

Processo de Aquisição de Sinais Bioelétricos para Controle de um Jogo em Python

Kaio Alencar Barreto
Graduando em Engenharia de Computação
Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)
Pau dos Ferros, Brasil
kaio.barreto@alunos.ufersa.edu.br

Marcos Roberto Eduardo de Albuquerque
Graduando em Engenharia de Computação
Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)
Pau dos Ferros, Brasil
marcos.albuquerque83882@alunos.ufersa.edu.br

Francisco Carlos Gurgel da Silva Segundo
Departamento de Engenharias e Tecnologia
Universidade Rural do Semi-Árido (UFERSA)
Pau dos Ferros, Brasil
francisco.segundo@ufersa.edu.br

Abstract — Instrumentation plays a crucial role in areas such as health sciences and biomedical engineering, enabling the measurement, acquisition and processing of physical and electrical signals to obtain valuable information about the human body. Instrumentation amplifiers play a vital role in accurately amplifying low-amplitude signals, which are critical for the delicate acquisition of bioelectrical signals. Therefore, the objective of this report is to present the application of a bioelectric signal acquisition system to control a game made in Python, using instrumentation amplifiers, highlighting the basic principles. The system developed in this study allowed the capture of muscle signals, their amplification and filtering, and the use of these to control a Python-based game, demonstrating the fundamental principles of this process.

Keywords— *Instrumentation; Bioelectrical Signals; Amplifiers; Gaming.*

I. INTRODUÇÃO

A instrumentação constitui o campo científico dedicado à concepção e utilização de métodos para mensurar, sinalizar, documentar e regular os procedimentos de produção, com o propósito de aprimorar e tornar mais eficazes tais processos [1]. Na área biomédica, a instrumentação possui um papel muito importante na detecção e no monitoramento de sinais bioelétricos, como eletrocardiograma (ECG) e eletromiograma (EMG).

A aquisição de um sinal de eletrocardiograma envolve desafios como a conexão dos eletrodos ao corpo conforme o modelo de Einthoven, enfrentando interferências corporais e amplificando o sinal de baixa amplitude. Ruídos, como os da rede elétrica, podem prejudicar o sinal devido à sua baixa amplitude, exigindo cabos blindados e filtros para eliminar interferências elétricas [2]. Para esse processo de aquisição de sinais bioelétricos, uma etapa indispensável é o uso de amplificadores de sinal.

Esses amplificadores são projetados especificamente para amplificar sinais de baixa amplitude, enquanto mantêm a precisão. Eles são adequados para a aquisição de sinais bioelétricos, pois são capazes de amplificar esses sinais

delicados (com amplitudes em torno de 10 mV) com alta fidelidade.

Além disso, é importante realizar o condicionamento do sinal com uma filtragem, pois os sinais bioelétricos estão na faixa de 20 Hz a 500 Hz, utilizando para isso um filtro passa-faixa. A principal finalidade dos filtros em circuitos eletrônicos é possibilitar que sinais elétricos de uma faixa de frequência específica passem através deles, ao mesmo tempo em que bloqueiam ou reduzem a intensidade de sinais em faixas de frequência diferentes, de acordo com o propósito desejado [3].

A integração de sistemas de captação musculares com tecnologias de controle e interação oferecem novas possibilidades para aplicações em jogos, realidade aumentada, etc. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é apresentar a aplicação de um sistema de aquisição de sinais bioelétricos para realizar controle de um jogo feito em *Python*, usando amplificadores de sinal, destacando os princípios básicos.

II. TRABALHOS RELACIONADOS

Em seu trabalho, [4] trata sobre o desenvolvimento de um protótipo de sistema de aquisição de sinais de ECG e EMG com baixo custo, eficiência energética e conectividade *Bluetooth* para dispositivos *Android*. O foco principal foi viabilizar o monitoramento em tempo real dos sinais biológicos durante atividades físicas. O sistema inclui componentes de controle, processamento, amplificação, filtragem e fonte de energia em placas de circuito compactas, com *firmware* e *software* compatíveis com dispositivos *Android*.

No trabalho de [5], no qual ele projetou um protótipo didático para medição de biopotenciais, com foco na aquisição de sinais de ECG, com testes utilizando gerador de função e conseguindo eficácia na redução de ruído. Além disso, este estudo destacou a eficiência do sistema proposto e sua aplicabilidade para aquisição de sinais fisiológicos, proporcionando uma visão abrangente do processo de aquisição e processamento desses sinais.

Em seu trabalho, [6] teve como objetivo desenvolver um protótipo de sistema de coleta de sinais mioelétricos e de ECG que estabelece comunicação com dispositivos *Android* por meio de uma rede *wireless*, com objetivo de monitorar em tempo real os sinais EMG e ECG de voluntários em pesquisas científicas. Com a utilização de sensores musculares e microcontroladores Arduino, o projeto incluiu o desenvolvimento de uma *API* para armazenamento e compartilhamento das amostras coletadas. O impacto deste projeto é notável, abrindo oportunidades para produtos inovadores.

Em [7], foi desenvolvida uma ferramenta para aquisição e análise de sinais mioelétricos por meio da eletromiografia de superfície (EMGS) a fim de investigar o comportamento muscular no corpo humano. O sinal muscular foi capturado utilizando eletrodos de superfície e passou por amplificação, filtragem e processamento digital para avaliar relações importantes, como o EMG vs. Força e EMG vs. fadiga, relevantes para diagnósticos e próteses.

Os estudos supracitados demonstram avanços significativos na área de aquisição e processamento de sinais biológicos, especialmente ECG e EMG, com foco em baixo custo, eficiência energética e conectividade. Esses protótipos e sistemas representam importantes contribuições para a pesquisa científica e o desenvolvimento de produtos inovadores, abrindo novas possibilidades para o monitoramento em tempo real de sinais fisiológicos, diagnósticos médicos e aplicações em próteses, promovendo avanços significativos no campo da saúde e da tecnologia.

III. CONFIGURAÇÃO DO CIRCUITO DE AQUISIÇÃO DE SINAIS BIOELÉTRICOS

O processo de aquisição do sinal envolveu algumas etapas essenciais para garantir a qualidade do sinal coletado. Abaixo, um diagrama de blocos ilustra o processo.

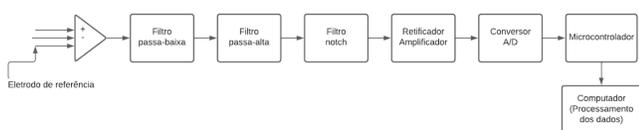


Figura 1: Diagrama de blocos do sistema de aquisição de sinais bioelétricos (Fonte: Autores).

Na Figura 2, apresenta-se o esquema dos circuitos empregados no processo de filtragem e amplificação do sinal bioelétrico.

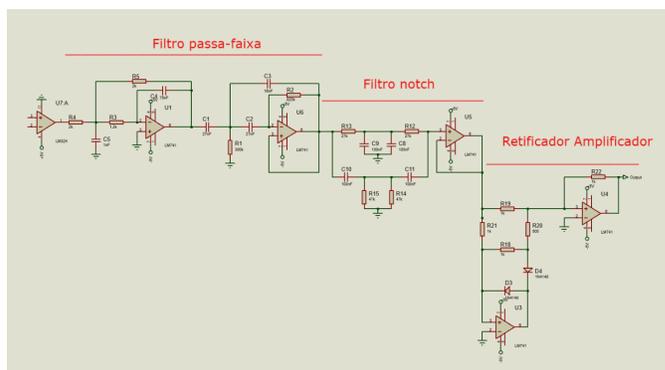


Figura 2: Projeto do circuito de aquisição de sinais bioelétricos (Fonte: Autores).

A. Eletrodos

A primeira etapa do processo de aquisição de sinal bioelétrico envolve a utilização de eletrodos, que são dispositivos condutores que são aplicados na superfície da pele para capturar o para captar o sinal elétrico. Após a colocação dos eletrodos, os sinais bioelétricos são transmitidos para um amplificador de sinal. Neste trabalho foi utilizado o amplificador LM324.

B. Filtro passa-faixa

Após o sinal ter sido capturado, foi necessário utilizar um filtro passa-faixas para limitar a faixa de frequência do sinal adquirido. O filtro passa-faixas ajuda a reduzir o ruído e as interferências fora da faixa de interesse do sinal bioelétrico, que varia numa faixa de frequência de 20 Hz a 500 Hz.

C. Filtro notch

Em certos casos, pode haver interferências específicas de frequência, como ruído de linha de energia elétrica de 50 Hz ou 60 Hz, a depender da região. Nesse caso, um filtro notch foi projetado para suprimir a frequência de 60 Hz enquanto preserva o restante do sinal. Isso foi útil para melhorar a qualidade do sinal adquirido, eliminando ruídos específicos indesejados.

D. Retificador amplificador

Para esse circuito de aquisição de sinais bioelétricos foi necessário retificar o sinal, convertendo-o para uma forma unidirecional. Isso foi importante porque nos interessava saber a direção e a amplitude do sinal adquirido. Sendo assim, utilizamos um retificador amplificador para retificar o sinal, convertendo-o em uma forma positiva (retificando os sinais negativos).

E. Conversão A/D e comunicação com o jogo em Python

Por fim, foi necessário realizar a conversão do sinal analógico para o formato digital para que pudéssemos usá-lo

para controlar o jogo. A conversão foi feita utilizando o conversor A/D (analogico/digital) do ATmega328p presente no Arduino Uno. A saída do retificador amplificador foi colocada em uma das entradas analógicas do Arduino. A partir do Arduino, esse sinal foi lido e enviado para a porta serial como mostra o código abaixo:

```
C/C++
#define PIN_A0 A0

int valor = 0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  valor = analogRead(PIN_A0);
  Serial.write(valor);
  delay(50);
}
```

Em resumo, esse código realiza a leitura de um sinal analógico no pino A0 do Arduino, converte-o em um valor digital e o envia para o monitor serial para exibição.

Para receber esse valor no código do jogo em Python, foi utilizado a biblioteca serial como mostra o trecho de código abaixo:

```
Python
#import serial
import serial as myserial

port = '/dev/ttyACM0'

conection = myserial.Serial(port, 9600);
value = conection.read()
```

Esse trecho de código estabelece uma conexão serial pelo caminho especificado e lê um byte de dados dessa porta.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O sistema desenvolvido consiste em um circuito de captação de biossinais, composto por um filtro passa-baixa e passa-alta em série, seguidos pelo amplificador de instrumentação LM324. Na Figura 3, ilustramos o posicionamento dos eletrodos no braço: dois no músculo

bíceps e um terceiro como eletrodo de referência no punho. Os eletrodos no bíceps são estrategicamente posicionados para capturar os sinais elétricos gerados durante a contração muscular nessa região. Os fios conectados aos eletrodos do bíceps foram direcionados para as entradas inversora e não inversora do amplificador LM324, enquanto o fio conectado ao terceiro eletrodo foi aterrado no circuito.



Figura 3: Disposição dos eletrodos (Fonte: Autores).

Após a etapa de amplificação, o sinal foi encaminhado para um filtro passa-faixa, composto por filtros passa-baixa e passa-alta em série. Essa configuração permitiu a passagem de uma faixa específica de frequências, eliminando ruídos indesejados e restando apenas as frequências relevantes dos sinais musculares. Em seguida, o sinal filtrado passou por uma amplificação adicional, elevando sua tensão da faixa dos milivolts para 5V. Essa etapa foi essencial para assegurar a detecção precisa do sinal pelo Arduino Uno. Após o processamento do sinal, o Arduino Uno entrou em ação. O mesmo foi programado para converter o sinal analógico gerado pela ação de contração muscular para um sinal digital. O sinal foi transmitido por comunicação serial para o jogo em Python, possibilitando o movimento do carro.

No início, o veículo se encontrava na extremidade direita da pista. Ao detectar uma contração muscular, o Arduino incorporou um breve atraso em decorrência do processamento do sinal. Após esse curto intervalo, o jogo reagiu imediatamente ao comando, deslocando o carro (identificado pela cor verde) para a esquerda, eficazmente desviando-o do veículo cor-de-rosa, conforme ilustrado na Figura 4.

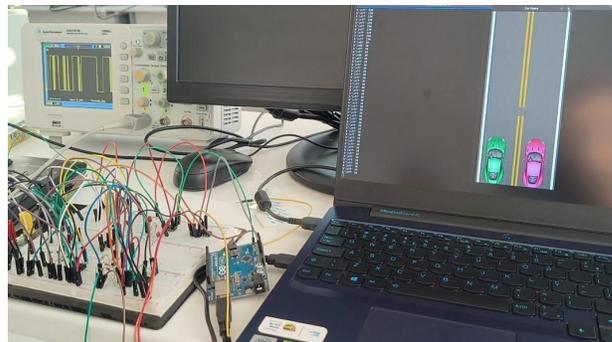


Figura 4: Visão geral do circuito e do jogo. (Fonte: Autores).

Na Figura 5 (a), é possível observar que o osciloscópio não registrou nenhuma atividade muscular, mostrando assim uma forma de onda plana com amplitude de 120mV. Isso indica a ausência de atividade muscular nesse momento. Por outro lado, na Figura 5 (b), o osciloscópio detectou um sinal muscular durante a contração do músculo. A tela exibiu um sinal com amplitude de 5,24V e frequência de 44,6 Hz. A amplitude de 5,24V reflete a intensidade do sinal muscular capturado amplificado.

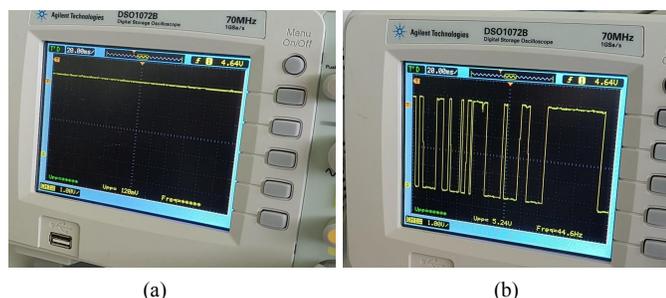


Figura 5: Leitura do osciloscópio (a) com o braço relaxado e (b) com o braço contraído (Fontes: Autores).

Em resumo, este sistema permite a captação de sinais musculares do bíceps por meio de eletrodos, seguido de amplificação e filtragem do sinal. Posteriormente, o sinal é encaminhado ao Arduino Uno, que realiza a conversão A/D do sinal e o envia para o jogo em *Python*. O jogo reage aos comandos, movendo o carro para esquerda ou direita a cada contração muscular, proporcionando uma experiência interativa controlada por contrações musculares.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao lidar com aquisição de sinais biomédicos, identificamos desafios cruciais, incluindo falhas intermitentes na captura de movimentos musculares pelos eletrodos. A investigação revelou que ajustar adequadamente o ganho do amplificador de instrumentação foi vital para evitar amplificação excessiva de ruídos ou falta de amplitude nos sinais musculares. Salientamos a complexidade do processamento de sinais biomédicos, que demanda ajustes contínuos.

Apesar das dificuldades, nosso sistema demonstrou potencial na captação de sinais musculares e integração com um jogo escrito em *Python*. Com otimizações, podemos aprimorar sua precisão e confiabilidade, tornando-o uma ferramenta envolvente para a fisioterapia. A fusão de biossinais e jogos *Python* oferece uma experiência interativa e motivadora, tornando os exercícios fisioterapêuticos mais agradáveis e eficazes.

Em resumo, nossa pesquisa abre caminho para uma abordagem inovadora na fisioterapia, promovendo uma reabilitação mais envolvente e eficaz por meio da integração de biossinais com jogos em *Python*. O contínuo

desenvolvimento nessa área pode impactar positivamente a medicina de reabilitação.

VI. REFERÊNCIAS

- [1] PAVANI, S. A. (2011). Instrumentação Básica (3ª ed.). Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, Curso Técnico em Automação Industrial. Available at <https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/11/07_instrumentacao_basica.pdf>.
- [2] ALVES, F. V. et al. "Sistema para aquisição de sinais de eletrocardiograma para fins acadêmicos". *Vetor*, Rio Grande, vol. 31, no. 1, pp. 11-22, 2021. Available at <<https://periodicos.furg.br/vetor/article/view/13372/9548>>.
- [3] TSUDA, A. M. (2015). "Desenvolvimento de sensores ativos para aquisição e processamento de sinais eletromiográficos". São Paulo. Available at <<https://ojs.ifsp.edu.br/index.php/sinergia/article/view/82>>.
- [4] SOUZA, P. V. E. de. "Sistema de aquisição de sinais de EMG e ECG para plataforma *Android*". Emerson Alves da Silva - Recife. 2015. Available at <<https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/14022/1/Disserta%20Vers%20a3o%202013.pdf>>.
- [5] MENEGAZZI, Diego. "Sistema de aquisição de sinais biomédicos: módulo didático de eletrocardiograma". *Revista Vinci – Periódico Científico da Faculdade SATC*, v.1, n. 1, p. 142-149, jan./jul., 2016. Disponível em: <https://revistavincci.satc.edu.br/index.php/Revista-Vincci/article/view/27/20>.
- [6] SANTANA, Mauricio B. et al. "Sistema de aquisição de sinais de emg e ecg para dispositivos *Android*". I Seminário de Tecnologias Aplicadas em Educação e Saúde, STAES 2017. Disponível em: <https://homologacao.revistas.uneb.br/index.php/staes/article/view/3831>.
- [7] BEVENDNÚ, Thiago; SOUZA, J. P. "Ferramenta para aquisição e análise de sinais mioelétricos". *IX International Conference on Engineering and Computer Education*, 2015. Available at <<https://copec.eu/icece2015/proc/works/15.pdf>>.