

Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova

Universitatea Tehnică a Moldovei

Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică

Departamentul Microelectronică și Inginerie Biomedicală

Admis la susținere

**Șef interimar departament MIB
conf. univ., dr Serghei RAILEAN**

_____” _____ 2025

DISPOZITIV PENTRU ELECTROMIOGRAFIE

Proiect de master

Student: _____ **Iordan Marin, grupa IBM-231M**

Coordonator: _____ **Postica Vasile, lect. univ., dr**

Chișinău, 2025

REZUMAT

la teza de master cu tema “Dispozitiv pentru electromiografie”,

Teza cuprinde introducerea, trei capitole, concluzii, bibliografia din 20 titluri, 57 pagini text de bază, inclusiv 24 figuri.

Cuvinte cheie: electromiografie, procesarea semnalelor, electronica medicală, achiziția datelor, microprocesor.

Domeniul de cercetare se concentrează pe aspectele teoretice și practice ale evaluării activității musculare în vederea diagnosticării afecțiunilor neuromusculare, precum și pe dezvoltarea schemelor electrice utilizate în electromiografie (EMG).

Scopul lucrării este dezvoltarea unui dispozitiv destinat înregistrării activității electrice a mușchilor, fie generate spontan, fie ca urmare a contracției musculare. În acest sens, vor fi create două componente principale: hardware și software. Componenta hardware va include schemele electrice pentru citirea și procesarea semnalelor EMG, iar componenta software va cuprinde o interfață grafică care să permită vizualizarea în timp real a activității musculare, precum și stocarea datelor pe calculator

Metodologia cercetării științifice se bazează pe teoria conducției nervoase în fibrele musculare pentru a determina disfuncțiile legate de nervi și mușchi.

Noutatea și originalitatea științifică a rezultatelor obținute constă în: (i) proiectarea unor scheme cost-eficiente pentru achiziția semnalelor electrice generate de activitatea musculară, utilizând metoda citirii diferențiale cu 3 electrozi; (ii) implementarea filtrelor cu mai mulți poli pentru reducerea maximă a influenței zgomotului de rețea și filtrarea semnalului, eliminând necesitatea utilizării filtrelor Notch cu rejecția de 50 Hz. Aceasta reprezintă o soluție inovatoare, având în vedere că majoritatea semnalelor utile provenite din activitatea musculară se află în această bandă de frecvență; (iii) dezvoltarea unei interfețe grafice pe calculator care permite stocarea eficientă a datelor pentru procesare ulterioară și aplicarea unor algoritmi avansați de analiză, inclusiv descriptori de amplitudine și frecvență.

Semnificația teoretică a lucrării constă în analiza spectrului de frecvențe al semnalului electric generat de activitatea musculară, având ca scop proiectarea unor filtre optimizate pentru banda de frecvență de interes.

Valoarea aplicativă a lucrării constă în elaborarea dispozitivului de electromiografie care permite vizualizarea și stocarea activității musculare în timp real cu posibilitatea de dirijare a coeficientului de amplificare pentru a se adapta diferitor masive de mușchi.

SUMMARY

in the master's thesis with the theme "Device for electromyography",

The thesis includes the introduction, three chapters, conclusions, the bibliography of 20 titles, 57 pages of basic text, including 24 figures.

Keywords: electromyography, signal processing, medical electronics, data acquisition, microprocessor.

Research field focuses on the theoretical and practical aspects of the evaluation of muscle activity in order to diagnose neuromuscular disorders, as well as on the development of electrical circuits used in electromyography (EMG).

The purpose of the work is to develop a device intended for recording the electrical activity of muscles, either generated spontaneously or as a result of muscle contraction. In this regard, two main components will be created: hardware and software. The hardware component will include the electrical circuits for reading and processing EMG signals, and the software component will include a graphical interface that allows real-time visualization of muscle activity, as well as data storage on the computer.

Scientific research methodology is based on the theory of nerve conduction in muscle fibers to determine dysfunctions related to nerves and muscles.

Novelty and originality of the obtained results consists in: (i) the design of cost-effective schemes for the acquisition of electrical signals generated by muscle activity, using the 3-electrode differential reading method; (ii) the implementation of multi-pole filters for maximum reduction of the influence of network noise and signal filtering, eliminating the need to use Notch filters with 50 Hz rejection. This represents an innovative solution, considering that most of the useful signals coming from muscle activity are in this frequency band; (iii) the development of a graphical computer interface that allows efficient data storage for subsequent processing and the application of advanced analysis algorithms, including amplitude and frequency descriptors.

The theoretical significance of the work consists in the analysis of the frequency spectrum of the electrical signal generated by muscle activity, with the aim of designing filters optimized for the frequency band of interest.

The applicative value of the work consists in the development of an electromyography device that allows visualization and storage of muscle activity in real time with the possibility of directing the amplification coefficient to adapt to different muscle masses.

CUPRINS

LISTA DE FIGURI	10
LISTA DE TABELE	11
INTRODUCERE	12
1. CADRUL TEORETIC	13
<i>1.1. Principii de bază ale electromiografiei</i>	<i>14</i>
<i>1.2. Tipuri de Electromiografie.....</i>	<i>16</i>
<i>1.3. Aplicații ale Electromiografiei.....</i>	<i>18</i>
<i>1.4. Interpretarea Semnalelor EMG</i>	<i>21</i>
<i>1.5. Factorii care influențează semnalele EMG.....</i>	<i>25</i>
<i>1.6. Limite și provocări ale electromiografiei (EMG)</i>	<i>27</i>
<i>1.7. Importanța filtrului în electromiografie (EMG).....</i>	<i>30</i>
2. ELABORAREA DISPOZITIVULUI PENTRU ELECTROMIOGRAFIA DE SUPRAFAȚĂ.....	36
<i>2.1. Elaborarea schemei bloc a dispozitivului</i>	<i>36</i>
<i>2.2. Asamblarea și testarea dispozitivului.....</i>	<i>44</i>
<i>2.3. Aplicația de vizualizare a semnalului</i>	<i>47</i>
3. REZULTATELE PRACTICE ALE DISPOZITIVULUI PENTRU MĂSURAREA SEMNALELOR EMG	49
<i>3.1. Dispozitiv de electromiografie implimentat în Instituțiile Medicale</i>	<i>49</i>
<i>3.2. Rezultatele obținute</i>	<i>53</i>
CONCLUZII	55
BIBLIOGRAFIE	57

LISTA DE FIGURI

Figura 1.1. Schema bloc simplificată a achiziției electromiogramei de suprafață. Schema bloc care prezintă fiecare dintre etapele principale privind achiziția electromiogramelor de suprafață.....	19	
Figura 1.2. Electromiograme și potențialele de acțiune ale unității motorii.....	22	
Figura 1.3. Filtru trece-jos.....	31	
Figura 1.4. Filtru trece-sus.....	31	
Figura 1.5. Filtru trece-banda.....	32	
Figura 1.6. Filtru Notch.....	32	
Figura 2.1. Schema bloc generală a dispozitivului de electromiografie.....	35	
Figura 2.2. Arduino Uno.....	37	
Figura 2.3. Senzorul EMG AD8232.....	39	
Figura 2.4. Modul Bluetooth HC-05.....	41	
Figura 2.5. Conectarea Arduno Uno si Modul Bluetooth HC-05.....	41	
Figura 2.6 Conectarea Arduino Uno cu Senzorul AD8332.....	42	
Figura 2.7 Dispozitivul si amplasarea electrozilor.....	43	
Figura 2.8. Semnalul achiziționat.....	44	
Figura 2.9. Dispozitivul implementat in carcasa.....	45	
Figura 2.10. Dipozitivul	45	
Figura	2.11.	Inregistrarea
pacientului.....		46
Figura 2.12. Baza de date de pacineti inregistrati.....		46
Figura 2.13. Comentariu care il scrie doctorul.....		46
Figura 2.14. Aplicatia de vizualizare.....		47
Figura 2.15. Versiunea finala a aplicatiei.....		47
Figura 3.1. Nihon Kohden Neuropack S1.....		50
Figura 3.2. Semanl primit de Neuropack S1.....		53
Figura 3.3. Electrozi amplasati pe mâna utilizind Neuropack S1.....		53

LISTA DE TABELE

Tabelul 2.1. Specificații tehnice ale Arduino Uno.....	36
Tabelul 2.2. Specificații tehnice ale senzorului AD8232.....	37
Tabelul 2.3. Specificații tehnice ale modulului HC-05.....	39

INTRODUCERE

Tehnologia joacă un rol esențial în transformarea domeniului biomedical, contribuind la îmbunătățirea diagnosticării, monitorizării și tratamentului diverselor afecțiuni. Electromiografia (EMG) este o tehnică bine cunoscută în medicina modernă, utilizată pentru înregistrarea și analiza activității musculare, fiind deosebit de valoroasă în diagnosticarea tulburărilor neuromusculare, precum neuropatiile, miopatiile și alte afecțiuni care afectează sistemul muscular și nervos. Cu toate acestea, dispozitivele EMG tradiționale se confruntă cu limitări importante, inclusiv costuri ridicate, dimensiuni mari, complexitate tehnologică și accesibilitate scăzută în regiunile mai puțin dezvoltate. În acest context, dezvoltarea unui dispozitiv de electromiografie accesibil, portabil și ușor de utilizat devine o necesitate.

Acest proiect de master își propune să răspundă acestor provocări prin elaborarea unui dispozitiv de electromiografie care să îmbine eficiența, ergonomia și costurile reduse. Lucrarea este rezultatul unei sinteze între cunoștințele teoretice acumulate pe parcursul anilor de studiu și aplicarea lor practică într-un proiect concret. Scopul final este de a contribui atât la îmbunătățirea accesului la tehnologia EMG pentru clinici, cât și la extinderea utilizării acesteia în contexte variate, cum ar fi reabilitarea medicală, cercetarea sportivă sau analiza biomecanică.

Lucrarea este structurată pentru a oferi o abordare cuprinzătoare și bine fundamentată a procesului de dezvoltare. În prima etapă, este analizată actualitatea și relevanța temei, evidențiind necesitatea unui dispozitiv inovator de electromiografie. Ulterior, se descriu detaliile procesului de selecție a componentelor hardware și software, care asigură funcționalitatea și eficiența dispozitivului. Designul ergonomic și optimizarea dimensiunilor sunt aspecte prioritare, având în vedere nevoia de portabilitate și confort pentru utilizatori. În etapa de implementare, dispozitivul este asamblat și supus testărilor, pentru a evalua performanța și fiabilitatea acestuia în condiții reale de utilizare.

Un aspect deosebit al proiectului este orientarea către utilizator și siguranța acestuia. Fiecare etapă a fost realizată cu o atenție deosebită la detalii, pentru a minimiza riscul de defecte sau erori.

În concluzie, proiectul de elaborare a unui dispozitiv de electromiografie reprezintă o contribuție valoroasă la domeniul bioingineriei, având un impact pozitiv atât asupra cercetării, cât și asupra practicii medicale.

BIBLIOGRAFIE

1. ROBERTSON, D. G. E.; CALDWELL, G. E.; HAMILL, J.; KAMEN, G.; WHITTLESEY, S. N. *Research Methods in Biomechanics*. Champaign, IL: Human Kinetics. Human Kinetic, 2014, 441 p., ISBN 978-0-7360-9340-8.
2. PAOLETTI, Michele; BELLI, Alberto; PALMA, Lorenzo; VALLASCIANI, Massimo; PIERLEONI, Paola. A Wireless Body Sensor Network for Clinical Assessment of the Flexion-Relaxation Phenomenon. *Electronics*. 2020, vol. **9** (6), p. 1044 (21 p.) ISSN 2079-9292. doi:[10.3390/electronics9061044](https://doi.org/10.3390/electronics9061044).
3. *Electromyography* at the U.S. NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE MEDICAL Subject Headings (MeSH)
4. KOBYLARZ, Jhonatan; BIRD, Jordan J.; FARIA, Diego R.; RIBEIRO, Eduardo Parente; EKÁRT, Anikó. Thumbs up, thumbs down: non-verbal human-robot interaction through real-time EMG classification via inductive and supervised transductive transfer learning. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. 2020 p. 6021-6031 (p.II) . Springer Science and Business Media LLC: ISSN 1868-5137 doi:[10.1007/s12652-020-01852-z](https://doi.org/10.1007/s12652-020-01852-z).
5. PAOLETTI, Michele; BELLI, Alberto; PALMA, Lorenzo; PIERLEONI, Paola. Electromyography Pattern Likelihood Analysis for Flexion-Relaxation Phenomenon Evaluation. *Electronics*. 2020. p.9 (12): 2046. ISSN 2079-9292 doi:[10.3390/electronics9122046](https://doi.org/10.3390/electronics9122046).
6. HARVEY AM, MASLAND RL: Actions of durarizing preparations in the human. *Journal of Pharmacology And Experimental Therapeutics*, 1941, vol. 73, pp. 304-311(7p).
7. BOTELHO, Stella Y. Comparison of simultaneously recorded electrical and mechanical activity in myasthenia gravis patients and in partially curarized normal humans. *The American Journal of Medicine*.1955. **19** (5): 693–6. doi:[10.1016/S0002-9343\(55\)80010-1](https://doi.org/10.1016/S0002-9343(55)80010-1). PMID 13268466.