

Real-time ECG Analyzer

Introducere

Proiectul constă într-un sistem de monitorizare a activității cardiace (ECG) în timp real, alcătuit dintr-un modul AD8232 conectat la un Marble Pico. Dispozitivul afișează waveform-ul activității cardiace și calculează frecvența cardiacă cu precizie ridicată.

Obiective principale:

- **Monitorizare continuă:** Achiziție de date ECG la 250Hz pentru o rezoluție temporală optimă
- **Procesare avansată:** Implementarea algoritmului Pan-Tompkins pentru detectarea complexelor QRS
- **Interfață intuitivă:** Aplicație desktop cu afișare în timp real și analiză calității semnalului
- **Portabilitate:** Design compact, potrivit pentru monitorizare ambulatorie

Motivația proiectului: Majoritatea soluțiilor existente se limitează la măsurarea frecvenței cardiace. Acest proiect oferă o analiză completă a semnalului ECG, incluzând filtrarea avansată DSP și detectarea automată a problemelor de conectare.

Descriere generală

Workflow utilizator:

1. **Conectarea electrozilor** - LED-uri de stare indică conectarea corectă (roșu = deconectat, verde = conectat)
2. **Interfața USB** - Conectare automată la calculator prin USB CDC
3. **Lansarea aplicației** - Auto-detectare dispozitiv și inițializare
4. **Monitorizare live** - Afișare continuă cu analiza calității semnalului

Procesarea semnalului:

- **Filtrare hardware:** Filtru low-pass pasiv la ~17Hz pentru eliminarea zgomotului de înaltă frecvență
- **Algoritm Pan-Tompkins:** Detectare robustă a complexelor QRS



Hardware Design

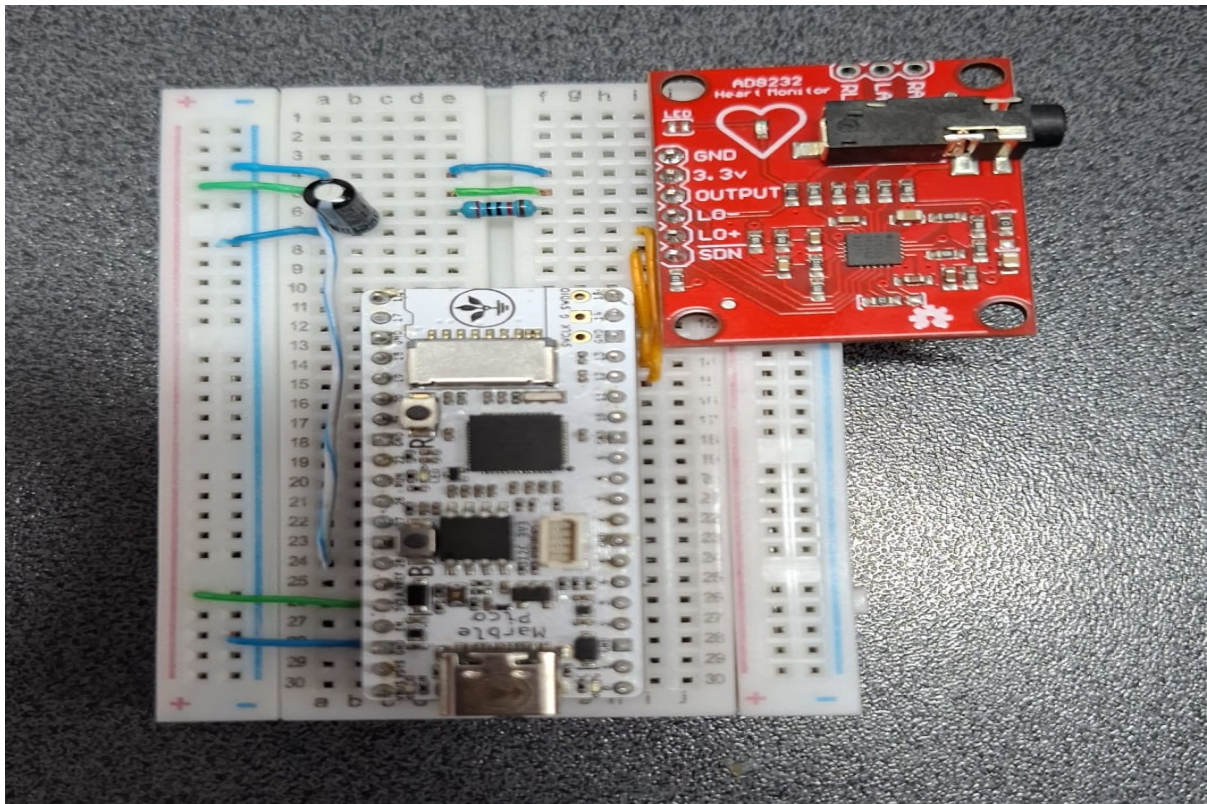
Lista componente:

Componentă	Specificații	Rol
AD8232	Amplificator instrumental ECG	Achiziție și pre-procesare semnal
Marble Pico	RP2040, 264KB RAM	Procesare și comunicație
Condensator	0.47μF	Filtru low-pass
Rezistor	20kΩ	Polarizare amplificator
Electrozi	Gel solid	Interfață bioelectrică

Interfețe hardware utilizate:

- **GPIO pins:** Monitorizare stare electrozi (leads-off detection)
- **UART/USB CDC:** Transmisie date la 115200 baud
- **Timer + ADC:** Sampling sincronizat la 250Hz, rezoluție 12-bit
- **LED indicators:** Feedback vizual stare sistem

Circuit de filtrare: Filtrul low-pass pasiv ($R=20k\Omega$, $C=0.47\mu F$) oferă o frecvență de tăiere $f_c = 1/(2\pi RC) \approx 17\text{Hz}$, eliminând zgomotul muscular și interferențele de înaltă frecvență.



Software Design

Firmware (Marble Pico):

```
#define SAMPLING_INTERVAL_MS 4 // 250 Hz

bool timer_callback(repeating_timer_t *rt) {
    gpio_put(LED_PIN, !gpio_get(LED_PIN));
}
```

```
int16_t adc_value = -1;
bool leads_connected = true;

if (gpio_get(LO_PLUS) || gpio_get(LO_MINUS)) {
    leads_connected = false;
}

if (leads_connected) {
    adc_value = adc_read();
}
printf("%d\n", adc_value);
return true;
}
```

Caracteristici firmware:

- **Timer repetat:** 4ms interval pentru sampling la 250Hz
- **Detectie electrozi:** Verificare stare LO+ și LO- pentru conectare
- **Output format:** Valori ADC printate ca int16_t prin USB CDC
- **LED indicator:** Toggle pentru feedback vizual

Aplicația desktop:

Funcționalități:

- **Citire date:** Parse serial input pentru valori ADC
- **Grafic real-time:** Afișare waveform ECG pentru ultimele 6 secunde
- **Algoritm Pan-Tompkins:** Detectare complexe QRS pentru calculul heart rate
- **Status:** Afișare stare electrozi și calitate semnal



Rezultate Obținute

Funcționalități implementate:

- **Sampling stabil:** 250Hz cu timer hardware
- **Detectie electrozi:** LED indicators pentru starea conexiunii
- **Transmisie USB:** Date ECG în timp real către aplicația desktop
- **Interfață grafică:** Afișare waveform și calculul basic al heart rate-ului

Potențial de scalare: Design-ul permite extinderea cu mai multe canale ECG prin multiplexarea ADC-ului și procesarea paralelă.

Concluzii

Lecții învățate:

- **Zgomotul** este o problemă majoră pentru semnalele ECG de amplitudine mică
- **Sursa de alimentare** introduce interferențe care afectează calitatea semnalului
- **Filtrarea hardware** (condensator + rezistor) ajută dar nu elimină complet zgomotul

Dezvoltări viitoare:

1. **Îmbunătățirea filtrării** - filtre digitale mai avansate în software
2. **PCB dedicat** pentru reducerea zgomotului și a dimensiunilor
3. **Algoritmi mai buni** pentru detectarea heart rate-ului în prezența zgomotului
4. **Interfață mai user-friendly** cu setări configurabile

Download

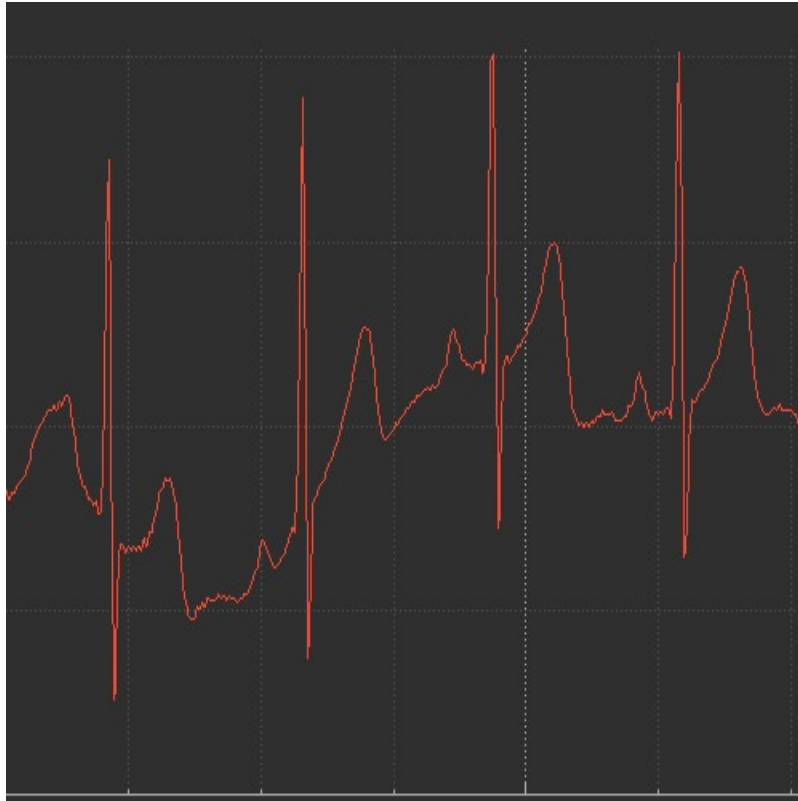
<https://github.com/RouterInfoMan/ecg-pm>

Conține:

- Cod sursă firmware (C/C++)
- Aplicație desktop (Python/Qt)
- Documentație hardware (schemă)

Jurnal

- **Saptamana 27.03 - 4.05**
 - Am asamblat legatura Marble Pico - AD8232 si simulat basic polling fara timere
 - Am trimis datele prin UART la un serial plotter
 - **Probleme întâlnite:** Zgomot excesiv, sampling neuniform
 - Rezultatul obtinut



- **Saptamana 5.05 - 11.05**

- Am adaugat timere hardware pentru sampling precis la 250Hz
- Am refactorizat codul firmware pentru eficiență
- Am început dezvoltarea aplicației desktop cu interfață grafică
- **Milestone:** Achiziție stabilă cu timer repetat

- **Saptamana 12.05 - 18.05**

- Am implementat baza algoritmului Pan-Tompkins pentru detectarea QRS
- Am dezvoltat aplicația desktop pentru afișarea graficului în timp real
- **Problemă:** Algoritmul nu detecta corect complexe QRS din cauza configurării greșite

- **Saptamana 19.05 - 25.05**

- Am corectat problemele cu algoritmul Pan-Tompkins (configurare filtru digital)
- Am testat sistemul pe mai multe persoane pentru validarea funcționării
- Am îmbunătățit interfața aplicației cu indicatori de stare
- **Rezultat:** Sistem funcțional care afișează ECG și calculează heart rate-ul

Bibliografie/Resurse

[https://github.com/GroundStudio/GroundStudio_Marble_Pico/blob/main/Documentation/REV0.0.3/Data sheet%20GroundStudio%20Marble%20Pico%20REV%201.1.pdf](https://github.com/GroundStudio/GroundStudio_Marble_Pico/blob/main/Documentation/REV0.0.3/Data%20sheet%20GroundStudio%20Marble%20Pico%20REV%201.1.pdf)

[Export to PDF](#)

From:

<http://ocw.cs.pub.ro/courses/> - **CS Open CourseWare**

Permanent link:

<http://ocw.cs.pub.ro/courses/pm/prj2025/rnedelcu/razvan.rotaru1601>



Last update: **2025/05/28 13:22**