

DISPOZITIV DE REABILITARE PENTRU RECUPERAREA ȘI ÎMBUNĂTĂȚIREA MOBILITĂȚII MEMBRULUI SUPERIOR

Robert GATMAN*, Mihail-Sebastian TEACU, Gabriel-Lucian PĂCURARU

Departament Științe biomedicale, Facultatea de Bioinginerie Medicală,
Universitatea de Medicină și Farmacie "Grigore T. Popa" Iași, România

*Autorul corespondent: Robert Gatman, robert.gatman1@gmail.com

Îndrumători științifici: Conf. univ. Dr. bioing. **Corciovă Călin**,
Asist. univ. Dr. Bioing. **Fuior Robert**

Rezumat. Această lucrare prezintă un dispozitiv medical pentru recuperarea și îmbunătățirea mobilității membrilor superioare, cu ajutorul senzorilor pir(cu lumină infraroșie) și LED-uri pentru a crea butoane tactile cu feedback senzorial. Echipat cu un microcontroler arduino UNO și un ecran LCD, acesta oferă informații în timp real și permite configurarea unor setări personalizate în funcție de cerințele utilizatorului. Folosit în terapie interactivă în cadrul unor boli sau în etapele inițiale de învățare a utilizării unui braț robotic, fie în context nonterapeutic dispozitivul îmbunătățește coordonarea și agilitatea utilizatorului. Integrând exerciții fizice moderate, acesta reprezintă o metodologie inovatoare pentru recuperarea mobilității. Studiul evidențiază importanța continuării cercetărilor în acest domeniu. Prototiparea a fost metoda utilizată pentru dezvoltare, iar în urma feedback-ului primit de la utilizatori vom optimiza dispozitivul și îi vom îmbunătăți capacitățile pentru a ne atinge în întregime obiectivele de lungă durată și pentru a oferi cât mai multe unelte fizioterapeuților din jurul lumii.

Cuvinte cheie: Arduino Uno, Senzor pir, dispozitiv medical, prototip.

Introducere

Există o gamă diversă de afecțiuni care pot afecta mobilitatea membrilor superioare, inclusiv condiții precum Boala Parkinson, care implică tulburări ale controlului motor și coordonării. În unele cazuri mai severe, cum ar fi post-amputarea membrilor, utilizarea unui braț robotic poate fi necesară pentru a compensa pierderea funcționalității. Cu toate acestea, adaptarea la utilizarea unui astfel de dispozitiv necesită o perioadă de acomodare, în care individul trebuie să învețe mișcări simple și să-și dezvolte abilități de control, dispozitivul nostru fiind încadrat în prima etapă a exercițiilor, urmat apoi de exerciții cu o intensitate mai ridicată [1].

Printre metodele terapeutice de importanță deosebită în domeniul recuperării funcționale a membrului superior se numără terapia prin stimulare motorie. Această abordare se concentrează pe utilizarea stimulilor și exercițiilor pentru a îmbunătăți controlul motor și mobilitatea, contribuind astfel la restaurarea sau îmbunătățirea funcționalității membrilor afectate. Am ales această metodă din cauza prevalenței bolii Parkinson. Conform datelor furnizate de Organizația Mondială a Sănătății, se estimează că există aproximativ 8.5 milioane de persoane afectate de această afecțiune în întreaga lume [2-4]. Prin urmare, dezvoltarea și implementarea dispozitivului nostru se bazează pe nevoia critică de soluții terapeutice eficiente și accesibile pentru această populație în creștere.

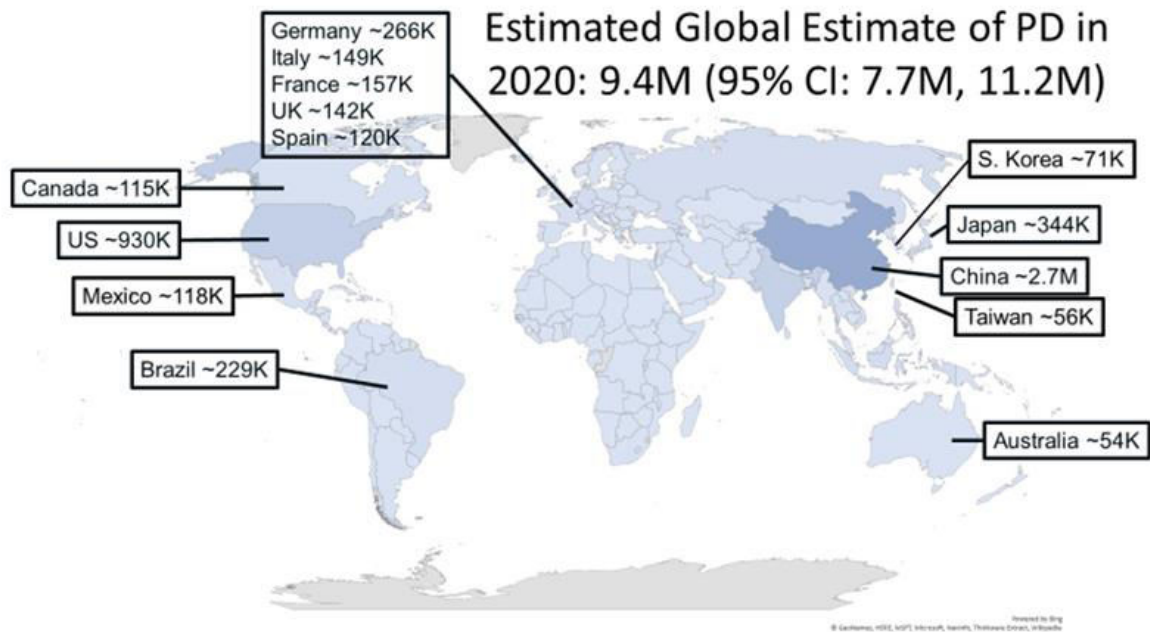


Fig. 1 Numărul estimat de cazuri de boala Parkinson (PD)

În acest context, dispozitivul nostru a fost conceput pentru a facilita acest proces de adaptare și îmbunătățire a mobilității membrilor superioare. În plus, dispozitivul nostru nu este limitat doar la utilizarea terapeutică, ci poate fi, de asemenea, benefic în contextul sportivilor de performanță. Aceștia necesită reflexe rapide și o coordonare eficientă între membrii lor și ochii lor pentru a excela în disciplinele lor. Prin urmare, dispozitivul nostru poate oferi un context non-terapeutic, contribuind la îmbunătățirea acestor abilități și la optimizarea performanței sportive.

Dispozitivul nostru constituie o soluție inovatoare pentru gestionarea și ameliorarea afecțiunilor asociate membrilor superioare prin intermediul unor exerciții fizice de intensitate moderată. Aceste exerciții sunt facilitate de dispozitivul nostru, care utilizează un sistem de ghidare vizuală, constând în deplasarea membrului superior către LED-ul care este aprins în acel moment, urmată de deplasarea către următorul LED activ. Aprecierea eficacității acestor exerciții este determinată de viteza de execuție, în care progresul și beneficiile exercițiului devin mai evidente odată cu creșterea vitezei de deplasare. Această metodă oferă o modalitate interactivă și personalizată de a îmbunătăți controlul și mobilitatea membrilor superioare, abordând astfel nevoile terapeutice ale pacienților într-un mod eficient și eficace [5].

Materiale si metode

Dezvoltarea designului a fost efectuată în software CAD: Autodesk Tinkercad și Fusion 360 ce au facilitat concepția schemei de conexiuni și modelarea suportului dispozitivului, permițându-ne să adaptăm designului pe nevoile studiului. Această abordare modulară a designului ne-a permis să iterăm rapid prototipuri, fiecare versiune aducându-ne mai aproape de realizarea viziunii noastre. De asemenea am folosit software-ul Arduino IDE pentru a coda pe placa de dezvoltare Arduino UNO în limbajul de programare C.

Inițial am constituit un prototip utilizând o versiune mai simplă a designului avansat. Crearea prototipului a fost efectuată utilizând placa Arduino UNO, senzori PIR, LED-uri și ecran LCD.

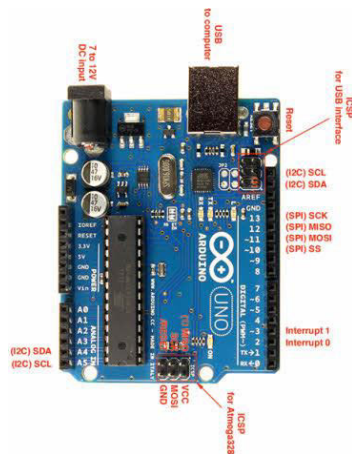


Fig. 2 Configurația pinilor pentru placa ARDUINO UNO

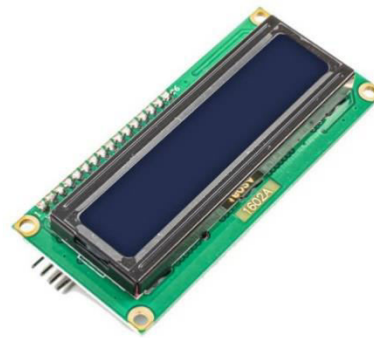


Fig. 3 Ecran LCD 16X2 I2C

Arduino UNO este o platformă de procesare open-source care constă într-un microprocesor Atmega328. Pentru programarea sistemului se utilizează software-ul Arduino IDE, ce permite compilarea și încărcarea programului în microcontroler-ul ATmega328, care este capabil să ruleze și să interpreteze secvențele de cod în limbaj C. Alimentarea plăcii de dezvoltare în cazul prototipului nostru este realizată prin intermediul calculatorului, utilizând portul USB, urmând ca ulterior să dezvoltăm o soluție care să nu mai depindă de laptop.

În nucleul dispozitivului se află un microcontroler Arduino UNO. Ecranul LCD fiind partea de afișaj, oferind feedback în timp real. Componentele periferice - senzori PIR pentru detectarea mișcării și LED-uri pentru feedback vizual - sunt dispuse strategic într-un aranjament hexagonal pe suportul dispozitivului [6,7].



Fig. 4 Senzor de proximitate infraroșu

Specificațiile tehnice ale senzorului PIR includ:

interval de sensibilitate: până la 6 metri cu un unghi de detecție de $110^\circ \times 70^\circ$.

sursă de alimentare: tensiune de intrare de 5 V-12 V pentru majoritatea modulelor (acestea au un regulator de 3,3 V), dar 5 V este ideal în cazul în care regulatorul are specificații diferite.

output: Un impuls digital de tensiune ridicată (3 V) este emis când este declanșat (detectată mișcare), iar nivelul digital este scăzut când este inactiv (nu se detectează mișcare). Lungimea impulsurilor este determinată de rezistoare și condensatoare pe placa de circuit imprimat și variază de la senzor la senzor [8].

Rezultate și discuții:

Am dezvoltat un produs cu un design avansat, care constă într-un sistem de butoane conectate, fiecare dintre ele având un senzor PIR și un inel LED. Butoanele vor clipi într-o anumită ordine, iar utilizatorul va încerca să le atingă rapid, pentru a îmbunătăți coordonarea mână-ochi (Fig. 5 și Fig. 6)

A fost dezvoltat un prototip simplu, care îndeplinește funcțiile primare ale dispozitivului final. Acesta afișează pe ecranul LCD un mesaj către utilizator concomitent cu aprinderea unui LED, la activarea senzorului PIR. (Fig. 7 și Fig. 8)

Crearea prototipului a servit drept instrument esențial pentru a obține informații despre modul de operare și de proiectare a unui astfel de dispozitiv, urmărind în cele din urmă un design mai precis și mai ușor de utilizat. Lucrând la prototip, au fost învățate lecții valoroase în ceea ce privește funcționalitatea, utilizabilitatea și ergonomia [9].

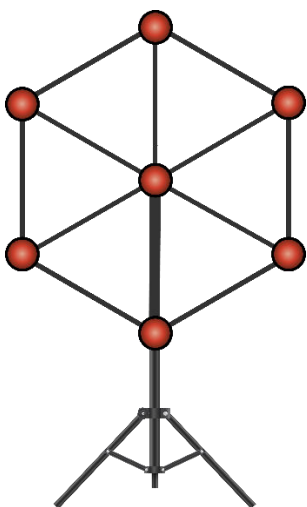


Fig. 5 Designul dispozitivului final.

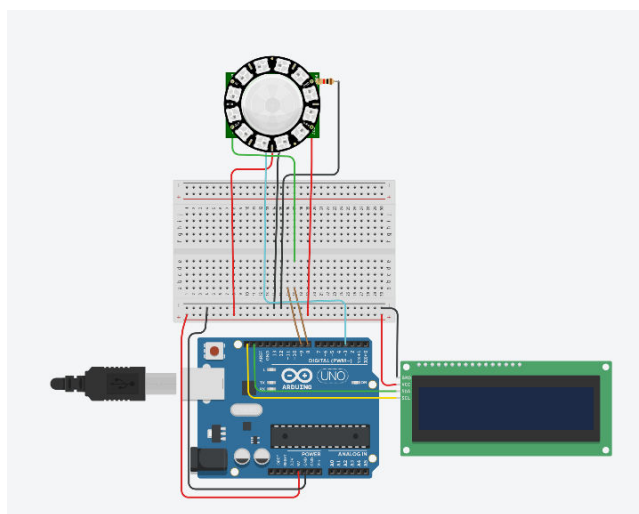


Fig. 6 Schema grafică a dispozitivului avansat, ce conține 1 buton tactil.

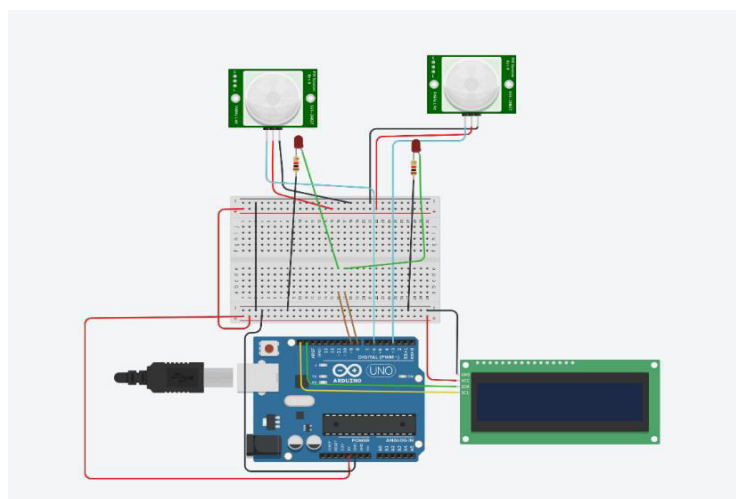


Fig. 7 Schema grafică a prototipului

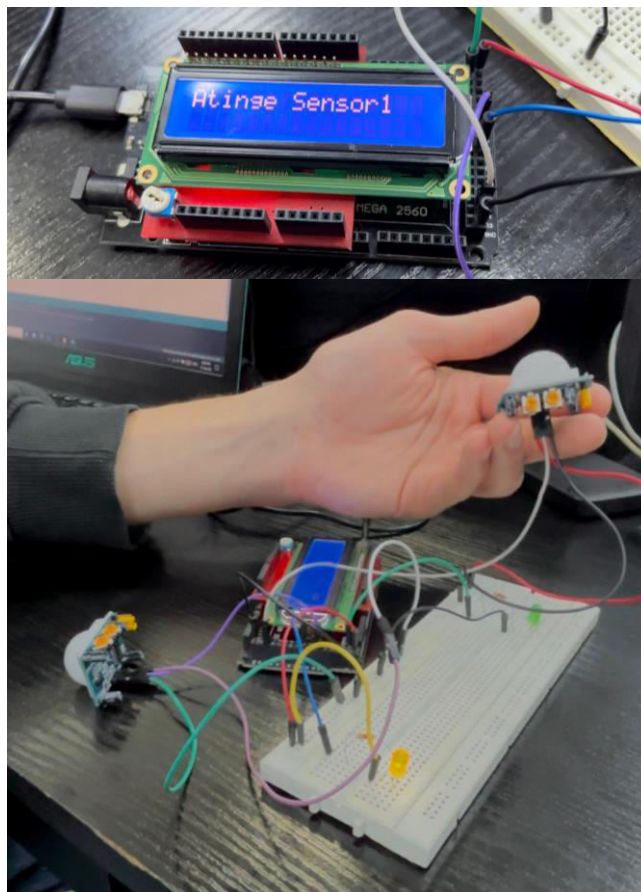


Fig. 8 Prototipul în funcțiune

Pentru a acoperi o gamă largă de pacienți intenționăm să dezvoltăm un sistem personalizat în funcție de cerințele fiecăruia, așa cum forma și exercițiile dispozitivului pot fi modificate pentru a satisface nevoile utilizatorului indiferent de vârstă, sex, greutate și condiția medicală.

Designul ergonomic al dispozitivului nostru și diversele jocuri sunt promițătoare pentru îmbunătățirea coordonării ochi-mână, ajutând la reabilitarea membrilor superioare. Următorii noștri pași includ perfecționarea pe baza feedback-ului utilizatorilor, extinderea jocurilor terapeutice pentru diverse abilități și integrarea cu platformele digitale de sănătate pentru monitorizare de la distanță și programe de reabilitare personalizate [10].

Concluzii

În urma testării prototipului, putem concluda că dispozitivul dezvoltat îndeplinește cu succes obiectivele propuse. Dispozitivul nostru poate avea un rol important în reabilitarea membrului superior și antrenarea coordonării ochi-mână. El reprezintă o soluție versatilă pentru o gamă largă de utilizatori. Ne propunem să dezvoltăm un prototip avansat și să îl optimizăm pe baza feedbackului în urma testării.

Referințe:

- [1] G. Vasan and P. M. Pilarski, "Learning from demonstration: Teaching a myoelectric prosthesis with an intact limb via reinforcement learning," 2017 International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR), London, UK, 2017, pp. 1457-1464, doi: 10.1109/ICORR.2017.8009453.
- [2] DeMaagd G, Philip A. Parkinson's Disease and Its Management: Part 1: Disease Entity, Risk Factors, Pathophysiology, Clinical Presentation, and Diagnosis. P T. 2015 Aug;40(8):504-32. PMID: 26236139; PMCID: PMC4517533.

- [3] N. Maserejian, L. Vinikoor-Imler, A. Dilley. Estimation of the 2020 Global Population of Parkinson's Disease (PD) [abstract]. *Mov Disord.* 2020; 35 (suppl 1).
<https://www.mdabstracts.org/abstract/estimation-of-the-2020-global-population-of-parkinsons-disease-pd/>. Accesat Aprilie 2024.
- [4] <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/parkinson-disease> . Accesat Aprilie 2024
- [5] Ezhov, A., Zakharova, A., & Kachalov, D. (2021, October). Modern Light Sport Training Systems: Critical Analysis of Their Construction and Performance Features. In *icSPORTS* (pp. 123-129).
- [6] A. A. Galadima, "Arduino as a learning tool," *2014 11th International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO)*, Abuja, Nigeria, 2014, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICECCO.2014.6997577.
- [7] Gay, W., & Gay, W. (2017). I2C LCD Displays. *Custom Raspberry Pi Interfaces: Design and build hardware interfaces for the Raspberry Pi*, 35-54.
- [8] Narayana, S., Prasad, R. V., Rao, V. S., Prabhakar, T. V., Kowshik, S. S., & Iyer, M. S. (2015, April). PIR sensors: Characterization and novel localization technique. In *Proceedings of the 14th international conference on information processing in sensor networks* (pp. 142-153).
- [9] Wensveen, S., & Matthews, B. (2014). Prototypes and prototyping in design research. In *The routledge companion to design research* (pp. 262-276). Routledge.
- [10] Petryna, Adriana. "The right of recovery." *Current Anthropology* 54.S7 (2013): S67-S76.