

Trabalho

Título em Português:	Desenvolvimento de Sistema de Monitoramento de Sinais Cardíacos dedicado à Disciplina 1800119 - Anatomia e Fisiologia para o Engenheiro Biomédico
Título em Inglês:	development of a heart signal monitoring system dedicated to the course 1800119 - anatomy and physiology for the biomedical engineer
Autor:	Bruno Heinrich Lima de Matos
Instituição:	Universidade de São Paulo
Unidade:	Instituto de Física de São Carlos
Orientador:	Kate Cristina Blanco
Área de Pesquisa / SubÁrea:	Engenharia Médica
Agência Financiadora:	USP - Programa Unificado de Bolsas



Desenvolvimento de Sistema de Monitoramento de Sinais

Cardíacos dedicado à Disciplina 1800119 - Anatomia e

Fisiologia para o Engenheiro Biomédico

Bruno Heinrich Lima de Matos¹

Dr. Bruno Pereira Oliveira², Prof^a. Dra Fátima M. M. Yasuoka²

Prof^a. Dra. Kate Cristina Blanco²

1. EESC – USP / 2. IFSC USP

bruno.heinrick@usp.br

Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento e a validação de um sistema embarcado de monitoramento de sinais vitais, empregando o sensor óptico MAX30102 em conjunto com a plataforma ESP32. Pretende-se realizar a aquisição precisa do sinal fotopletismográfico (PPG), aliado à aplicação de técnicas de filtragem digital para a mitigação de ruídos e artefatos de movimento. A partir do processamento dos dados obtidos, busca-se estimar, em tempo real, parâmetros fisiológicos como a frequência cardíaca (BPM) e a saturação periférica de oxigênio (SpO₂), disponibilizando-os em interface gráfica acessível por meio de display OLED.

Métodos e Procedimentos

O sistema proposto foi desenvolvido com a plataforma ESP32-WROOM-32D, escolhida pela capacidade de processamento e suporte a protocolos digitais. O sensor óptico

MAX30102 foi utilizado para aquisição dos sinais fotopletismográficos (PPG), baseados na emissão de luz infravermelha e vermelha e sua detecção por fotodiodo.

A comunicação entre os dispositivos ocorreu por I²C, também empregado na integração de um display OLED de 0,96", responsável pela exibição em tempo real da frequência cardíaca (BPM), saturação periférica de oxigênio (SpO₂) e da forma de onda do sinal.

O processamento incluiu a aplicação de filtros digitais para redução de ruídos e artefatos de movimento, seguidos por algoritmos de detecção de picos para cálculo do BPM. A estimativa da SpO₂ foi obtida pela razão entre os sinais vermelho e infravermelho.

O sistema foi avaliado em condições controladas, verificando a precisão das leituras e a clareza da interface gráfica apresentada no display.

Resultados

O protótipo desenvolvido apresentou funcionamento adequado, realizando a aquisição contínua dos sinais

fotopletismográficos (PPG) por meio do sensor MAX30102. Os parâmetros de frequência cardíaca (BPM) e saturação periférica de oxigênio (SpO₂) foram processados em tempo real e exibidos no display OLED. A Figura 1 apresenta o dispositivo final montado.



Figura 1: Protótipo usado para coletar dados

Além da exibição numérica dos parâmetros, o sistema permitiu a visualização gráfica do sinal PPG em tempo real, facilitando a análise do comportamento da onda. A Figura 2 ilustra um exemplo de gráfico obtido durante os testes experimentais realizados em condições controladas.

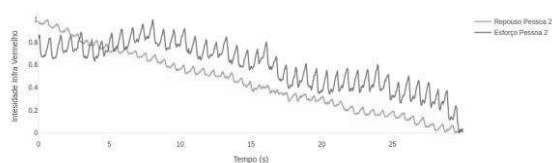


Figura 2: Gráficos de PPG coletado pelo protótipo desenvolvido

Conclusões

Os resultados obtidos evidenciaram que o sistema desenvolvido captou sinais fotopletismográficos confiáveis, permitindo a extração precisa de parâmetros biológicos, como frequência cardíaca (BPM) e saturação periférica de oxigênio (SpO₂).

A análise gráfica do PPG possibilitou observar a dinâmica do pulso e suas variações, refletindo de forma direta a atividade cardiovascular e a perfusão sanguínea.

O protótipo demonstrou funcionalidade estável e desempenho adequado para monitoramento em tempo real, confirmando sua aplicabilidade como ferramenta de baixo custo para estudos biomédicos, ensino e monitoramento fisiológico. A integração de sensores, ESP32 e display OLED mostrou-se eficiente e versátil para futuras melhorias.

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Agradecimentos

O autor agradece ao Programa Unificado de Bolsas (PUB) por fornecer financeiramente a possibilidade de permanência do projeto. Além da empresa OptikaI, a qual promoveu e incentivou o desenvolvimento do projeto.

Referências

RISSO, Matteo; BURRELLO, Alessio; PAGLIARI, Daniele Jahier; BENATTI, Simone; MACII, Enrico; BENINI, Luca; PONCINO, Massimo. *Robust and Energy-efficient PPG-based Heart-Rate Monitoring*. 2022. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2203.16339>. Acesso em: ago. 2025.

BURRELLO, Alessio; PAGLIARI, Daniele Jahier; RISSO, Matteo; BENATTI, Simone; MACII, Enrico; BENINI, Luca; PONCINO, Massimo. *Q-PPG: Energy-Efficient PPG-based Heart Rate Monitoring on Wearable Devices*. 2022. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2203.14907>. Acesso em: ago. 2025.

DFRobot. *Fermion: MAX30102 Heart Rate and Oximeter Sensor V2.0 Wiki*. 2022. Disponível em: https://wiki.dfrobot.com/Heart_Rate_and_Oximeter_Sensor_V2_SKU_SEN0344. Acesso em: ago. 2025.



Development of a Cardiac Signal Monitoring System

for the Course 1800119 – Anatomy and Physiology for the Biomedical Engineer

Bruno Heinrich Lima de Matos¹

Dr. Bruno Pereira Oliveira², Prof. Dra Fátima M. M. Yasuoka²

Prof. Dra. Kate Cristina Blanco²

1. EESC – USP / 2. IFSC USP

bruno.heinrick@usp.br

Objectives

This work focuses on the development and validation of an embedded system for vital signs monitoring, employing the MAX30102 optical sensor in combination with the ESP32 platform. The system is designed to enable accurate acquisition of the photoplethysmographic (PPG) signal, combined with digital filtering techniques to mitigate noise and motion artifacts. Based on the processed data, the system provides real-time estimation of physiological parameters such as heart rate (BPM) and peripheral oxygen saturation (SpO₂), which are displayed through a graphical interface on an OLED screen.

Materials and Methods

The proposed system was developed on the ESP32-WROOM-32D platform, selected for its processing capabilities and support for digital communication protocols. The MAX30102 optical sensor was employed to acquire photoplethysmographic (PPG) signals, relying on the emission of red and infrared light and their detection by a photodiode.

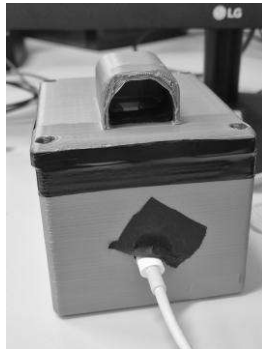
Device communication was established via the I²C protocol, which was also used to integrate a 0.96" OLED display for real-time visualization of heart rate (BPM), peripheral oxygen saturation (SpO₂), and the corresponding signal waveform.

Signal processing included the application of digital filters to reduce noise and motion artifacts, followed by peak detection algorithms for BPM estimation. SpO₂ was estimated from the ratio of red to infrared signals.

The system was evaluated under controlled conditions to assess the accuracy of the measurements and the clarity of the graphical interface presented on the display.

Results

The developed prototype demonstrated proper operation, performing continuous acquisition of photoplethysmographic (PPG) signals through the MAX30102 sensor. Heart rate (BPM) and peripheral oxygen saturation (SpO₂) parameters were processed in real time and displayed on the OLED screen. Figure 1 shows the assembled device.



Picture 1 – Prototype used for data collection

In addition to the numerical display of the parameters, the system also enabled real-time graphical visualization of the PPG signal, facilitating the analysis of waveform characteristics. Figure 2 illustrates an example of a graph obtained during experimental tests conducted under controlled conditions.

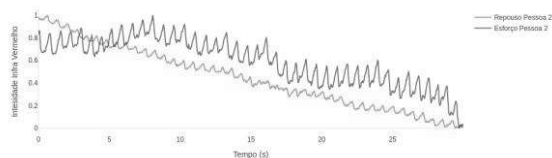


Figure 2 – PPG waveforms collected by the developed prototype

Conclusions

The results demonstrated that the developed system successfully captured reliable photoplethysmographic (PPG) signals, enabling accurate extraction of biological parameters such as heart rate (BPM) and peripheral oxygen saturation (SpO_2).

Graphical analysis of the PPG allowed observation of pulse dynamics and their variations, directly reflecting cardiovascular activity and blood perfusion.

The prototype exhibited stable functionality and adequate performance for real-time monitoring, confirming its applicability

as a low-cost tool for biomedical studies, education, and physiological monitoring. The integration of sensors, the ESP32 platform, and the OLED display proved efficient and versatile, supporting future improvements.

The authors declare no conflicts of interest.

Acknowledgements

The author acknowledges the Unified Scholarship Program (PUB) for providing financial support that enabled the continuation of the project. Gratitude is also extended to the company OptikaI for promoting and encouraging the project's development.

References

- RISSO, Matteo; BURRELLO, Alessio; PAGLIARI, Daniele Jahier; BENATTI, Simone; MACII, Enrico; BENINI, Luca; PONCINO, Massimo. *Robust and Energy-efficient PPG-based Heart-Rate Monitoring*. 2022. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2203.16339>. Accessed in: ago. 2025.
- BURRELLO, Alessio; PAGLIARI, Daniele Jahier; RISSO, Matteo; BENATTI, Simone; MACII, Enrico; BENINI, Luca; PONCINO, Massimo. *Q-PPG: Energy-Efficient PPG-based Heart Rate Monitoring on Wearable Devices*. 2022. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2203.14907>. Accessed in: ago. 2025.: ago. 2025.
- DFRobot. *Fermion: MAX30102 Heart Rate and Oximeter Sensor V2.0 Wiki*. 2022. Disponível em: https://wiki.dfrobot.com/Heart_Rate_and_Oximeter_Sensor_V2_SKU_SEN0344. Accessed in: ago. 2025.: ago. 2025.