

ELABORAREA ELECTROCARDIOGRAFULUI PORTABIL CU FUNCTIA DE ÎNREGISTRARE ȘI AFIȘARE A DATELOR

Serghei ANATI¹*, Maxim CHIRIAC²

¹ Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică,
Departamentul Microelectronică și Inginerie Biomedicală, grupa IBM-212, Chișinău, Republica Moldova

² Centrul de Nanotehnologii și Nanosenzori, Departamentul Microelectronică și Inginerie Biomedicală, Facultatea
Calculatoare Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

*Autorul corespondent: Serghei Anati, serghei.anati@mib.utm.md

Îndrumător/coordonatorul științific: **Nicolai ABABII**, dr., conf. univ., Centrul de Nanotehnologii și
Nanosenzori, Departamentul Microelectronică și Inginerie Biomedicală, Facultatea Calculatoare
Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei

Rezumat. *Electrocardiograful este un dispozitiv medical utilizat pentru înregistrarea și evaluarea activității electrice a inimii, generând o electrocardiogramă care oferă informații despre ritmul cardiac și posibilele anomalii ale acestuia. În lucrare se proiectează un electrocardiograf portabil și software-ul pentru controlul acestuia. Se expun specificațiile tehnice ale dispozitivului, conform documentației specifice a circuitelor integrate utilizate în urma cărora ca rezultat este proiectată placheta cu cablaj imprimat pentru dispozitivului. Se oferă o prezentare a posibilităților software-ului pentru prelucrarea și înregistrarea semnalului recepționat utilizând filtre de tip hard și soft. Noutatea lucrării o reprezintă portabilitatea și capacitatea dispozitivului de a monitoriza și înregistra semnalele ECG a pacientului. Această monitorizare durează o perioadă îndelungată în timp real, astfel atât medicul poate vizualiza rezultatele obținute în cabinetul său cât și pacientul în afara cabinetului în timp real. Datele colectate se înregistrează pe un dispozitiv de stocare a memoriei cu dimensiuni reduse, ce ulterior se conectează în calculator și datele respective sunt prelucrate și analizate de personalul medical.*

Cuvinte cheie: ECG, portabil, dispozitiv medical.

Introducere

Electrocardiografia (ECG) este o metodă de diagnostic care este utilizată pentru a evalua funcționarea inimii prin înregistrarea activității electrice a mușchiului cardiac [1]. Un electrocardiograf portabil este un dispozitiv medical care măsoară și înregistrează activitatea electrică a inimii unei persoane în timp real. În timpul achiziționării unui semnal ECG, electrozii care sunt atașați de piele în regiunea pieptului, brațe și picioare înregistrează semnalele electrice generate de inimă în timpul funcționării sale. Aceste semnale sunt înregistrate sub forma unui grafic care poate fi analizat de un medic pentru a identifica anomalii ale ritmului cardiac, prezența bolilor de inimă și a altor afecțiuni. Un ECG este unul dintre principalele instrumente în cardiologie pentru diagnosticarea și evaluarea sănătății cardiace.

ECG-urile portabile pot fi utile în cazurile în care este necesară monitorizarea activității cardiace pentru o lungă perioadă de timp sau în mod regulat pentru a detecta anomalii precum aritmii sau alte tulburări cardiace. Monitoarele ECG portabile oferă de obicei posibilitatea de a salva date și apoi de a le transfera unui medic pentru analiză și interpretare. Această tehnologie poate fi deosebit de utilă pentru monitorizarea stării inimii la pacienții cu probleme cardiace sau cu risc de a le dezvolta.

Partea tehnică

Conceptul acestui dispozitiv este de a crea un electrocardiograf portabil, astfel încât să fie ușor de utilizat, compact și, în cazul unei posibile defecțiuni, funcționarea acestuia poate fi ușor

restabilită. Astfel, părțile componente de bază sunt prezentate în figura 1, și anume: modulul amplificator cu potențial biologic AD8232 [2], microcontrolerul Arduino NANO [3], modulul OLED [4], modulul Micro SD Reader [5] și RTC3121 [6]. Mediul de lucru utilizat pentru a elabora circuitul cu un cablaj imprimat este EasyEDA [7], care reprezintă un mediu de lucru cu acces liber. Aceasta furnizează o gamă largă de instrumente pentru proiectarea și testarea circuitelor, permițând utilizatorilor să creeze și să simuleze scheme electronice, să proiecteze plăci de circuit imprimate (PCB) și să colaboreze cu alți utilizatori în procesul de proiectare.

Amplificatorul cu potențial biologic AD8232 este un amplificator instrumental analog dezvoltat de Analog Devices [2], special conceput pentru a măsura semnalele bioelectrice, cum ar fi cele provenite de la ECG. Așa tip de dispozitiv este frecvent utilizat în aplicații medicale și de monitorizare a sănătății pentru a detecta și amplifica semnalele electrice generate de activitatea cardiacă.

Microcontrolerul Arduino Nano este o placă de dezvoltare bazată pe microcontroler, similară cu celelalte plăci Arduino [3], dar cu dimensiuni fizice mai mici. Această placă este proiectată pentru a fi compactă și ușor de integrat în proiecte electronice.

Ecranul OLED (Organic Light-Emitting Diode) cu numărul de model SSD1306 128×64 de 0.96 inch [4] este un tip de afișaj cu diode electroluminiscente organice, care are o rezoluție de 128x64 pixeli și o dimensiune fizică de 0.96 inch.

Un modul de adaptor pentru card Micro SD este un dispozitiv care permite utilizarea unui card Micro SD (Secure Digital) într-un sistem electronic sau proiect [5]. Acest modul facilitează conexiunea și interacțiunea cu cardurile de memorie Micro SD într-un mod controlat și ușor de utilizat.

Circuitul integrat (CI) DS3231 este un circuit dezvoltat de Maxim Integrated, și reprezintă un ceas în timp real (RTC - Real-Time Clock) de precizie [6]. Acest dispozitiv este proiectat pentru a oferi un ceas și un calendar exact, fiind adesea utilizat în aplicații care necesită urmărirea timpului cu o precizie ridicată.

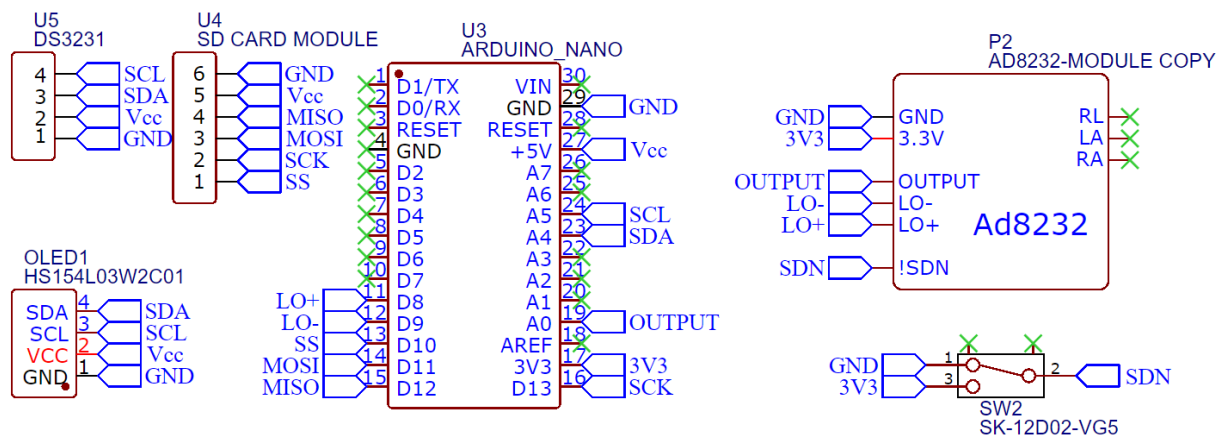
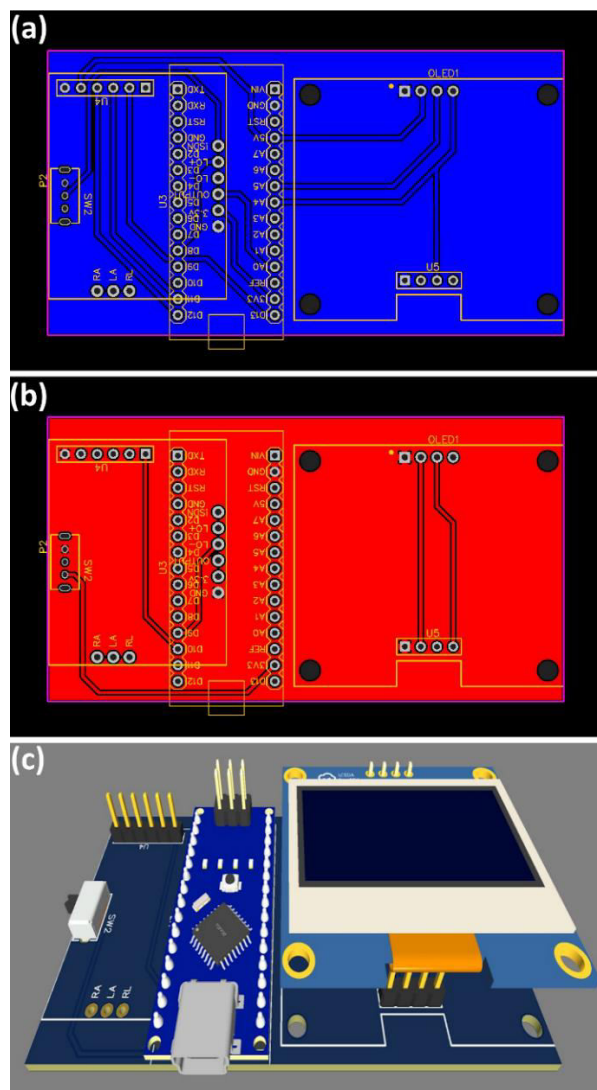


Figura 1. Schema principală a ECG-ului portabil

ECG-ul bazat pe circuitul integrat AD8232 constă din mai multe componente principale. În primul rând, conține trei electrozi: doi pentru a primi semnalul inimii și al treilea pentru a crea un potențial de referință. Acești electrozi sunt conectați la intrările corespunzătoare ale circuitului integrat. Circuitul integrat în sine îndeplinește funcțiile de amplificare și filtrare la nivelul componentelor electronice ale semnalului ECG. Acesta include mai multe amplificatoare și filtre care permite colectarea semnalului ECG curat și amplificat.

Semnalul primit este trimis la microcontrolerul Arduino NANO și trece filtrarea software. Această filtrare constă în utilizarea filtrului median [8] pentru a elimina sau atenua eventualele valori aberante sau impulsuri înregistrate în semnalul primit. După primirea semnalului filtrat, se transmite către afișorul OLED [4] pentru vizualizare și înregistrarea valorilor simultan pe cardul SD [5].



**Figura 2. Imaginea PCB a dispozitivului:
vedere de jos, (b) vedere de sus și (c) imaginea plăcii de bază**

În figura 2 este reprezentat cablajul imprimat din vederile de jos (figura 2a) și sus (figura 2b), precum și modelul 3D a dispozitivului elaborat (figura 2c). Astfel acest dispozitiv are dimensiunile de 80 mm x 45 mm.

Avantajele dispozitivului

Electrocardiografele portabile oferă o serie de avantaje datorită mobilității și ușurinței de utilizare. Portabilitatea lor face posibilă analiza activității cardiace în diferite condiții, inclusiv în locuri cu spațiu limitat sau în situații medicale de urgență. Datorită monitorizării continue, aceste dispozitive permit detectarea aritmii și a altor anomalii cardiace care sunt ratate în timpul testelor de rutină. De asemenea, pacienții se simt mai confortabil în timpul testării în mediul lor normal (condiții casnice). Accesul rapid la rezultate asigură un răspuns prompt al personalului medical la posibile probleme cardiace, ceea ce face ca electrocardiografele portabile să fie un instrument valoros pentru diagnosticarea și monitorizarea bolilor de inimă.

De asemenea, datorită faptului că dispozitivul elaborat este format din module, acesta poate fi reparat sau schimbat cu ușurință într-un timp scurt și readus la starea funcțională pentru a continua monitorizarea ritmului cardiac. De asemenea, datorită consumului redus de energie al circuitului integrat AD8232 [2] autonomia dispozitivului crește, ceea ce permite utilizarea acestuia un timp cât mai îndelungat posibil.

Concluzii

Utilizarea electrocardiografelor portabile bazate pe modulul utilizat în această lucrare este o soluție rentabilă și eficientă în scopuri medicale și științifice. Acest modul oferă măsurări precise și fiabile ale biopotențialelor, inclusiv a semnalelor ECG, precum și un mod simplu de utilizare, miniaturizarea dimensiunilor, consum redus de energie și flexibilitate în configurarea și extinderea funcționalității.

Acest lucru este important pentru crearea de dispozitive compacte și portabile de monitorizare a sănătății care îmbunătățesc disponibilitatea asistenței medicale și oferă condiții mai accesibile și confortabile pacienților și medicilor. În plus, electrocardiografele portabile sunt un instrument valoros pentru diagnosticarea și monitorizarea bolilor de inimă datorită mobilității, ușurinței de utilizare și capacității de a detecta anomalii ale activității cardiace. Capacitatea acestora de a lucra în diferite condiții, inclusiv situații de urgență, le face un element integrant în practica medicală.

În plus, design-ul modular și posibilitatea unei mentenanțe rapide asigură utilizarea pe termen lung și eficiență a dispozitivului. Consumul redus de energie crește autonomia dispozitivului, ceea ce evită necesitatea încărcării frecvente. Această soluție structurează procesul de monitorizare a activității cardiace, o face mai accesibilă și mai convenabilă pentru pacienți și specialiști, reduce costurile și crește eficiența asistenței medicale.

Referințe

- [1] Sörnmo, Leif and Laguna, P. *Electrocardiogram (ECG) Signal Processing*. In *Wiley encyclopedia of biomedical engineering*; John Wiley & Sons Inc., 2006; Vol. 2, pp. 1298–1313 ISBN 978-0-471-24967-2 (set).
- [2] "AnalogDevices AD8232 Datasheet Available" [Online]: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ad8232.pdf>.
- [3] "Arduino Arduino® Nano Datasheet Available" [Online]: <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000005-datasheet.pdf>.
- [4] "Fuller, J. SSD1306 128×64 Mono 0.96 Inch I2C OLED Display Available" [Online]: <https://www.datasheethub.com/ssd1306-128x64-mono-0-96-inch-i2c-oled-display/>.
- [5] "Micro SD Card Adapter Module Available" [Online]: <https://components101.com/modules/micro-sd-card-module-pinout-features-datasheet-alternatives>.
- [6] "AnalogDevices DS3121 - Extremely Accurate I2C-Integrated RTC/TCXO/Crystal Available" [Online]: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/DS3231.pdf>.
- [7] "EasyEDA" [Online]. <https://easyeda.com/editor>
- [8] Shelke, S.K.; Sinha, S.K.; Patel, G.S. "Development of Complete Image Processing System Including Image Filtering, Image Compression & Image Security". *Mater. Today Proc.* **2023**, *80*, 2167–2171, doi:<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.06.154>.