

(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2012 00824

(22) Data de depozit: 14.11.2012

(41) Data publicării cererii:
30.05.2014 BOPI nr. 5/2014

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ
"GHEORGHE ASACHI" DIN IAȘI,
BD.PROF.D. 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

(54) SISTEM MECATRONIC PENTRU RECUPERAREA MEDICALĂ A MEMBRULUI INFERIOR

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem mecatronic destinat recuperării medicale a membrului inferior, în special a patologiilor survenite la nivelul articulației genunchiului. Sistemul conform invenției presupune aplicarea unui protocol de recuperare particularizat fiecărui pacient, de tip buclă închisă: diagnostic - tratament aplicat - feedback de la pacient, și este prevăzut cu o componentă mecanică, una electrică, una electronică și una informatică; partea mecanică este alcătuită dintr-o structură care integrează într-o singură formă compactă două sisteme care funcționează simultan: 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, două roți (4) de curea cu dantură, un sistem (7) de reazem pentru picior, un suport (6) de poziționarea senzorilor de presiune, elemente (5) elastice cu senzori de forță, mecanisme (8) de ghidare și o structură de tip orteză cu elemente (9, ..., 15); partea electronică este formată dintr-un sistem senzorial, un modul de comandă și control, un kit de dezvoltare cu microcontroler și un panou de comandă.

Revendicări: 4
Figuri: 4

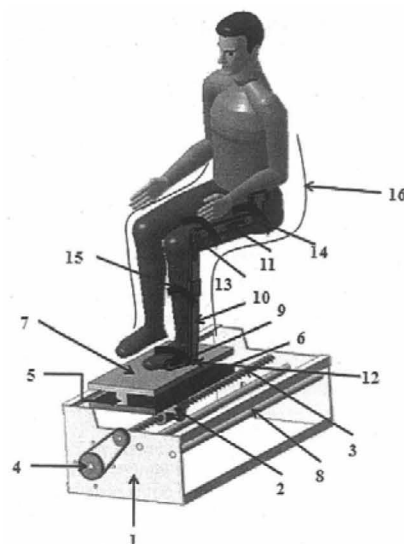
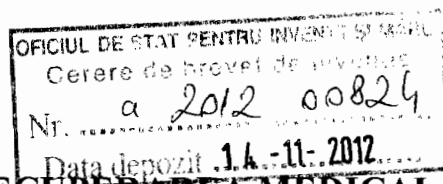


Fig. 2

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).





SISTEM MECATRONIC PENTRU RECUPERAREA MEDICALA A MEMBRULUI INFERIOR

Invenția se referă la un sistem mecatronic destinat recuperării medicale a membrului inferior, în special a patologiilor survenite la nivelul articulației genunchiului. Dispozitivul permite aplicarea unui protocol de recuperare diferențiat și particularizat fiecărui pacient, de tip buclă închisă: diagnostic - tratament aplicat – feedback de la pacient (evaluarea progresului 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 de recuperare.

Sistemul mecatronic, ce face și scopul invenției, se va adresa tuturor categoriilor sociale 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 este fundamentat pe baza cercetărilor desfășurate la nivel național și internațional. În prezent sunt cunoscute numeroase sisteme folosite pentru recuperarea medicală a membrului inferior, 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 pentru recuperarea mersului (Schmidt și colab., 2007; Colombo, 2000), unele sisteme comerciale pentru recuperarea mișcării pasive (Artromot; Otto Bock, 480 E PRO Knee CPM), sisteme pentru recuperarea mișcării active, sau sisteme combinate.

Analiza cercetărilor în domeniu evidențiază o varietate de abordări constructive și 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 sau cabinetele medicilor deoarece introducerea acestora este limitată de unele deficiențe și probleme tehnice majore, cum ar fi:

- 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);
- absența unor măsuri suplimentare de control pentru garantarea siguranței pacientului în timpul ședinței de recuperare;
- unele dispozitive sunt incapabile de a realiza mișcările în concordanță cu limitele fiziologice de mișcare ale pacientului (nerespectarea cerințelor anatomice și biomecanice), ajungând astfel să constrângă mișcarea în loc să o recupereze;
- 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;
- individualizarea unor sisteme pentru o singură patologie, respectiv a unui singur membru inferior;
- 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;
- 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

- că, în timpul procesului de recuperare, uneori, pacienții au tendința de a-și miște brusco picioarele, ca urmare a unor reflexe spontane. Un astfel de reflex, apărut în timpul utilizării sistemului, 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, întinderi musculare, etc);
- 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);
- unele aspecte constructive ale unor sisteme de recuperare (materiale inadecvate utilizate în construcția lor; forma și dimensiunile de gabarit, etc).

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este aceea că oferă un sistem mecatronic capabil să asigure o recuperare completă a pacientului, prin diminuarea timpului alocat ședințelor de reabilitare fizică, rezolvând în același timp și deficiențele tehnice existente la sistemele actuale. Astfel, invenția dezvoltată prezintă o soluție originală, integrată, performantă, complexă și eficientă, de sistem mecatronic care nu a mai fost adoptată până în prezent de nici un cercetător, fiind destinat în aplicații care implică recuperarea medicală a membrului inferior, în special a articulației genunchiului. Originalitatea sistemului este subliniată de următoarele caracteristici esențiale: soluția constructivă, domeniul de aplicabilitate, tratamentul personalizat 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.

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: entorse; ligamentoplastii; fracturi în vecinătatea articulației; fracturi ale rotulei sau platoului tibial; șold operat; endoproteză de genunchi, etc.

- 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, ce până acum erau recuperate individual, utilizând câte un sistem special ce le era destinat acestora;

- permite reabilitarea fizică a pacienților cu ajutorul sistemului mecatronic care 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;

- 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;

- poate recupera succesiv ambele membre inferioare;

- orteza funcțională poate fi adaptabilă în funcție de caracteristicile antropometrice ale fiecărui pacient;

- aplicarea unui tratament de recuperare diferențiat și particularizat pacienților;

- stabilirea gradului de recuperare al pacientului, pe baza evaluării forțelor normale și tangențiale dezvoltate la interacțiunea membrului inferior al acestuia și sistemul mecatronic de recuperare medicală;

- 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 a clinicilor specializate de recuperare medicală;

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

- este precis în funcționare și, prin intermediul procoalelor de comunicare cu feedback de la pacient, ce sunt implementate la nivelul sistemului, se stabilește o "comunicare" directă și o interfață "prietenoasă" între sistem și pacient;

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:

Figura 1, ce prezintă arhitectura generală a sistemului mecatronic de recuperare medicală a membrului inferior.

Figura 2, în care este prezentat modelul tridimensional al sistemului mecatronic, evidențiind astfel modul de funcționare al acestuia;

Figura 3, care evidențiază schema electrică de comandă și control a motoreductorului de curent continuu;

Figura 4, care descrie interfața grafică cu utilizatorul;

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

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

Partea mecanică constă dintr-o structură care integrează, într-o singură formă, compactă, două sisteme care funcționează simultan: un corp central (1) 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 reazăm pentru picior (7) fixat pe corpul piuliței (2), un suport de poziționare a senzorilor de presiune (6), elemente elastice cu senzori de forță (5), mecanisme de ghidare (8) și o structura de tip orteză cu elementele: (9), (10), (11) elemente fixare gleznă, coapsă, gambă, (12), (13), (14) potențiometre corespunzătoare articulațiilor membrului, (15) curele Velcro, care este acționată prin rotirea șurubului și 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 și două limitatoare de cursă. Cursa maximă de deplasare a piuliței pe șurub este de 350mm. S-a utilizat un motoreductor de curent continuu, care este capabil atât să dezvolte un cuplu necesar mișcării de flexie-extensie

a genunchiului, cât și să opună rezistență, permițându-i astfel pacientului să intervină activ în realizarea mișcării.

Sistemul permite recuperarea succesivă, atât a membrului inferior drept, cât și a membrului inferior stâng, iar dispunerea pacientului în raport cu sistemul dezvoltat, este condiționată de așezarea acestuia pe un scaun pivotant(16). În conformitate cu figura 2 se prezintă modul de funcționare a sistemului mecatronic de recuperare medicală, care aplică o terapie de tip buclă închisă, diagnostic - tratament aplicat – feedback de la pacient, astfel: pe baza 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, a 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 de grade 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 cc, un kit de dezvoltare cu microcontroller și un panou de comandă.

Comanda și acționarea motoreductorului Maxon, utilizat în sistemul mecatronic de recuperare medicală, conform figurii (3), este realizată cu ajutorul unui driver L298N. Pentru comanda efectivă a acestuia, comenzile către driverul motor au putut fi inițiate atât prin intermediul microcontroller-ului, 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 microcontroller-ul, o parte de scalare în tensiuni pentru senzorii utilizați, logica de comandă, înregistrarea în timp real a tuturor valorilor de la microcontroller 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 (figura 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.

Revendicări

1. Sistemul mecatronic de recuperare medicală a membrului inferior, conform invenției, **caracterizat prin aceea că**, are o structură care integrează într-o singură formă compactă două sisteme care funcționează simultan: un corp central (1) 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 reazăm pentru picior (7) fixat pe corpul piuliței, mecanisme de ghidare (8) și o structura de tip orteză cu elementele (9-15) care este acționată prin rotirea șurubului, care va deplasa înainte/înapoi piulița, generând astfel mișcarea de flexie-extensie a membrului inferior.

2. Sistemul mecatronic de recuperare medicală a membrului inferior, conform revendicării nr. 1, **caracterizat prin aceea că**, pe structura mecanică se găsesc implementați senzori de presiune(6) și traductori electrorezistivi(5) cu scopul de a sesiza și transmite informații privind forțele normale și tangențiale dezvoltate la interacțiunea dintre piciorul membrului pacientului cu sistemul mecatronic de recuperare medicală și 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, în special la începutul terapiei de recuperare cu sistemul dar și de a stabili progresul și gradul de redobândire funcțională a mobilității articulare.

3. Sistemul mecatronic de recuperare medicală a membrului inferior, conform revendicărilor nr. 1 și 2, **caracterizat prin aceea că**, este destinat tuturor categoriilor sociale în scopul recuperării medicale a unei game cât mai vastă de patologii, atât pentru membrul drept, cât și pentru cel stâng, prin aplicarea unui protocol de recuperare diferențiat și particularizat fiecărui pacient, de tip buclă închisă: diagnostic - tratament aplicat – feedback de la pacient, fiind capabil să asigure, pe lângă recuperarea genunchiului și reabilitarea funcțională a celorlalte articulații (șoldul și glezna), cu monitorizarea progresul recuperativ al pacientului, care este afișat în timp real și memorat apoi într-o bază de date proprie a pacientului, facilitând astfel obținerea unei analize complete a pacientului.

4. Sistemul mecatronic de recuperare medicală a membrului inferior, conform revendicărilor nr. 1, 2, și 3, **caracterizat prin aceea că**, folosește o acționare de tip electric, comandat și controlat în tensiuni și curenți mici și că are implementate la nivel hardware și software măsuri de siguranță pentru pacient.

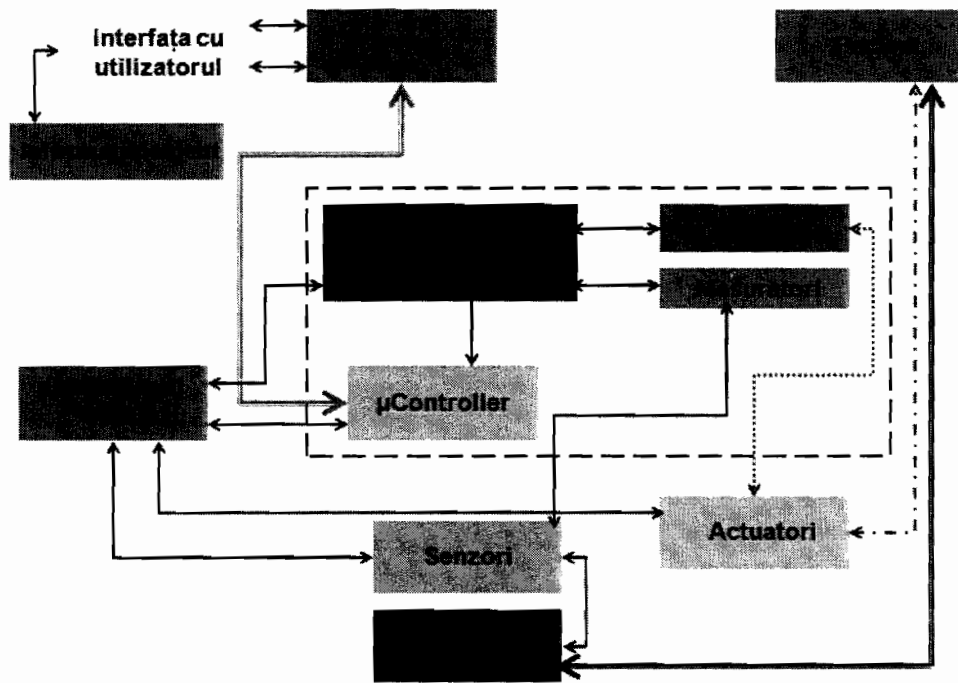


Fig.1

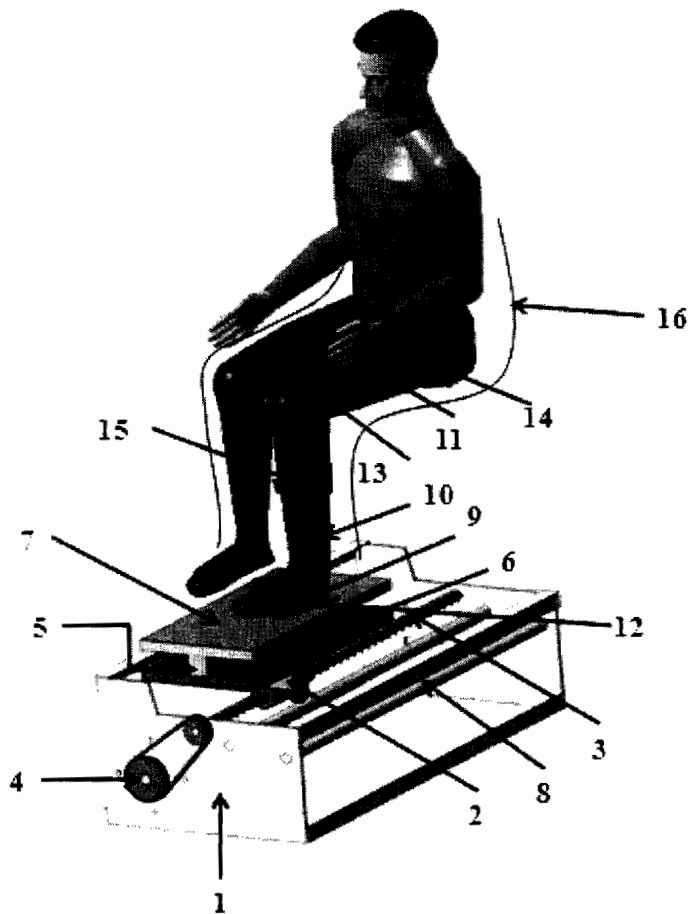


Fig.2

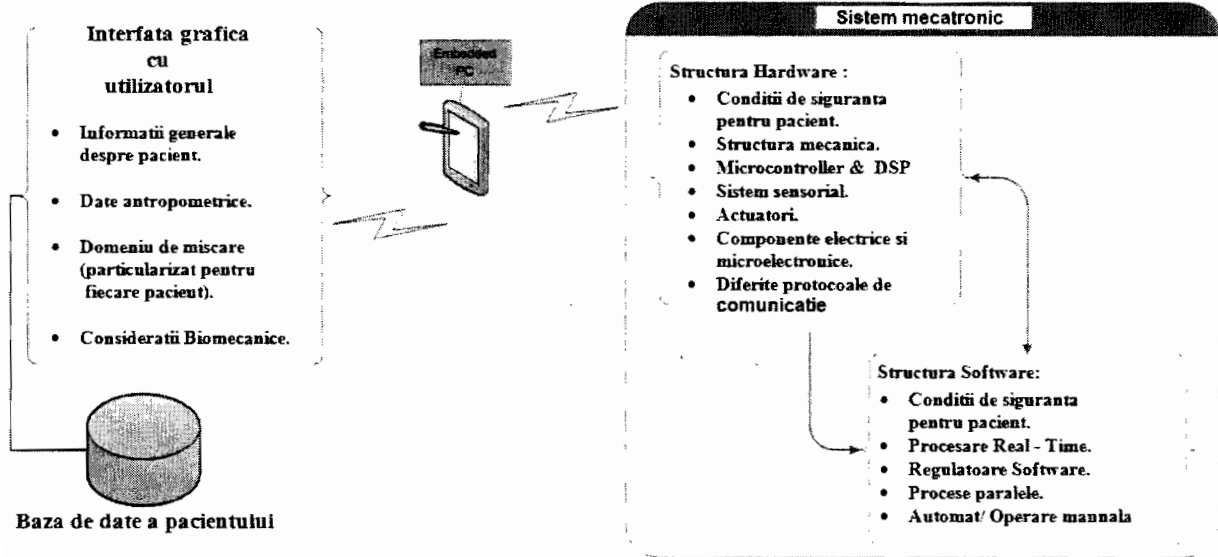


Fig.3

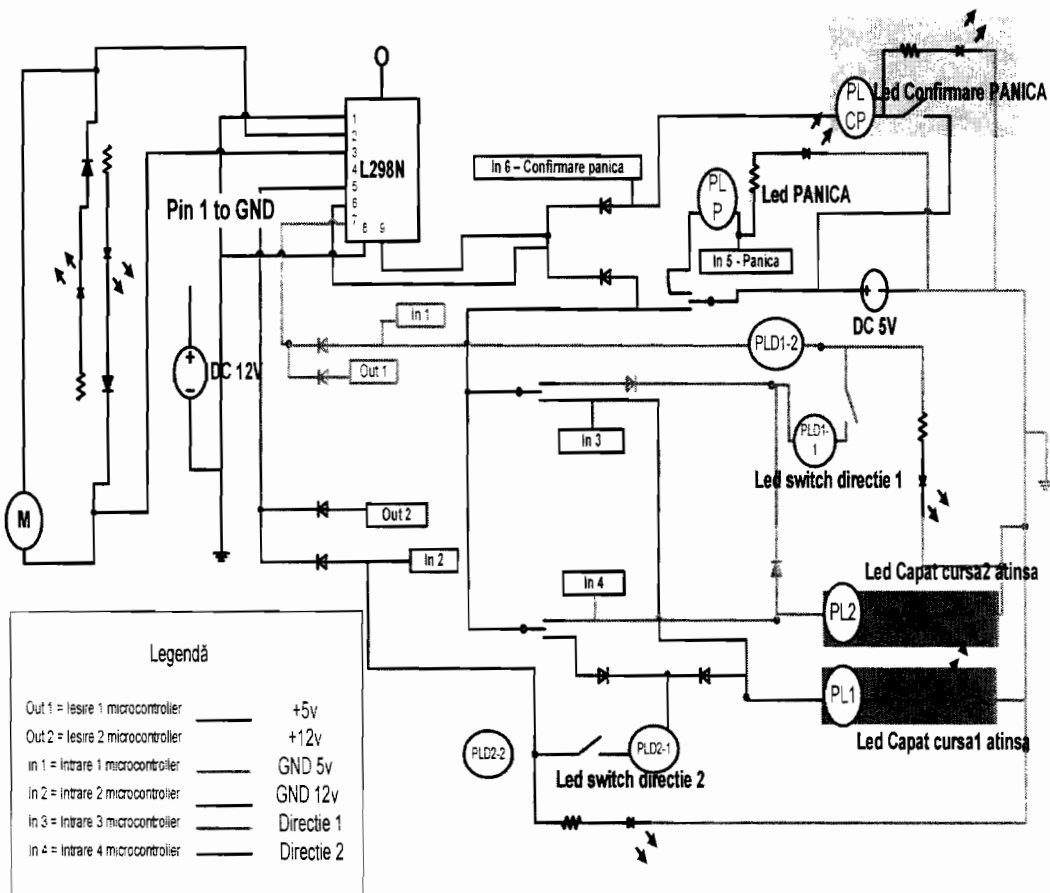


Fig.4