



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um mundo em transformação

Desenvolvimento de um circuito para aquisição de sinais de eletrooculografia (EOG)

Development of a circuit for acquisition of electrooculographic signals (EOG)

Robert Jonas Carneiro Almeida*, Sergio Luiz Stevan Jr†,

RESUMO

Sinais de eletrooculografia (EOG) indicam o movimento do globo ocular e podem ser utilizados em aplicações de assistividade. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um circuito de aquisição de sinais EOG, com a possibilidade de coleta de outros sinais de bioelétricos (como eletromiografia) da face. Para a aquisição de sinais foi utilizado óculos com eletrodos superficiais de Ag/AgCl com gel adaptados, colados à pele. O circuito de condicionamento de sinais proposto é composto por filtros e amplificadores, os quais são responsáveis a ajustar o sinal para ser digitalizado pelo conversor de um dispositivo de prototipagem rápida ESP32. A ideia inicial do projeto era analisar a linearidade do sinal tanto nos canais vertical quanto horizontal, e também a linearidade do sinal em um plano composto por estes dois canais (movimentos oculares na diagonal). Infelizmente, problemas de acesso ao laboratório devido à pandemia atrapalharam o andamento do desenvolvimento, com o qual conseguiu-se apenas apresentar o sinal coletado, sem conseguir resolver problemas de ruídos no sinal que foram encontrados. Conclui-se que embora os resultados finais não foram alcançados como esperado o circuito precisa ser analisado e corrigido futuramente para que esta análise de linearidade possa ser finalizada.

Palavras-chave: Aquisição, Biopotenciais, Eletrooculografia

ABSTRACT

Electrooculography (EOG) signals indicate eyeball movement and can be used in assistive applications. This work shows the development of an EOG signal acquisition circuit with the possibility of collecting other bioelectrical signals (electromyography) from the face. For the acquisition of signals was used glasses with adapted superficial Ag/AgCl gel electrodes, glued to the skin. The signal conditioning proposed is composed of filters and amplifiers, which are responsible for adjusting the signal to be digitized by the converter of an ESP32 fast prototype device. The initial idea of the project was to analyze the linearity of the signal in both vertical and horizontal channels, and the linearity of the signal in a plane composed of these two channels (diagonal eye movements). Unfortunately, access problems to the laboratory due the pandemic hindered the progress of development, with which it was only possible to present the collected signal, without being able to solve problems of noise in the signal that were found. It is concluded that although the final results were not achieved as expected, the circuit needs to be analyzed and corrected in the future so this linearity analysis can be completed.

Keywords: Acquisition, bipotentials, Electroculography

* Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Ponta Grossa, Paraná, Brasil; robertalmeida@alunos.utfpr.edu.br

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa, Paraná, Brasil; sstevanjr@utfpr.edu.br



1 INTRODUÇÃO

Instrumentação biomédica é uma área muito abrangente de estudo da Engenharia biomédica que tem como função objetiva aquisição e monitoramento de sistemas que auxiliam nas análises das mais variadas patologias, com grande contribuição no desenvolvimento de dispositivos para pessoas portadoras de necessidades físicas e motoras prejudicadas (BRONZINO, 2000).

Assim para desenvolvimento desses sistemas de aquisição é necessário captar, filtrar e processar sinais biopotenciais, que de maneira simplificada são sinais elétricos gerados pelo corpo humano devido atividades eletroquímicas de células excitáveis presente no sistema nervoso e também muscular (WEBSTER, 2010). Atualmente esses sinais vem tendo bastante destaque em aplicabilidade podendo ser citado eletroencefalograma (EEG), Eletrocardiograma (ECG), Eletromiografia (EMG) e Eletrooculografia (EOG) (WEBSTER, 2010), todas do cotidiano médico com objetivo de auxílio ao diagnóstico.

Em especial, os sinais de EOG podem ser úteis para sistemas de auxílio à comunicação e de pessoas com deficiência motora ou limitação de mobilidade (HUANG, 2017), ou ainda auxiliar no monitoramento de fadiga (BARUA (2019); TAG (2019)), entre outras aplicações assistivas ou de auxílio ao diagnóstico, principalmente quando aquisitada conjuntamente com outros sinais bioelétricos (ZHANG, 2019).

O estudo em questão busca essencialmente desenvolver um circuito que possa adquirir dados através de captura de sinais de EOG a utilizando a armação de um óculos de proteção que auxilie o posicionamento de eletrodos comerciais de Ag/AgCl, conectados diretamente à pele na região muscular ao redor dos olhos, de modo a capturar os sinais oriundos da movimentação do globo ocular. Em um momento futuro, serão analisados experimentalmente: a) linearidade dos sinais verticais e horizontais de forma separada e em conjunto, bem como avaliar o campo de alcance desta condição.

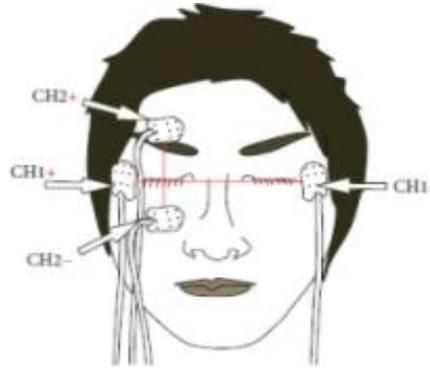
2 METODOLOGIA

Os eletrodos devem estar posicionados ao lado dos olhos, conforme ilustrado na figura 1. São formados dois canais de aquisição: um vertical para um olho (olho direito do observador ilustrado na figura 1), ilustrado pelos eletrodos CH2+ e CH2-, responsáveis para capturar a diferença de potencial da pele ao movimento do globo ocular para baixo e para cima (movimentos verticais); e outro horizontal, ilustrado pelos eletrodos CH1+ e CH1-, responsáveis por capturar a diferença de potencial da pele ao movimento do globo ocular para a direita e para a esquerda (movimentos horizontais) (TAMURA, 2016). Estes sinais habitualmente possuem baixa amplitude (10 – 100 μ V) e têm frequências abaixo de 30Hz, além de uma componente DC. (BULLING (2001); TAMURA (2016)).

Uma vez os eletrodos posicionados na face, o usuário em teste precisa ser posicionado a 2 metros em frente a uma parede com 5 marcações, uma central a aproximadamente 1,70m do chão, de tal modo que ficasse alinhado ao olhar. Marcações verticais e horizontais, distantes 1,4m do centro foram realizadas. Estas marcações foram os alvos do observador voluntário e sua distância resultava em um movimento de 35°.

O protocolo utilizado para que houvesse coletas sequenciais dos sinais foi realizar primeiro movimentos horizontais (centro, direita, centro e seguida centro, esquerda, centro) e depois movimentos verticais (centro, cima, centro e centro, baixo, centro) repetindo duas vezes para cada uma das sequencias. Para a realização dos movimentos, utilizou-se um metrônomo para que os movimentos ocorressem na cadência de aproximadamente 2 segundos.

Figura 1 – Posicionamento dos eletrodos para aquisição de EOG usando um Sistema com 2 canais.

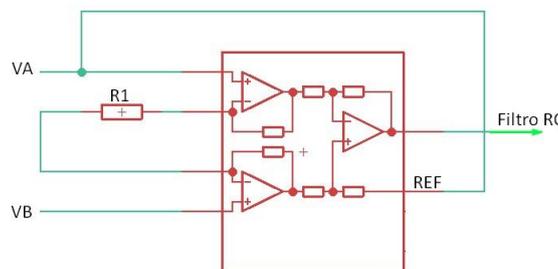


Fonte: Tamura (2016)

Para realizar a aquisição de sinais bioelétricos da pele e depois digitalizá-los, os mesmos precisam ser adequados, é necessário seguir algumas etapas como amplificação diferencial, filtragem, ajuste de amplitude e deslocamento de nível DC (correção de offset).

No estágio de amplificação diferencial, ilustrado na figura 2, foi utilizado um amplificador de instrumentação (INA128) com alta taxa de rejeição de modo comum (CMRR), o qual foi ajustado para ter um ganho de 411V/V e CMRR de 120dB.

Figura 2 – Amplificador de Instrumentação



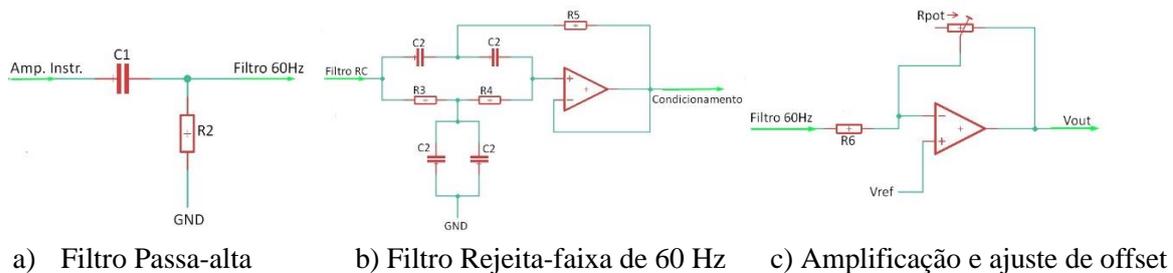
Fonte: Própria (2021)

Um filtro passa-alta de primeira ordem com frequência de corte de 2Hz foi projetado para eliminar a componente DC do sinal. Adicionalmente, um filtro rejeita-faixa de segunda ordem e frequência central de 60Hz foi utilizado para eliminação de ruídos oriundos da rede de 60Hz. Filtros passa-baixa, para eliminar componentes de maior frequência não foram implementados em hardware, para que os mesmos pudessem ser implementados digitalmente e assim, ancorar outros sinais bioelétricos com frequências maiores (500Hz, caso o circuito fosse utilizado também para coleta de eletromiografia de superfície).

Por fim, o ajuste de ganho de condicionamento do sinal e de correção do *offset* foram realizados por amplificadores operacionais, de modo a ajustar a amplitude em função das características do conversor

analógico digital interno do microcontrolador. O ajuste do ganho foi realizado por meio de resistência variável de $10k\Omega$. A figura 3 ilustra o circuito com estas etapas para cada canal.

Figura 3 – Diagrama esquemático do circuito



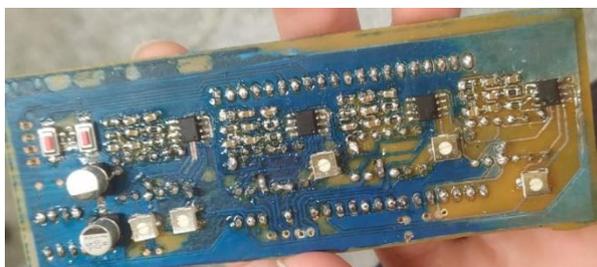
Fonte: Própria (2021)

Foi utilizado para aquisição dos sinais condicionados, um dispositivo de processamento de dados de prototipagem rápida ESP32, baseado no microprocessador Xtensa® Dual-Core 32-bit LX6. Esta plataforma utiliza tensão de operação 2,2 a 3,2 V. Possui 16 pinos para conversão analógica digital e módulos de comunicação Wi-fi e *bluetooth* nativos. A versão utilizada apresenta um suporte para bateria 18650 integrado (isolando-o eletricamente da rede). Os dados foram capturados por comunicação serial e gráficos dos sinais de EOG foram plotados utilizando o software de manipulação de planilhas Excel. Todos os testes de aquisição dos dados foram todos realizados pelo próprio pesquisador e o projeto seguiu as regulações de acordo com o comitê de ética em pesquisas com seres humanos da UTFPR.

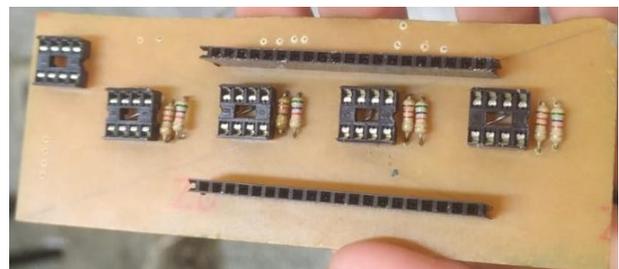
3 RESULTADOS

A placa de circuito impresso possui uma dimensão de 3.5cm e largura de 12 cm de comprimento e foi desenvolvida com 4 canais de aquisição com soquetes para conexão do ESP32 com o suporte de uma bateria, conforme ilustrado na figura 4 através das a) vista superior e b) vista inferior.

Figura 4 – Placa de circuito impresso do circuito, com vistas: (a) superior e (b) inferior



a) Vista do lado superior



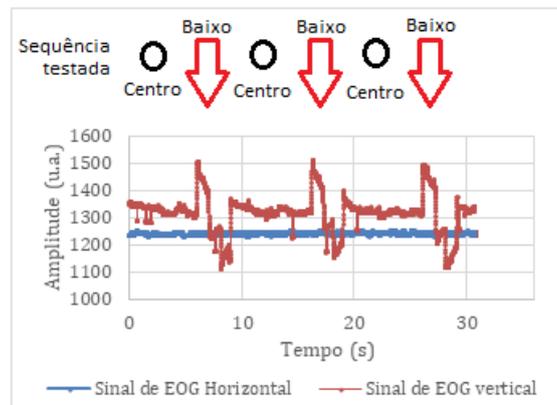
b) Vista do lado inferior

Fonte: Própria (2021)

Infelizmente, devido ao limitado acesso ao laboratório resultante da pandemia, diversos problemas ocorreram na construção da placa, o que atrasou ainda mais uma coleta adequada de sinais. Ruídos atrapalharam a coleta dos sinais horizontais e não houve tempo hábil para corrigir o problema.

A figura 5 apresenta uma coleta de sinais de EOG seguindo o protocolo apresentado nos métodos, denotando as leituras dos sinais verticais, para um movimento sequencial diferente do previamente desejado, sendo: “centro, baixo, centro, baixo, centro”.

Figura 5 – Representação gráfica dos sinais biopotenciais



Fonte: Própria (2021)

Assim, houveram fontes de ruídos ou estabilidade do circuito que não foram possíveis de serem corrigidas em tempo, isso foi devido à falta de tempo e acompanhamento em laboratório e outros ruídos causados por aspectos que precisam ser analisados, como por exemplo: contatos dos dispositivos que podem ter tido mal contato durante o manuseio do observador para retirar os dados, interferência de outros componentes eletrônicos como o próprio ESP32 acoplado junto a placa e o local de coleta que tinha diversos dispositivos ligados a tomada que também geram interferência no sinal obtido. O sinal horizontal teve resultados razoáveis de acordo com os movimentos estipulados no protocolo de coleta padrão como sua amplitude e também os pontos de pico a cada deslocamento do olhar do observador para centro, direita, centro, esquerda. Já o sinal vertical não apresentou resultados esperados de acordo com o protocolo, pois não há inversão do dipolo ao movimento do olhar do observador, ou seja, não captou os sinais do movimento centro, cima, centro, baixo.

Devido a pandemia houve diversas dificuldades na boa continuidade do projeto não sendo possível frequentar os laboratórios da Universidade por um longo tempo, onde estão dispostos todos os equipamentos de medição e análise necessários para execução da placa além de reduzir o tempo substancialmente para execução da mesma.

4 CONCLUSÃO

Conclui-se, portanto, que embora tenha alguns erros envolvendo principalmente a questão dos ruídos nos sinais ocorrendo por condições construtivas da placa como os pontos de mal contato causados pelas soldas no circuito ou pelo próprio ESP32, além dos problemas envolvendo a pandemia qual prejudicaram bastante o bom andamento do projeto, os resultados da aquisição horizontais ainda foram de acordo com o esperado para



o protocolo padrão do projeto. Portanto, com as correções necessárias principalmente corrigindo os canais simultâneos o circuito projetado pode ser empregado de forma futura em projetos auxílio de pessoas com limitações visuais e motoras.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UTFPR e ao CNPq pelo fomento concedido para esse projeto.

REFERÊNCIAS

- ARGOUD, M. I. F. **Contribuições à automatização da detecção e análise de eventos epileptiformes em eletroencefalograma**. Florianópolis, 2001. Dissertação (Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Santa Catarina.
- BARUA, Shaibal et al. Automatic driver sleepiness detection using EEG, EOG and contextual information. **Expert systems with applications**, v. 115, p. 121-135, 2019.
- BRONZINO, Joseph D. **The biomedical engineering handbook**. 2. ed. Florida, USA: CRC Press LLC, 2000.
- HUANG, Qiyun et al. An EOG-based human-machine interface for wheelchair control. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, v. 65, n. 9, p. 2023-2032, 2017
- STEVAN JR, S. L. et al. Circuit Design for Surface Electromyography Data Acquisition. **IEEE Latin America Transactions**, v.49. pp.83-86, 2015.
- TAG, Benjamin et al. Continuous alertness assessments: Using EOG glasses to unobtrusively monitor fatigue levels In-The-Wild. In: **Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems**. 2019. p. 1-12.
- TAMURA, H. YAN, M. **EOG-sEMG human interface for communication**. Hindawi. Japan 2016. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/cin/2016/7354082/>. Acesso em: 30 jul. 2021
- WEBSTER, John G. et al. **Medical instrumentation: Application and design**. 4. ed. New York: John Wiley & Sons: 2010.
- ZHANG, Jinhua et al. An EEG/EMG/EOG-based multimodal human-machine interface to real-time control of a soft robot hand. **Frontiers in neurobotics**, v. 13, p. 7, 2019.