



Sistema para aquisição de sinais de eletrocardiograma e eletromiograma

System for acquiring electrocardiogram and electromyogram signals

Uriel Abe Contardi *, Paulo Rogério Scalassara†

3 de outubro de 2021

RESUMO

Os sinais biológicos, ou biosinais, transportam informações que são úteis para a compreensão do funcionamento biológico e fisiológico dos sistemas vivos. Por meio desses sinais é possível extrair parâmetros que quantificam o comportamento do sistema em estudo, possibilitando a análise fisiológica que por consequência permite a identificação de patologias, auxiliando também nos procedimentos de diagnóstico, terapia ou reabilitação. No entanto, ainda são escassos dispositivos portáteis de baixo custo que aquisitem mais de um tipo de biosinal. Dessa forma, o presente trabalho aborda o desenvolvimento de uma plataforma composta de um sistema embarcado para aquisição de sinais de eletrocardiograma (ECG) e eletromiograma de superfície (sEMG), bem como uma interface gráfica, desenvolvida com o framework PyQt5, para visualização e armazenamento dos sinais em tempo real. O sistema embarcado foi implementado em uma placa de circuito impressa, além disso desenvolveu-se uma estrutura mecânica para garantir proteção da placa e maior usabilidade. O sistema como um todo demonstrou-se funcional, alguns sinais ECG e sEMG foram coletados e apresentaram boa resolução.

Palavras-chave: Sistema embarcado. Biosinal. Interface gráfica. sEMG. ECG

ABSTRACT

Biological signals, or biosignals, carry information that is useful for understanding the biological and physiological functioning of living systems. Through these signals it is possible to extract parameters that quantify the behavior of the system under study, enabling the physiological analysis that consequently allows the identification of pathologies, also assisting in the diagnosis, therapy or rehabilitation procedures. However, low-cost portable devices that acquire more than one type of biosignal are still scarce. Thus, the present work addresses the development of a platform composed of an embedded system for the acquisition of electrocardiogram (ECG) and surface electromyogram (sEMG) signals, as well as a graphical interface, developed with the PyQt5 framework, for visualization and storage of real-time signals. The embedded system was implemented on a printed circuit board, and a mechanical structure was also developed to ensure board protection and greater usability. The system as a whole was functional, some ECG and sEMG signals were collected and showed good resolution.

Keywords: Embedded system. Biosignal. Graphical interface. sEMG. ECG

1 INTRODUÇÃO

Os sinais biológicos são sinais provenientes de sistemas vivos, mais especificamente dos processos biológicos e fisiológicos que ocorrem no organismo. Esses são utilizados na medicina e biologia para medida e gravação de

* Departamento de Engenharia Elétrica; urielcontardi@alunos.utfpr.edu.br; <https://orcid.org/0000-0001-7865-2971>.

† Departamento de Engenharia Elétrica; prscalassara@utfpr.edu.br; <https://orcid.org/0000-0001-7169-954X>.



atividades e permitem o estudo de funções vitais. Dessa forma, os biosinais desempenham uma função relevante para diagnósticos clínicos, auxiliando na tomada de decisões dos agentes de saúde (KANIUSAS, 2019).

Para a captação desses sinais, engenheiros biomédicos buscam desenvolver dispositivos eletrônicos, cada vez menores e mais sensíveis, que servem como ferramentas clínicas, capazes de realizar todos os processos para correta aquisição desses sinais, utilizando a tecnologia à serviço da saúde (LAM; CHEN, 2019).

Dentre os sinais biológicos pode-se evidenciar dois principais: Eletrocardiograma (ECG) e Eletromiograma de superfície (sEMG). Ambos são os mais vistos em aplicações portáteis pela facilidade na aquisição quando comparados, por exemplo, ao Eletroencefalograma (EEG), que necessita de um maior número de eletrodos, fator que dificulta sua implementação em sistemas portáteis (SOUZA, 2015).

O ECG é o biosinal mais comum para diagnósticos clínicos do coração, esse sinal é proveniente dos impulsos elétricos advindos da contração muscular do órgão em questão. De modo geral, o ECG é o resultado da despolarização e polarização do músculo cardíaco de maneira repetitiva e controlada. Qualquer diferença observada de um sinal ECG padrão pode ser classificada como um distúrbio cardíaco sendo indicativos de patologias (BEACH et al., 2018).

O sEMG por sua vez é responsável pelo registro das atividades elétricas musculares, adquirido por metodologia não invasiva, especialmente dos músculos estriados esqueléticos, uma vez que geram maior corrente elétrica se comparado com músculos lisos. Esse sinal também pode ser utilizado para diagnóstico de doenças como ocorre na análise de marcha, bem como desenvolvimento de tecnologias assistivas como é o exemplo da utilização do sEMG para controle de próteses (ÖRÜCÜ; SELEK, 2019).

Como mencionado anteriormente, dispositivos portáteis de aquisição de biosinais podem ser um grande aliado à saúde, permitindo o estudo biológico de maneira ágil e fácil. No entanto, os equipamentos de aquisição de biosinais encontrados no mercado apresentam preços elevados e monitoram apenas um tipo de biosinal por dispositivo. Então como desenvolver um produto que realize a leitura de mais de um biosinal e apresente relativo custo benefício?

Assim, o presente trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de uma plataforma portátil de aquisição de dois sinais biológicos: ECG e sEMG, por metodologias não invasivas, que realize a transmissão por meio de comunicação Bluetooth e USB, além de funcionar sem a necessidade de alimentação externa. A plataforma para aquisição dos sinais será composta pela construção de um dispositivo físico e o desenvolvimento de uma interface gráfica pra visualização e armazenamento dos sinais coletados.

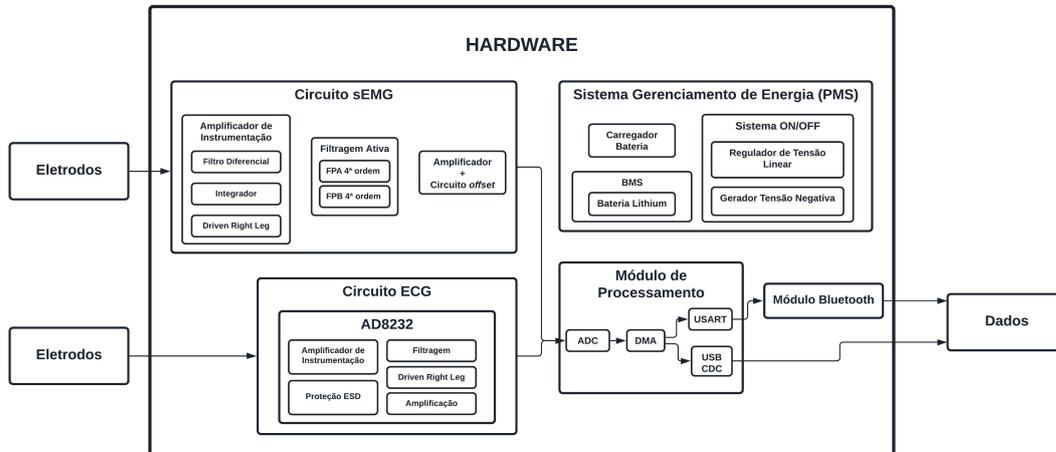
2 MÉTODO (OU PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS DA PESQUISA)

2.1 Sistema Embarcado

A divisão em subsistemas eletrônicos foi adotada para melhor gerenciamento do desenvolvimento do sistema embarcado e escrita do relatório, os subsistemas são: módulo de aquisição ECG, módulo de aquisição sEMG, sistema de gerenciamento de energia, módulo bluetooth e módulo de processamento. A Figura 1 ilustra a divisão em subsistemas do sistema embarcado proposto.

- Circuito sEMG: Circuito composto de etapas de amplificação e filtragem para o correto condicionamento do sinal sEMG. Ressalta-se que esse circuito não utilizou de circuito integrado (CI) dedicado à aquisição de biosinais.

Figura 1 – Diagrama de blocos do sistema embarcado proposto.



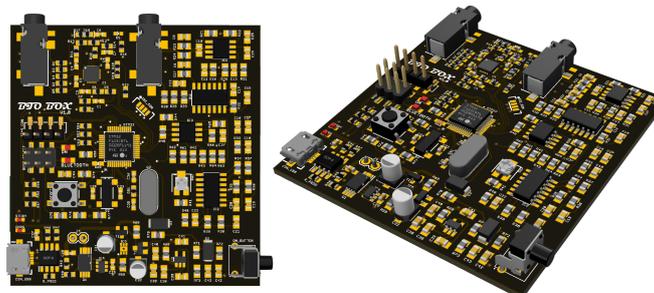
Fonte: Autoria própria (2021).

- Circuito ECG: Para este circuito utilizou-se o CI AD8232 (ANALOG DEVICES, 2021), dedicado à aquisição e condicionamento de sinais ECG.
- Sistema de gerenciamento de energia: O sistema embarcado funciona por meio de uma bateria recarregável de Lítio-Íon. Dessa forma, implementou-se circuitos para monitoramento e carregamento da bateria. Além disso, utilizou-se de regulares de tensão para regulação das tensões em níveis aceitáveis pelos CI's.
- Módulo de processamento: Empregou-se de um microcontrolador ARM Cortex M3. Este possui um conversor analógico para digital de 12 bits de resolução e módulo USB CDC integrado.
- Módulo Bluetooth: Utilizou-se de um módulo Bluetooth 2.0 para envio sem fio dos sinais ECG e sEMG.

2.2 Placa de Circuito Impresso

O layout e modelo 3D da placa de circuito impresso (PCI), ou ainda PCB, foram desenvolvidos utilizando os softwares Eagle e Fusion 360, respectivamente, ambos pertencentes a Autodesk. A Figura 2 mostra o modelo 3D da PCB.

Figura 2 – Visão superior do modelo 3D da PCB.



Fonte: Autoria própria (2021).

2.3 Estrutura Mecânica

Para proteção do circuito eletrônico e a fim de tornar o sistema mais utilizável ao usuário final, desenvolveu-se um gabinete de forma a envolver e proteger todo circuito eletrônico. Para a modelagem do gabinete, também utilizou-se do software Fusion 360. A **Figura 3** ilustra o modelo 3D do projeto desenvolvido.

O gabinete possui orifícios para os componentes de interface e conta com bordas arredondadas para maior ergonomia. Outrossim, optou-se pela utilização de um material transparente na parte superior da estrutura permitindo a visualização do circuito eletrônico e dos Leds para interface com o usuário. As dimensões do gabinete são: 70mm x 68,4mm x 23,5mm.

Figura 3 – Projeto mecânico para proteção do circuito eletrônico.



Fonte: Autoria própria (2021).

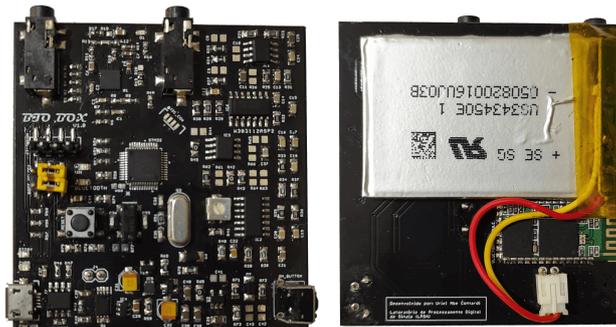
2.4 Interface Gráfica

Para o desenvolvimento da interface gráfica optou-se pela utilização do framework PyQt5, programado em linguagem Python. Este framework é um conjunto de ferramentas que permite o desenvolvimento aplicações gráficas, que no caso deste trabalho é o desenvolvimento de uma interface gráfica do usuário. Esta interface teve por finalidade receber os dados do microcontrolador, por meio da comunicação Bluetooth ou USB, armazenar os dados em um arquivo de texto e plotar os sinais em tempo real.

3 RESULTADOS

A **Figura 4** apresenta a PCB do sistema embarcado. Esta foi fabricada por um empresa especializada e os componentes soldados manualmente pelo autor do trabalho.

Figura 4 – Placa de circuito impresso do sistema embarcado.



Fonte: Autoria própria (2021).

A Figura 5 apresenta o resultado da implementação da estrutura mecânica junto a PCB. A tecnologia de impressão 3D foi utilizada e o material escolhido para impressão foi o PLA (Polylactic acid).

Figura 5 – Sistema embarcado constituído de PCB e projeto mecânico.



Fonte: Autoria própria (2021).

A Figura 6 ilustra um sinal ECG coletado com o sistema embarcado e plotado em tempo real com a interface gráfica desenvolvida. Percebe-se que o sinal apresentou boa resolução e qualidade satisfatória.

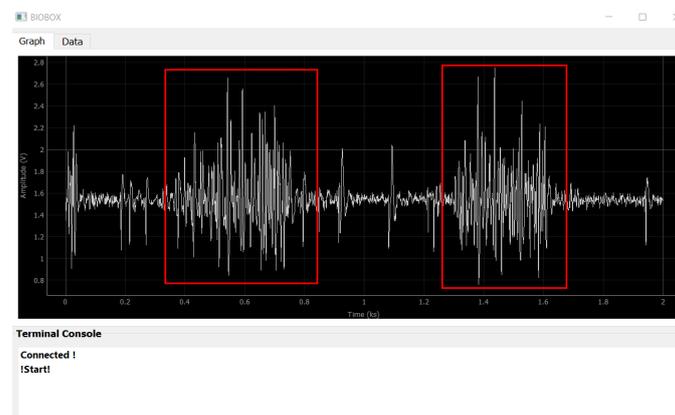
Figura 6 – Sinal ECG coletado com a plataforma.



Fonte: Autoria própria (2021).

A Figura 7 ilustra um sinal sEMG coletado do antebraço. Como o sinal sEMG não apresenta comportamento periódico como o sinal ECG, indicou-se na figura os momentos em que houveram contrações musculares por meio de retângulos vermelhos. Observa-se que foi possível identificar os momentos em que houveram contrações musculares com clareza.

Figura 7 – Sinal sEMG coletado com a plataforma com marcação em vermelho indicando o momento em que houveram contrações musculares.



Fonte: Autoria própria (2021).



4 CONCLUSÕES

O presente trabalho se fundamentou no desenvolvimento de uma plataforma portátil de aquisição de sinais ECG e sEMG, por metodologias não invasivas, que realizasse a transmissão por meio de protocolo de comunicação Bluetooth e USB.

Seguindo uma metodologia de divisão em subsistemas eletrônicos foi possível organizar as funcionalidades da plataforma de maneira a auxiliar no desenvolvimento das tecnologias.

O circuito eletrônico foi implementado, os sinais ECG e sEMG foram coletados do autor do trabalho e os sinais apresentaram resultados satisfatórios.

A interface gráfica desenvolvida demonstrou-se funcional e de fácil utilização. Por fim, espera-se futuramente a realização de testes e comparações com aparelhos profissionais encontrados no mercado para maior sistematização dos resultados. Além disso, espera-se desenvolver um aplicativo para dispositivo móvel Android, a fim de garantir maior portabilidade e usabilidade da plataforma.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Araucária (FA), pela bolsa de Iniciação Tecnológica e Inovação (Edital PROPPG 04/2020 — PIBITI) concedida ao acadêmico Uriel Abe Contardi.

REFERÊNCIAS

- ANALOG DEVICES, Analog Devices. **AD8232 Datasheet**. [S.l.]: Analog Devices. 32 p. Disponível em: [🔗](#). Acesso em: 29 jul. 2021.
- BEACH, Christopher et al. An Ultra Low Power Personalizable Wrist Worn ECG Monitor Integrated With IoT Infrastructure. **IEEE Access**, v. 6, p. 44010–44021, 2018. DOI: [10.1109/ACCESS.2018.2864675](#). Disponível em: [🔗](#).
- KANIUSAS, Eugenijus. **Biomedical signals and sensors**. Cham, Switzerland: Springer, 2019. 1023 p.
- LAM, Raymond H. W.; CHEN, Weiqiang. **Biomedical devices: materials, design, and manufacturing**. [S.l.]: Springer, 2019. 379 p.
- ÖRÜCÜ, Serkan; SELEK, Murat. Design and Validation of Multichannel Wireless Wearable SEMG System for Real-Time Training Performance Monitoring. **Journal of Healthcare Engineering**, p. 1–15, 2019. DOI: [10.1155/2019/4580645](#). Disponível em: [🔗](#).
- SOUZA, Pedro Victor Eugênio. **Sistema de aquisição de sinais de EMG e ECG para a plataforma android**. 2015. 116 f. Tese (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, dez. 2015. Disponível em: [🔗](#). Acesso em: 29 jul. 2021.