

PACEMAKER SIMULATOR

Alexandru MACAROV

Departamentul Microelectronică și Inginerie Biomedicală, grupa IBM-221, Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică, UTM, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Macarov Alexandru, alexmacarov003@gmail.com

Coordonator: **Mihai BRÎNZĂ**, asist. univ., cercetător științific stagiar, Departamentul Microelectronică și Inginerie Biomedicală, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, RM

Rezumat: Un circuit stimulator cardiac a fost creat utilizând diverse componente electronice disponibile comercial, iar microcontrolerul ATmega328 a servit ca nucleu al întregului sistem. Circuitele stimulatorului sunt clasificate drept oscilatoare de relaxare, generând ieșiri repetitive nesinusoidale și fiind monitorizate printr-un buclaj de feedback. Pentru monitorizarea eficientă a activității electrice a inimii, s-a utilizat un senzor AD8232, care acționează ca un amplificator operațional, furnizând semnale clare și având capacitatea de a conecta semnale suplimentare pentru brațe și picioare. Controlul stimulatorului cardiac și interfața cu AD8232 au fost realizate folosind Arduino Uno, oferind un mediu de programare convenabil în limbajul C++. Asamblarea sistemului a fost realizată pe un breadboard, iar rezultatele testelor au fost vizualizate în Serial Plotter. În plus, pentru utilizarea ulterioară a sistemului în experimente, a fost proiectată o placă de instruire dedicată.

Cuvinte-cheie: Stimulator cardiac, microcontroler ATmega328, senzor AD8232, Arduino Uno.

Introducere

Circuitul stimulator cardiac a fost dezvoltat folosind mai multe componente electronice disponibile comercial. Aceste componente au fost asamblate și integrate ca parte a acestei lucrări. Partea cea mai importantă a sistemului a fost microcontrolerul ATmega328. Microcontrolerul a fost programat în timpul acestei sarcini pentru a calcula și executa procesele necesare.

Circuitele stimulatorului cardiac sunt clasificate ca oscilatoare de relaxare. Aceste oscilatoare produc o ieșire repetitivă nesinusoidală. Ieșirea este menținută și monitorizată folosind un buclaj de feedback.

Oscilatoarele operează în principal prin generarea de frecvențe diferite folosind circuite rezistor-condensator(RC). Acest mod de operare îi diferențiază de circuitele de comunicație, care constau în principal din circuite rezistor-inductor(LC), cunoscute și sub numele de circuite tank [1].

Monitor de ritm cardiac - AD8232

Pentru a monitoriza eficient activitatea electrică a inimii, s-a utilizat un senzor AD8232 (Fig. 1). Monitorizarea ieșirii unui ECG poate fi extrem de zgomotoasă, motiv pentru care implementarea acestui senzor a rezolvat aceste probleme. AD8232 acționează ca un amplificator operațional pentru a asigura un semnal clar primit de la sistem. Placa senzorului oferă, de asemenea, posibilitatea de a conecta semnale suplimentare pentru brațe și picioare. Cu indicatorul LED integrat, timpul necesar pentru depanare a fost redus semnificativ.

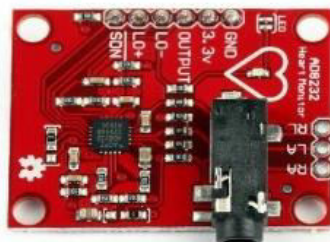


Figura 1. Senzorul AD8232

Arduino Uno

Elementul cheie al întregii lucrări a fost microcontrolerul Atmega328. Microcontrolerul a furnizat lucrării capacitatea de a interfața cu AD8232 de a controla stimulatorul cardiac. ATmega328 a fost programat folosind o placă de dezvoltare Arduino (Fig. 2). Utilizarea Arduino a furnizat un compilator pentru programare în limbaj de nivel înalt, C++. Mai târziu, compilatorul a fost utilizat pentru a monitoriza ieșirile pe serial monitor și serial plotter.



Figura 2. Placă de dezvoltare Arduino Uno

Programarea microcontroller-ului

Microcontrolerul a fost programat folosind o placă de dezvoltare Arduino și software-ul asociat [2]. Codul software utilizat pentru a programa Arduino este atașat (Fig. 3).

```
pacemaker.ino
1  long instance1=0, timer;
2  double hrv =0, hr = 72, interval = 0;
3  int value = 0, count = 0;
4  bool flag = 0;
5  #define shutdown_pin 10
6  #define threshold 100 // to identify R peakss
7  #define timer_value 10000 // 10 seconds timer to calculate hr
8  void setup() {
9      Serial.begin(9600);
10     pinMode(8, INPUT); // Setup for leads off detection LO +
11     pinMode(9, INPUT); // Setup for leads off detection LO -
12 }
13 void loop() {
14     if((digitalRead(8) == 1)|| (digitalRead(9) == 1)){
15         Serial.println("leads off!");
16         digitalWrite(shutdown_pin, LOW); //standby mode
17         instance1 = micros();SS
18         timer = millis();
19     }
20     else {
21         digitalWrite(shutdown_pin, HIGH); //normal mode
22         value = analogRead(A0);
23         value = map(value, 250, 400, 0, 100); //to flatten the ecg values a bit
24         if((value > threshold) && (!flag)) {
25             count++;
26             Serial.println("in");
27             flag = 1;
28             interval = micros() - instance1; //RR interval
29             instance1 = micros();
30         }
31         else if((value < threshold)) {
32             flag = 0;
33         }
34         if ((millis() - timer) > 10000) {
35             hr = count*6;
36             timer = millis();
37             count = 0;
38         }
39         hrv = hr/60 - interval/1000000;
40         Serial.print(hr);
41         Serial.print(",");
42         Serial.print(hrv);
43         Serial.print(",");
44         Serial.println(value);
45         delay(1);

```

Figura 3. Codul Arduino

Asamblarea simulatorului

Partea dată a proiectului a fost realizată prin intermediul unui breadboard și a firelor de conexiune (Fig. 4) cu ajutorul cărora am conectat contactele între AD8232 și microcontrolerul Arduino.

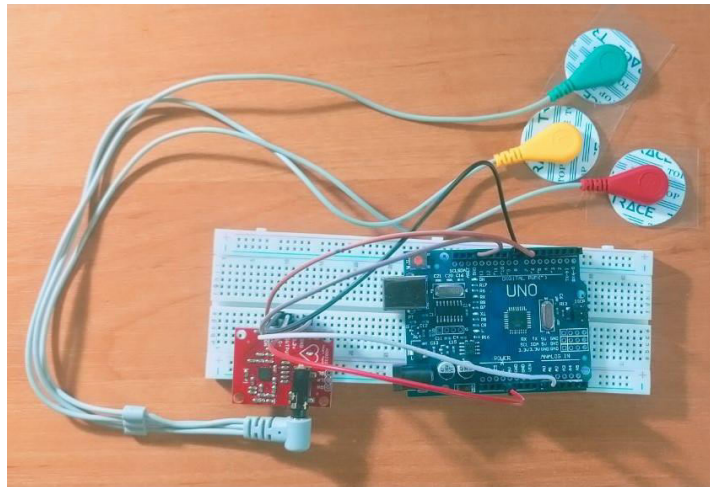


Figura 4. Dispozitivul asamblat

Rezultatele testării

După conectarea elementelor device-ului, rescrierea și testarea codului în aplicația Arduino IDE, putem trece la vizualizarea bătăilor ritmice cardiace în Serial Plotter (Fig. 5).



Figura 5. Vizualizarea bătăilor cardiace in Arduino IDE

Proiectarea stand-ului

Pentru a asigura că sistemul poate fi folosit pentru experimente ulterioare, a fost proiectată și dezvoltată un concept de placă de instruire (Fig. 6).

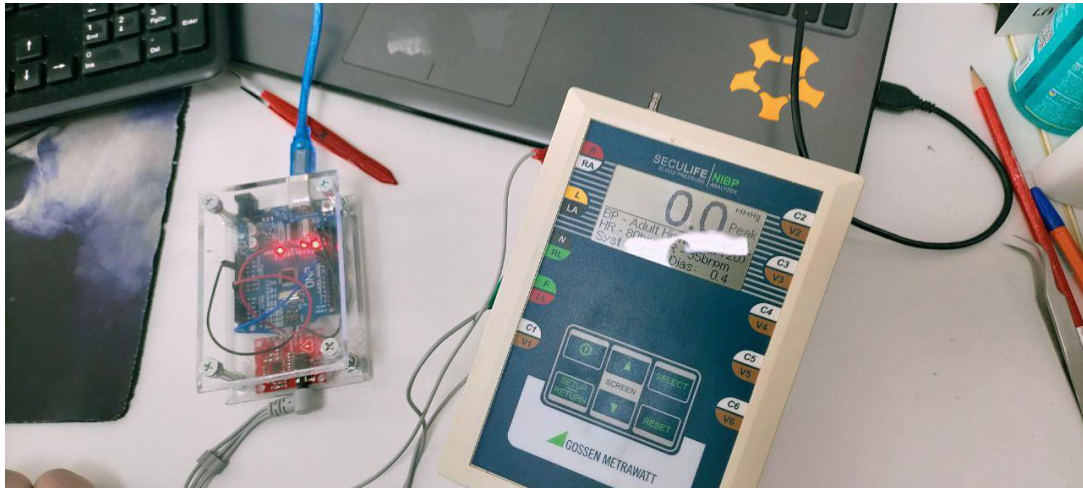


Figura 6. Concept de placă de instruire

Concluzie

Articolul dat descrie realizarea unui circuit stimulator cardiac complex, care integrează componente electronice comerciale și tehnici de programare avansate. Cu un accent deosebit pe microcontrolerul ATmega328 și senzorul AD8232, sistemul poate monitoriza și regla eficient activitatea electrică a inimii. Utilizând tehnologia Arduino Uno, dispozitivul este capabil să genereze și să evalueze în mod precis bătăile ritmice cardiace. Asamblarea și testarea au confirmat funcționalitatea și fiabilitatea dispozitivului, consolidându-l ca o soluție promițătoare pentru cercetarea și aplicarea practică în domeniul medicinei cardiovasculare.

Bibliografie

- [1] Robust neuromorphic coupled oscillators for adaptive pacemakers [accesat 23.02.2024]. Disponibil: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-97314-3>
- [2] Understating ECG Sensors and How to Program one to Diagnose Various Medical Conditions [accesat 23.02.2024]. Disponibil: <https://circuitdigest.com/microcontroller-projects/understanding-ecg-sensor-and-program-ad8232-ecg-sensor-with-arduino-to-diagnose-various-medical-conditions> Next-generation pacemakers: from small devices to biological pacemakers [accesat 23.02.2024]. Disponibil: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6261336/work#:~:text=The%20box%20sits%20in%20the,it%20to%20its%20normal%20rate.>