

## SISTEM DE RECUPERARE MEDICALĂ UTILIZAND MICROCONTOLER-UL ATMEGA328P

Robert FUIOR<sup>1,2\*</sup>, Andra-Cristiana BĂEȘU<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultatea de inginerie electrică energetică și informatică aplicată, Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi”,  
Iași, România,

<sup>2</sup>Facultatea de Bioinginerie Medicală, Universitatea de Medicină și Farmacie „Grigore T. Popa”, Iași, România

\*Autorul corespondent: Robert Fuior, [fuior.robert@gmail.com](mailto:fuior.robert@gmail.com)

### Îndrumători/coordonatori științifici:

Călin CORCIOVĂ, Conf. Dr. Bioing., Facultatea de Bioinginerie Medicală,  
Universitatea de Medicină și Farmacie „Grigore T. Popa”, Iași, România

Alexandru SĂLCEANU, Prof. Dr. Ing., Facultatea de inginerie electrică energetică și informatică aplicată,  
Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi”, Iași, România,

**Rezumat.** *Un aspect care joacă un rol important în influențarea vieții umane, sănătatea este reprezentat de către dispozitivele de recuperare și asistare a pacientului. Deși mâna poate fi cauza diferitelor boli (reumatice, sistemice, neoplazice, congenitale etc.), funcția ei este proeminența interacțiunii cu mediul înconjurător, în special cu societatea tehnologică modernă. Provoacă cea mai mare parte a suferinței sale ca traume. Natural. Evaluarea adecvată a mâinii după accidentare este esențială pentru a determina setarea optimă a tratamentului (conservator sau intervențional), urmată de un program specific de kinesiologie și terapie ocupațională și o reducere a activităților zilnice normale. Poate duce la reluarea, în unele cazuri, a activităților sociale. - profesional. În această lucrare a fost creat și proiectat un sistem de recuperare a mobilității mâinii cu ajutorul unor senzori de presiune ce au fost amplasați pe o mână. Împreună cu un accelerometru și cu un senzor de presiune cu o arie mai mare de sesibilitate amplasat pe palma mâinii. Valorile înregistrate vor fi stocate pe modulul SD dar în același timp prin intermediul modulului bluetooth se pot vizualiza și salva pe smartphone. Astfel se vor monitoriza gradul de apăsare de pe fiecare deget împreună cu accelerometrul.*

**Cuvinte cheie:** *Microcontrolere, Reabilitare, Senzor de presiune, Bluetooth, Accelerometru*

### Introducere

Obiectivul acestei lucrări a fost de a dezvolta un dispozitiv ușor de folosit, simplu și comod pacienților care să ajute în ședințele de recuperare și în determinarea forței la nivelul mâinii. Vizualizarea rezultatelor în timp real și de către pacient pe parcursul ședințelor, reprezintă un avantaj deoarece acesta își poate vedea progresul recuperării forței degetelor de la o ședință la alta și poate arhiva datele pe un Micro SD, permițând compararea rezultatelor și transmiterea pe un alt dispozitiv [1].

Deoarece funcționarea acestor mașini necesită mișcări precise, delicate și bine coordonate, evoluțiile medicale actuale ar trebui să restabilească cât mai mult posibil din funcția mâinii rănite [2]. Leziunile mâinilor reprezintă aproximativ 34,3% din toate leziunile musculo-scheletice, 20,8% din leziunile osteoarticulare și leziunile deschise - 46,3-65,2% din cazuri. În prezent, leziunile mâinilor deschise includ fracturi, leziuni ale tendonului flexor sau extensor, leziuni ale nervilor periferici și pot fi însoțite de defecte ale pielii [3]. Tratamentul pacienților de tip 1 prezintă, de asemenea, dificultăți, deoarece necesită restabilirea integrității anatomice a structurilor deteriorate și a funcției mâinii. Fracturile ar trebui să reducă mișcarea fragmentelor și să realizeze o fixare internă stabilă. În leziunile de tendon trebuie restabilite anatomia, excursia motrică și amplitudinea, iar în leziunile nervilor periferici trebuie restabilite părțile motorii, senzoriale și trofice. nervul lezat [4].

### Material și metodă

Scopul principal al acestei lucrări este reprezentat de proiectarea și realizarea unui dispozitiv de reabilitare a membrului superior, destinat persoanelor cu deficiențe motorii. Aceasta va monitoriza nivelul de presiune al fiecărui pacient în timp real, îl va transmite prin modulul Bluetooth și va stoca informațiile pe Micro SD. Cu aceste elemente se pot regla sesiunile de antrenament și intensitatea implicând activ pacientul în procedurile de reabilitare (Figura 1) [5].

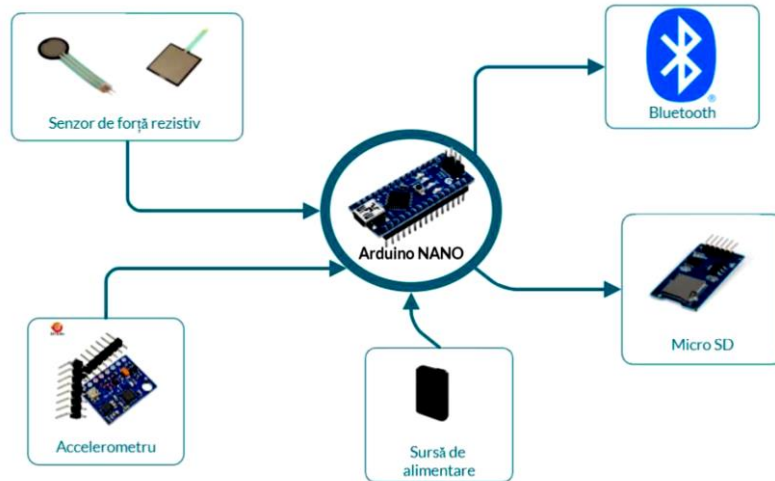


Figura 1. Schema bloc a sistemului

#### • Arduino Nano

Arduino Nano este utilizat pentru o multitudine de aplicații, având aceeași funcționalitate, dar cu o dimensiune mai mică decât Arduino Uno. Pentru a putea fi programat se va utiliza aplicația Arduino IDE prin care se poate realiza compilarea și încărcarea programului în microcontroler (Figura 2) [6]. Are în componență 14 pini de intra/ieșire digitale, dintre care 6 sunt de tip PWM, Dispune și de porturile analogice, conectori de alimentare de 5V și 3,3V. Deoarece nu există o sursă de alimentare externă, se folosește un conector mini USB [6].

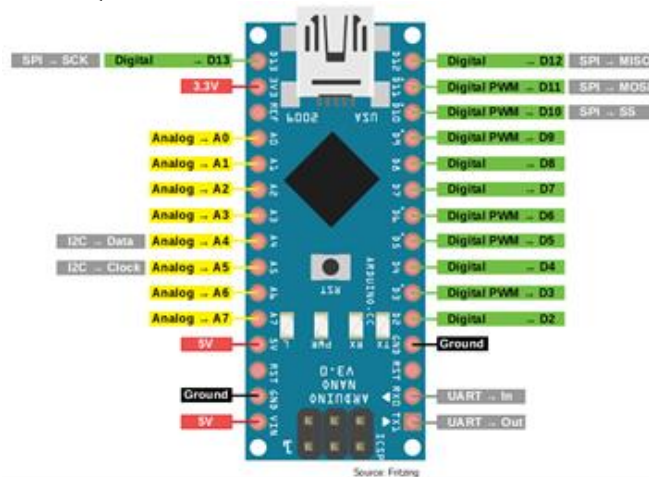


Figura 2. Platforma de dezvoltare Arduino Nano

#### • Modulul Bluetooth

Modulul Bluetooth Master Slave HC-05 cu o tensiune de alimentare de 5V și cu un consum de 30 mA iar pentru a realiza o conexiune între dispozitiv și un smartphone. Acesta are 4 pini de conectare din care 2 sunt de alimentare, iar 2 de comunicare. Comunicarea cu platforma de dezvoltare Arduino se face tip serial UART ce are la bază porturile SDA și SCL. Are o rază de acțiune de 10 metri și funcția de reconectare automată (Figura 3) [7].

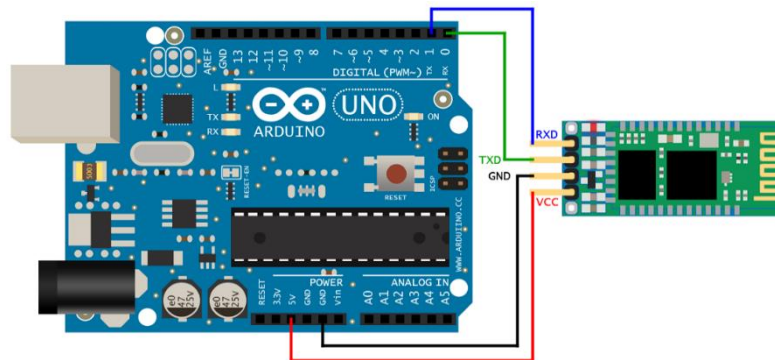


Figura 3. Modul Bluetooth HC-05

• **Senzor de forță rezistiv /FSR**

Rezistorii de detectare a forței sunt, de asemenea, cunoscuți ca rezistențe sensibile la forță sau senzori de forță/ FSR. Sunt senzori proiectați special pentru a detecta presiunea fizică, strângerea și greutatea. Tehnologia folosită în FSRuri a fost brevetată de Interlink Electronics , care este în funcțiune din 1985. Cele mai comune tipuri de FSR sunt Interlink FSR-402 și FSR-406 în Figura 4 [8].



Figura 4. Sezor de forță FSR

O altă caracteristică cheie a FSR este intervalul nominal de detectare, care definește presiunile minime și maxime dintre care senzorul le poate diferenția. Cu cât valoarea forței este mai mică, cu atât FSR este mai sensibil. Orice presiune dincolo de intervalul maxim al senzorului este nemăsurabilă (ceea ce poate deteriora și senzorul). De exemplu, un FSR mai 65 mic de 1 kg poate oferi citiri mai sensibile de la 0 la 1 kg, dar nu poate face diferența dintre greutatea de 2 kg și 5 kg.

• **Accelerometrul ADXL337**

ADXL337 este un accelerometru complet pe 3 axe, mic, subțire, cu putere redusă, cu ieșiri de tensiune condiționate de semnal. Produsul măsoară accelerația cu o gamă minimă la scară completă de  $\pm 3 g$  . (Figura 5) Poate măsura accelerația statică a gravitației în aplicațiile de înclinare, precum și accelerația dinamică rezultată din mișcare, șoc sau vibrație [9].

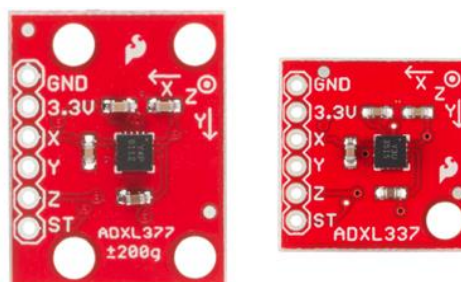


Figura 5. Accelerometrul ADXL337

### • Modulul MicroSD card

Acest Modul suportă carduri de memorie MicroSD și MicroSDHC (carduri de mare viteză) până în maxim 2GB. Interfața de control a acestui modul se compune din 6 pini (GND, VCC, MISO, MOSI, SCK, CS), GND fiind masa, VCC este pin-ul pentru alimentare, CS este pinul pentru chip select iar MISO, MOSI și SCK sunt SPI bus conform diagramei din figura 6 [10].

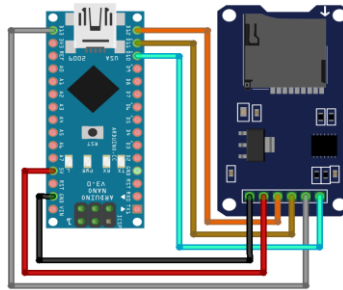


Figura 6. Diagrama de conectare a modului SD

### Rezultate obținute

Funcția musculară a membrului superior este urmărită cu ajutorul senzorului de forță care este atașat la nivelul fiecărui deget. Pentru verificarea funcționalității dispozitivului, subiectul trebuie să execute câteva contractii pentru fiecare deget și palmă cu ajutorul unui obiect sau fară, pentru fiecare mișcare achiziționându-se date ale senzorului de forță stocată și transmisă prin modulul bluetooth (Figura 7).

Mănușa permit realizarea mișcărilor de apucare. Este un gest precis, adaptativ, conștient sau reflexiv care este automatizat prin repetare bazată pe informații instantanee externe și proprioceptive care determină ajustarea optimă a mâinii pentru apucare sau apucare. De aceea este foarte important ca pacienții post-traumatici să utilizeze acest dispozitiv pentru determinarea forței la nivelul degetelor. Fiziokinetoterapeutul va monitoriza valorile și determina dacă reabilitarea mâinii post-traumatice are rezultate eficiente.



Figura 7. Testarea sistemului pe o platformă canadiană

### Concluzii

În cadrul acestei lucrări s-a urmărit obținerea unui prototip de dispozitiv de reabilitare destinat persoanelor cu deficiențe post-operatorii, bazat pe o mănușă care are amplasat pe fiecare deget și palmă un senzor FSR pentru determinarea presiunii fizice prin strângere, care sunt capabili să realizeze diverse mișcări ale mâinii. Pentru a obține rezultate favorabile, dispozitivul realizat simplifică modul de utilizare, iar datele au un caracter specific, care asigură continuitatea programului de reabilitare. Dispozitivul se remarcă prin modul mai accesibil și mai ușor de utilizat, prin simplitate și eficiență, fără a prezenta discomfort pacientului la utilizare. Cu ajutorul modului SD și modulul Bluetooth ușurează munca specialistului, ajutându-l ulterior la stocarea rezultatelor și comararea lor.

### **Mulțumiri**

Țin să mulțumesc profesorilor coordonatori Conf. Dr. Bioing. Călin Corciovă, Prof. Dr. Ing. Alexandru Sălceanu.

### **Referințe**

1. A.E. FLATT, Closed and open fractures of the hand, *Fundamentals of management Postgrad. Med.*, 1996, pp. 17-26
2. Balasubramanian, Sivakumar, Julius Klein and Etienne Burdet: Robot assisted rehabilitation of hand function, *Current opinion in neurology*. 2010, pp. 661–670
3. P. S. LUM, C. G. BURGAR, P. C. SHOR, M. MAJMUNDAR, and M. VAN DER LOOS. Robot-assisted movement training compared with conventional therapy techniques for the rehabilitation of upper-limb motor function after stroke. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2002, pp.952–959
4. S. HESSE, G. SCHULTE-TIGGES, M. KONRAD, A. BARDELEBEN, AND C.WERNER. Robot-assisted arm trainer for the passive and active practice of bilateral forearm and wrist movements in hemiparetic subjects1. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol. 84, no. 6, 2003, pp. 915-920
5. TIMMERMANS, A. A., SEELEN, H. A. M., WILLMANN, R. D., AND KINGMA, H. Technology assisted training of arm-hand skills in stroke: concepts on reacquisition of motor control and therapist guidelines for rehabilitation technology design, *Journal of Neuro Engineering and Rehabilitation*, 2009.
6. *Arduino Nano* [online].[accesat 27.02.2023] <https://docs.arduino.cc/hardware/nano>
7. *Modul Bluetooth HC-05* [online].[accesat 28.02.2023] <https://components101.com/wireless/hc-05-bluetooth-module>
8. *Serzor de forță FSR* [online].[accesat 27.02.2023] <https://whadda.com/product/fsr-force-sensing-resistor-sensor-wpse477/>
9. *Accelerometru ADXL 377*, [online].[accesat 28.02.2023] <https://www.adafruit.com/product/1413>
10. *Modul SD Card*, [online].[accesat 28.02.2023] <https://components101.com/modules/micro-sd-card-module-pinout-features-datasheet-alternatives>