

## Desenvolvimento de dispositivos de captura de sinais eletromiográficos e eletro-oculográficos da face

### Development of a capture device for electromyographic and electrooculographic signals from the face

Felipe Garcia

[garciaf@alunos.utfpr.edu.br](mailto:garciaf@alunos.utfpr.edu.br)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Ponta Grossa, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Sergio Luiz Stevan Jr

[sstevanjr@utfpr.edu.br](mailto:sstevanjr@utfpr.edu.br)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Ponta Grossa, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

José Jair Alves Mendes Júnior

[jjunior@utfpr.edu.br](mailto:jjunior@utfpr.edu.br)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Ponta Grossa, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

#### RESUMO

Este artigo apresenta um dispositivo capaz de realizar a aquisição de biopotenciais da face utilizando uma máscara com cinco eletrodos acoplados em seu interior. OBJETIVO: realizar a aquisição dos sinais de EMG facial e EOG para caracterizá-los e utilizá-los posteriormente em interfaces-homem máquina que poderão ser aplicadas em pessoas com deficiência motora e de fala. MÉTODOS: para tal aquisição foram utilizados eletrodos superficiais alocados em uma máscara e um circuito eletrônico capaz de realizar a filtragem, utilizando filtros passa-baixa e passa-alta e o condicionamento dos biopotenciais para tensões de saída entre 0 e 5V. RESULTADOS: Os sinais de EOG e EMG foram obtidos de forma correta através do circuito e de softwares mostrando formas de onda bastante características da movimentação dos olhos e da contração do músculo *Frontalis*. Além disso todos os estágios do circuito montado mostraram ótimo desempenho. CONCLUSÕES: Com os resultados obtidos nessa pesquisa poderão ser desenvolvidas aplicações e outros sistemas que darão continuidade a este trabalho.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biopotenciais. processamento de sinais. Bioengenharia.

#### ABSTRACT

This article presents a device capable of realizing the acquisition of biopotentials from the face with a mask containing five electrodes inside it. OBJECTIVE: realize the acquisition of facial EMG and EOG signals to characterize and use it in Human-machine interfaces which can be used posteriorly by people with motor and speech disorders. METHODS: for the acquisition were used a mask with electrodes allocated inside it, and an electronic circuit capable of realizing the filtering of the signal using low-pass and high-pass filter, besides the conditioning of the biopotentials for an output of 0 to 5V. RESULTS: the EOG and EMG signals were obtained correctly by the circuit and software showing waveforms characteristically to eye movement and contraction of *Frontalis* muscle. Besides, all the circuit stages showed great performance. CONCLUSIONS: With the obtained results in this research future applications may be developed which will continue this work.

**KEYWORDS:** Biopotentials. Signal Processing. Bioengineering.

Recebido: 31 ago. 2018.

Aprovado: 18 set. 2018.

#### Direito autorial:

Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



## INTRODUÇÃO

A instrumentação biomédica é uma vasta área da bioengenharia baseada na interconexão de diversos princípios das engenharias a fim de desenvolver sistemas de monitoramento que auxiliem o diagnóstico de diversas patologias, além de contribuir com o desenvolvimento de equipamentos voltados para pessoas com necessidades especiais ou em processo de reabilitação (Criswell, 2011)(Bronzino, 2000).

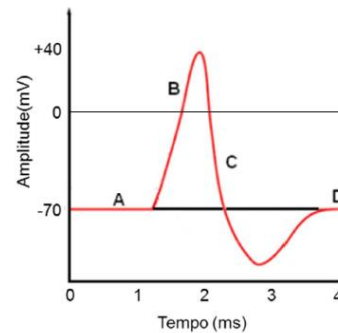
Para a realização de tal monitoramento devem ser criados sistemas capazes de efetuar a aquisição de biopotenciais. De maneira básica, são sinais elétricos produzidos pelo corpo humano através de células excitáveis do sistema nervoso e muscular (Webster, 2010). Dentre a vasta quantidade de biopotenciais, os que mais se destacam e atualmente tem mais aplicações são o Eletroencefalograma (EEG), Eletrocardiograma (ECG), Eletromiograma (EMG) e Eletro-oculograma (EOG) (Webster, 2010).

Este trabalho foca no estudo e aquisição do EMG e do EOG através de um circuito eletrônico e de uma máscara para aquisição com eletrodos posicionados em regiões ao redor dos olhos. Tais Sistemas de aquisição de biopotenciais tem sido muito utilizados em interfaces homem-máquina (Paul, 2014), no monitoramento de estados emocionais e até mesmo no monitoramento do sono(Perdiz, 2017)(Liang, 2015).

## ORIGEM E CARACTERÍSTICAS DOS BIOPOTENCIAIS

A contração muscular é originada por estímulos externos que fazem os neurônios presentes nos músculos, chamados de neurônios motores, gerarem um potencial de ação (Argoud,2001). Esses estímulos são responsáveis por criar um processo de desequilíbrio nas cargas da membrana do neurônio e conseqüentemente uma despolarização criando potenciais que o percorrem até serem passados para o próximo através das sinapses, esta atividade neuronal pode ser detectada por eletrodos posicionados sob o músculo em questão e assim o sinal de EMG é obtido (Bronzino,2000)(Webster, 2010). Este pontencial de ação só ocorre quando o estímulo externo é forte o suficiente para passar um limiar de ativação, quando as cargas no interior da célula se tornam positivas, caso contrário o processo de despolarização não ocorre e as cargas presentes na membrana do neurônio voltam a entrar em equilíbrio, como mostra a Figura 1 (Rubana,2013).

Figura 1: Estágios do Potencial de ação. A) repouso; B) despolarização; C) Repolarização; D) Repouso novamente.



Fonte: Argoud, 2001

A aquisição dos sinais de EMG é feita utilizando eletrodos não-invasivos que são posicionados na pele sob o músculo, essa técnica é conhecida como Eletromiografia de superfície (sEMG) e o potencial de ação dos neurônios motores tem uma frequência entre 30 e 200Hz (Boot, 2009).

O sinais de EOG possuem característica diferentes dos sinais de EMG pelo fato de que os olhos podem ser modelados como um dipolo, sendo o polo positivo localizado na retina e o negativo na córnea (Webster, 2010). Para a aquisição destes sinais os eletrodos devem ser posicionados acima e ao lado dos olhos para aquisições verticais e horizontais respectivamente. Quando os olhos se movimentam, a simetria do dipolo é alterada e os polos positivos e negativos se aproximam de eletrodos diferentes surgindo picos de tensão. Tipicamente esses sinais possuem frequências entre 1 e 30Hz (Tamura, 2016).

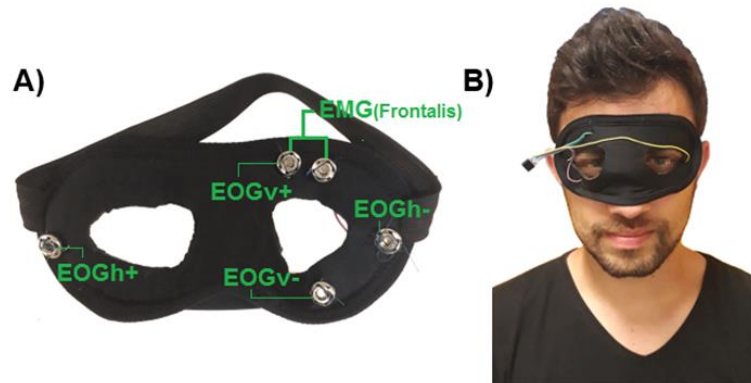
## MÉTODOS

Como o objetivo é a aquisição de biopotenciais da face, devem ser utilizados eletrodos superficiais pois são baratos, descartáveis e evitam procedimentos de esterilização necessários em casos de procedimentos invasivos. Nesse caso foram utilizados eletrodos de prata/cloreto de prata (Ag/AgCl) que possuem um gel condutor e fácil aderência na pele (Webster, 2010).

Com este sistema foram analisados apenas movimentos oculares verticais e horizontais, no caso da aquisição do EOG, e contração e relaxamento do músculo *Frontalis*, acima da sombrancelha, para sinais de EMG. O posicionamento dos eletrodos foi realizado com uma máscara como mostrado na Figura 2 (Tamura, 2016). A vantagem da utilização da máscara de aquisição é manter os eletrodos sempre nas regiões das quais se deseja fazer a aquisição dos biopotenciais, além de auxiliar na aderência dos mesmos. é importante ressaltar que o eletrodo de referência foi posicionado na região central da testa, pois é uma região de menor movimentação muscular, porem este pode ser posicionado também em outros grupos musculares não relacionados com os músculos que se desejam captar potenciais (Caperelli, 2007).

Todas as aquisições foram realizadas no próprio pesquisador e os circuitos estão de acordo com o comitê de ética em pesquisas com seres humanos da UTFPR registrado pelo CAAE: 89638918.0.0000.5547.

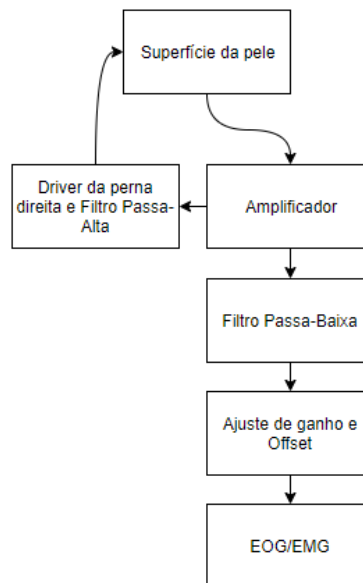
Figura 2: Design da máscara. A) Posicionamento dos eletrodos na máscara de aquisição B) posicionamento da máscara na face.



### CIRCUITO DE AQUISIÇÃO

O circuito tem por finalidade a amplificação e a filtragem dos biopotenciais, além disso deseja-se uma tensão de saída entre 0 e 5V para a aplicação em sistemas embarcados. Para isso o sinal obtido passa por diversos estágios de amplificação, filtragem, ganho e *offset*. A alimentação é simétrica e se dá por conta de duas pilhas que fornecem 9V cada uma. Na figura 3 é possível observar um diagrama de blocos da estrutura do circuito. O circuito foi baseado nos trabalhos de Stevan Jr *et al* (2015) e Mendes Junior *et al* (2014).

Figura 3: Diagrama de blocos do circuito de aquisição.



No primeiro estágio do circuito, Amplificação, foi utilizado um circuito integrado INA128p que possui alta impedância de entrada e alta rejeição de modo comum (CMRR do inglês *common mode rejection ratio*) ideal para o uso nessas aplicações (Webster, 2010) e foi projetado para ter um ganho de 114,63. Acoplado ao estágio de amplificação está o *driver* da perna direita e o filtro passa-alta para aumentar o CMRR e assim eliminar possíveis ruídos provenientes do corpo humano e dos eletrodos, esses sinais são redirecionados através da referência (Webster, 2010).

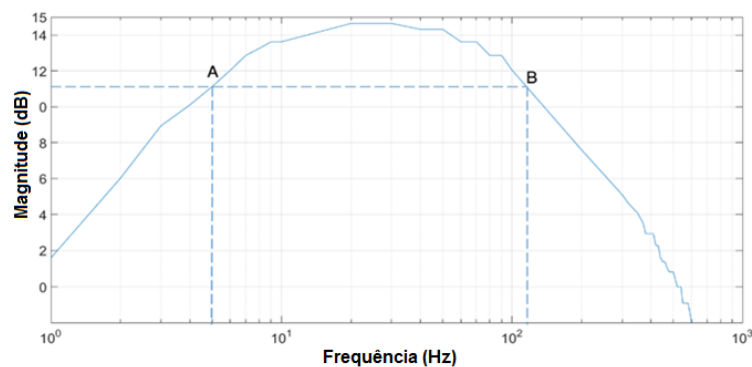
Em seguida o sinal passa pelo filtro passa-baixa cuja a principal função é eliminar ruídos de alta frequência e outros biopotenciais indesejados. Possui uma frequência de corte de aproximadamente 120HZ e ganho unitário.

Os ultimos dois estágios do circuito tem a função de ajuste de ganho e condicionamento do sinal (*Offset*). O ajuste de ganho é realizado por uma resistência variável de 100 k $\Omega$  e pode ser ajustado até um ganho máximo de 13,19. O condicionamento de sinal é feito através da adição da tensão do estágio anterior com a tensão de um regulador de tensão, LM7805, resultando em um *offset* de 2,5V na saída do circuito, assim é possível a utilização do sinal em sistemas embarcados.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

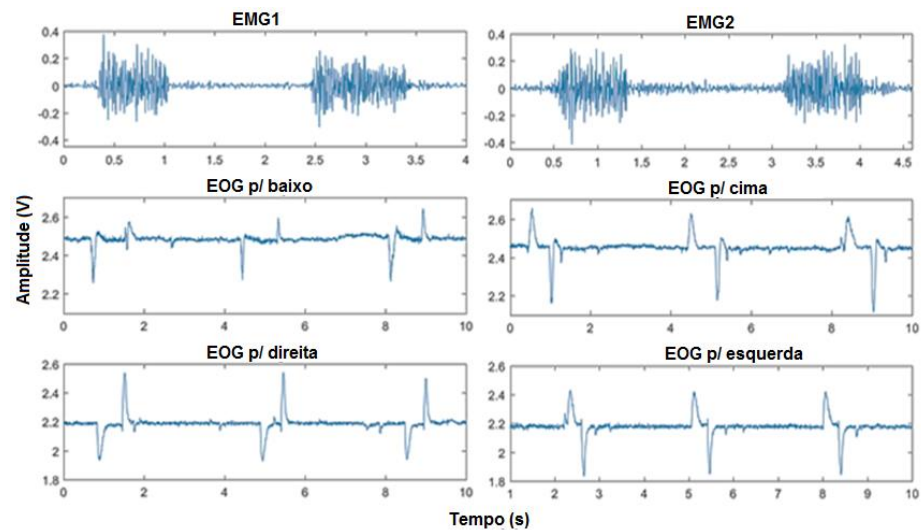
O primeiro teste realizado foi para averiguar o funcionamento dos sistemas de filtragem do circuito, para tal foi utilizado uma escala logarítmica e 50 pontos diferentes de frequência. A Figura 4 mostra a performance a banda de passagem de frequência do circuito. Essa aquisição foi realizada através do osciloscópio DSO-X2012A utilizando uma tensão de entrada de 20mV de pico a pico.

Figura 4: Banda de passagem de frequências do circuito. A) frequência de corte do filtro passa-baixa. B) Frequência de corte do filtro passa-alta.



A Figura 5 mostra as aquisições dos biopotenciais que foram captados separadamente com auxílio do LabVIEW™ e da DAQ USB-621 (dispositivo multifuncional de aquisição de dados). Primeiro foram as aquisições dos sinais de EMG, e logo depois de EOG horizontal e vertical.

Figura 5: Sinais obtidos de EMG e de EOG.



É possível notar que os sinais obtidos possuem pouco ruído, porém nestas aquisições estão presentes diversos filtros digitais do LabVIEW™. Em aquisições apenas com osciloscópio estes mesmos sinais podem ser obtidos porém com uma quantidade de ruídos maior pois o equipamento é ligado na tomada e o sinal sofre interferência de equipamentos eletrônicos ao redor.

O ajuste de ganho foi um estágio adicionado ao circuito posteriormente, pois os primeiros modelos apresentaram vários problemas relacionados à ganho e o sinal de saída não era o sinal desejado. O uso da máscara de aquisição evita ruídos relacionados ao movimento dos eletrodos na pele. Em aquisições sem o uso da máscara surgiram vários sinais ruidosos devido a descolagem dos eletrodos, ou a movimentação dos cabos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de terem ocorrido alguns erros durante a montagem, como o problema de ganho relatado, o circuito mostrou ótimo desempenho e os resultados apresentados estão de acordo com a literatura e estão dentro do esperado (Criswell, 2011).

Os próximos passos deste projeto são a utilização deste circuito para aquisição simultânea de EOG e EMG e a aplicação em sistemas embarcados. Assim será possível desenvolver aplicações destes biopotenciais em dispositivos que possam auxiliar pessoas com deficiência na comunicação e na fala, além da possibilidade de criar interfaces homem-máquina que possam ter outros usos dentro da engenharia biomédica, como mostra Liang (2005) e Perdiz (2017).

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR e foi fundamental para a realização do mesmo.



## REFERÊNCIAS

CRISWELL, E.; Cram's introduction to surface electromyography. 2ed. Sudbury, Jones and Bartlett publishers: 2011.

BRONZINO, J. D.; The biomedical engineering handbook. Boca Raton, Florida: CRC Press LLC, 2000.

WEBSTER, J. G.; CLARK JR, J. W. Et al; Medical instrumentation: Application and design. 4ed. New York: John Wiley and sons: 2010.

PAUL, G. M.; A smart textile based facial EMG and EOG computer interface. 2014. IEEE Sensors Journal, vol 14.

J. PERDIZ, G. PIRES, U. J. NUNES.; Emotional state detection based on EMG and EOG biosignals: A short survey. 5º Encontro Português de Bioengenharia da IEEE (ENBENG), 2017, pp. 1-4.

LIANG, SHENG-FU.; KUO, CHIE-EN.; Development of an EOG-based Automatic Sleep-Monitoring Eye Mask. 2015, IEEE Transactions on instrumentation and measurement. Vol 64.

RUBANA, H. C. Et al; Surface electromyography signal processing and classification techniques. 2013. Open Access: Sensors.

ARGOUD, M. I. F. Contribuições à automatização da detecção e análise de eventos epileptiformes em eletroencefalograma. 2001. Dissertação (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Catarina.

CAPERELLI, B. T. Projeto de desenvolvimento de um sistema multicanal de biotelemetria para detecção de sinais ECG, EEG e EMG. 2007. Dissertação (Mestre em ciências) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

BOOT, LENNART; Facial expressions in ECG/EMG recordings. 2009. Dissertação (mestre em ciencias) – University of Twente.

TAMURA, H. Et al; EOG-sEMG human interface for communication. 2016. Hindawi publishing corporation. University of Miyazaki.

VEHKAOJA, A. T. Et al; Wireless head cap for EOG and facial EMG measurements. In the: engineering in medicine and biology 27th annual conference. Proceedings, Shangai, 2005.

STEVAN JR, S. L. Et al. Circuit Design for Surface Electromyography Data Acquisition. 2015. IEEE Latin America Transactions, v.49. pp.83-86.

MENDES JUNIOR, J. J. A. Important aspects associated with the design of superficial EMG signal conditioning circuit. In: Anais do XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, 2014, Uberlândia, Brasil, pp. 1961-1964.