


Fig. 4



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM
 Tipărit la: Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
 sub comanda nr. 60/2020