

Desenvolvimento de circuito de aquisição e tratamento de sinais analógicos

Analog signal acquisition and treatment circuit development

RESUMO

Gabriel Néia dos Reis Zielinski
gabrielzielinski@alunos.utfpr.edu.br
Universidade tecnológica federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil

Thales Eugenio Portes de Almeida
thalesalmeida@utfpr.edu.br
Universidade tecnológica federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil

Este trabalho visa apresentar os conceitos mínimos para que seja possível projetar um sistema de captação de bio-sinais de eletroencefalograma (EEG). Estes são sinais elétricos que o cérebro emite. Ao captá-los, tratá-los, processá-los e estudá-los, é possível dar utilidade a eles em alguns campos de estudos, como o da medicina e o da robótica. Os conceitos serão divididos em partes para que tenha uma melhor organização de ideias neste trabalho. Suas divisões são: Transdutor, onde é apresentado o necessário para entender um eletrodo de captação de sinal de EEG; Artefatos, onde é enumerado e especificado como são os ruídos, suas características e sua origem; Amplificadores, onde são especificadas as melhores práticas aplicando amplificadores quando se trata de bio-sinais; Filtro, onde é especificado as bandas de passagem e as características dos bio-sinais.

PALAVRAS-CHAVE: Transdutores. Filtros Elétricos. Amplificadores Operacionais.

ABSTRACT

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

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



This work aims to present the minimum concepts so that it is possible to design a system for capturing electroencephalogram (EEG) biosignals. These are electrical signals that the brain emits. By capturing them, treating them, processing them and studying them, it is possible to give them utility in some fields of study, such as medicine and robotics. The concepts will be divided into parts so that you have a better organization of ideas in this work. Its divisions are: Transducer, where the necessary to understand an EEG signal capture electrode is presented; Artifacts, where it is enumerated and specified as are the noises, their characteristics and their origin; Amplifiers, where best practices are specified by applying amplifiers when it comes to biosignals; filter, where the passing bands and the characteristics of the biosignals are specified.

KEYWORDS: Transducers. Electric Filters. Operational Amplifiers.



INTRODUÇÃO

A fim de realizar o monitoramento e registro de atividades fisiológicas do cérebro, através de desequilíbrios iônicos e elétricos, é possível utilizar-se de um equipamento próprio para isso, como os de Eletroencefalografia (EEG).

É comum que um exame de EEG seja feito em pacientes que sofrem de epilepsia para que seja dado um diagnóstico adequado, monitoramento da atividade cerebral de um paciente em estado vegetativo, controle de membros robóticos e interface para controle de meios digitais. (G1, 2014)

Este projeto delimita-se ao tratamento e captação de biossinais de EEG para que seja possível identificar padrões na ocorrência de sinais específicos associados a um estímulo proposital, como por exemplo, o ranger de dentes.

Alguns conceitos importantes para conhecer e ter uma melhor compreensão deste projeto são: Transdutor, que é necessário para entender um eletrodo de captação de sinal de EEG; Artefatos, que é especificado como são os ruídos, suas características e sua origem; Amplificadores de instrumentação, que são os melhores quando se trata de biossinais; Filtro e suas as bandas de passagem para mostrar os biossinais com o ruído muito reduzido.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os eletrodos são transdutores responsáveis por coletar os biossinais da superfície cutânea e transportar para o equipamento de registro. Em geral os eletrodos são feitos de metal e moldados de modo a ter melhor contato com a superfície cutânea, estes são ligados a fios metálicos a fim de conduzir o sinal até os amplificadores do aparelho de coleta de sinais de EEG. (ADUR,2008)

Ao utilizar eletrodos de superfície, as amplitudes dos sinais medidos podem variar de 25 até $100\mu V$, além disso, é necessário utilizar um amplificador que tenha o alcance de resposta em frequência entre 0,1 a 100 HZ e que tenha um offset mais baixo possível para evitar a saturação quando o sinal for amplificado. (NEUMAN, 1998)

É necessária alta impedância diferencial de entrada, por volta de $10^9 \Omega$ na frequência de 60 Hz, para evitar distorções no sinal, outro parâmetro a ser considerado consiste na razão de rejeição de sinais de modo comum (CMRR), o qual deve se manter superior a 100 dB rejeitando os sinais presentes em ambas as entradas do amplificador, dessa maneira amplificando unicamente o sinal de interesse.(TAVARES, 1997)

É necessária a utilização de amplificadores com ganhos consideráveis para que o biossinal possa ser analisado. O sinal que chega à entrada do amplificador, pode ser descrito através de cinco componentes: ruídos, interferências da rede e suas harmônicas, interferências do eletrodo, tecido, outros biopotenciais que não são de interesse e por fim os biopotenciais de interesse. (NAGEL, 2006)

Os sinais indesejados são chamados de “artefatos” e podem possuir diversas origens, sendo elas fisiológicas e não fisiológicas. Devido aos ruídos e sinais indesejáveis, é necessário utilizar amplificadores com algumas características

específicas e um amplificador que engloba todas estas características é conhecido como amplificador de instrumentação. (NAGEL, 2006)

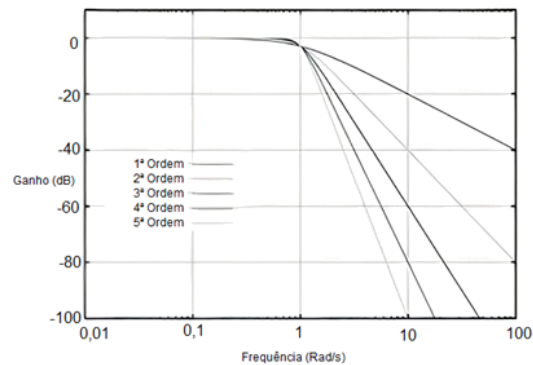
Filtros têm como função primordial a seleção de sinais de interesse, podendo efetivamente determinar a faixa de frequências a qual pode passar, rejeitar ou modificar. (OPPENHEIM, 1998)

Uma classificação dos filtros é quanto à sua função de aproximação, uma delas é a Bessel. Sua função de aproximação é mostrada a seguir na equação 1.

$$H(s) = \frac{\theta_n(0)}{\theta_n\left(\frac{s}{\omega_0}\right)} ; n = 1,2,3, \dots \quad (1)$$

É mostrado na Figura 1, respostas para a função de aproximação Bessel com ordens diversas.

Figura 1: Respostas para a função de aproximação Bessel.

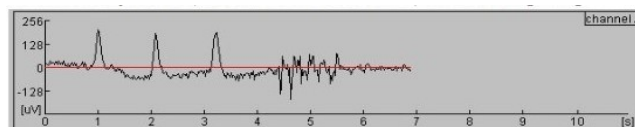


Fonte: Adaptado de OXFORD (2004).

Ao observar a Figura 1, fica evidente que a taxa de atenuação do filtro Bessel é consideravelmente sensível à ordem do filtro. Assim sendo, quanto maior a ordem do filtro maior é a sua atenuação. (OXFORD, 2004)

Utilizando as técnicas e os conhecimentos apresentados, a iniciativa open-source do projeto openEEG desenvolveu um protótipo e forneceu alguns resultados, sendo um deles, um teste feito para visualizar a captação de sinais de EEG de duas ações bem específicas da cobaia testada, sendo elas, piscar três vezes e, logo após, ranger os dentes. Tais resultados estão apresentados a seguir na Figura 2, onde é possível observar que os três primeiros picos aparecem no momento em que a cobaia piscou e, os sinais menores logo após os picos, aparecem no momento em que a cobaia rangeu os dentes.

Figura 2: Resultado do teste com cobaia do projeto openEEG.

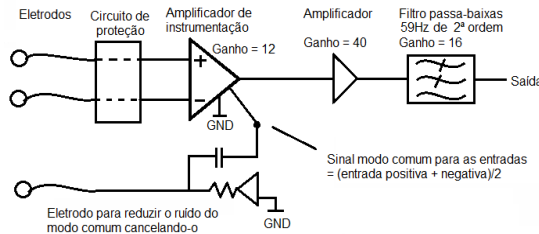


Fonte: BIOERA (2004).

De acordo com o apresentado, é possível projetar um sistema de aquisição de sinais de EEG. Na Figura 3 é mostrado um diagrama de blocos ilustrando como deve ser o sistema de coleta de dados de EEG. Este projeto é baseado na iniciativa

open-source do projeto openEEG, cujos módulos serão descritos detalhadamente a seguir de forma a compor o circuito final do dispositivo.

Figura 3: Diagrama de blocos do sistema.



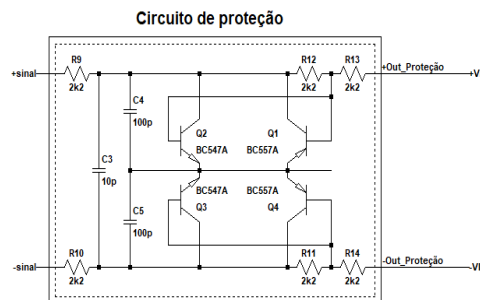
Fonte: Adaptado de OPENEEG (2003).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para o desenvolvimento de um projeto de circuito foram analisadas as partes que compõe o projeto e por fim uma versão completa como demonstrado a seguir. A fim de realizar o projeto e simulação do circuito foi utilizado o software LTspice XVII.

Na Figura 4 é mostrado o circuito de entrada, com a proteção e os eletrodos. Por ao se tratar de um dispositivo com ganhos muito altos e componentes sensíveis, é necessário que a entrada ofereça proteção contra surtos de tensão que poderiam danificar o circuito.

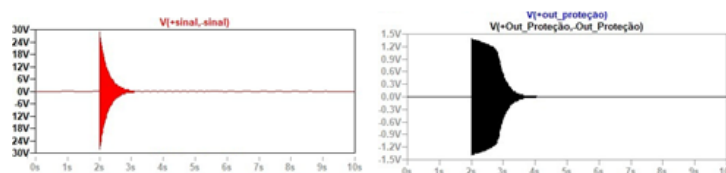
Figura 4: Circuito de entrada, eletrodos + circuito de proteção.



Fonte: Adaptado de OPENEEG (2003).

Na Figura 5 é mostrada a simulação do circuito de proteção, onde os eletrodos fazem a leitura de um sinal com amplitude máxima de 60Vpp e o circuito abaixa este sinal para aproximadamente 1,5Vpp, comprovando sua eficácia.

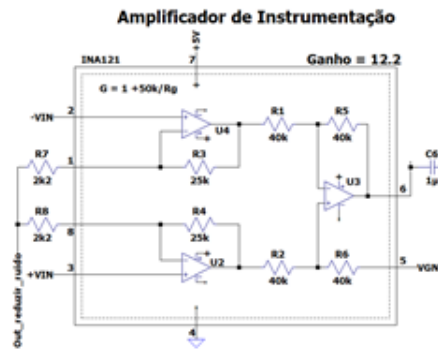
Figura 5: Simulação do circuito de proteção.



Fonte: Autoria própria (2020).

Na Figura 6 é mostrado o circuito do amplificador de instrumentação com ganho 12.2, como podemos observar, o circuito interno do amplificador de instrumentação utilizado é uma associação de três amplificadores operacionais, todos encapsulados em um único circuito integrado de forma a evitar variações e diminuir os ruídos.

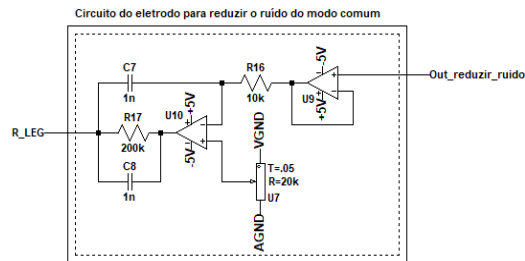
Figura 6: Circuito do amplificador de instrumentação.



Fonte: Adaptado de OPNEEG (2003).

Na Figura 7 é mostrado o circuito ativo para reduzir o ruído de modo comum, pode-se observar que este terceiro eletrodo do circuito, conectado ao indivíduo, serve como referência de ruído comum para os outros dois eletrodos (positivo e negativo).

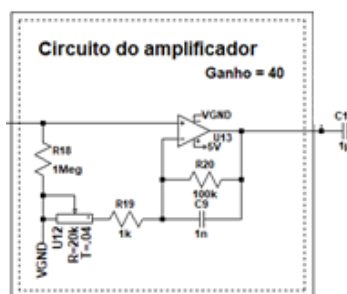
Figura 1: Circuito do eletrodo para reduzir o ruído do modo comum.



Fonte: Adaptado de OPNEEG (2003).

Na figura 8 é mostrado o circuito do amplificador, como o sinal de EEG tem amplitude muito pequena, o objetivo deste circuito amplificar o sinal com um ganho de 40 vezes.

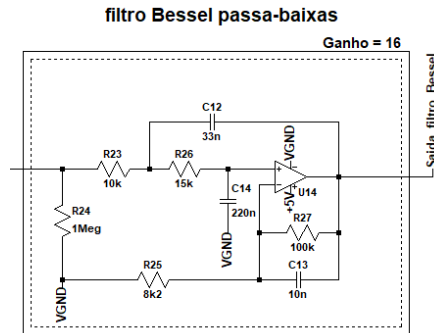
Figura 8: Circuito do amplificador com ganho de 40.



Fonte: Adaptado de OPNEEG (2003).

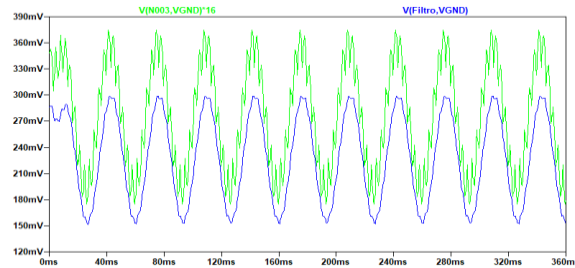
Na Figura 9 é mostrado o circuito do filtro Bessel passa-baixas, com as características de ser de 2ª ordem, 59Hz e ter um ganho de 16 vezes.

Figura 9: Circuito do filtro Bessel passa-baixas de ganho 16.



Fonte: Adaptado de OPENEEG (2003).

Figura 10: Simulação do filtro Bessel.

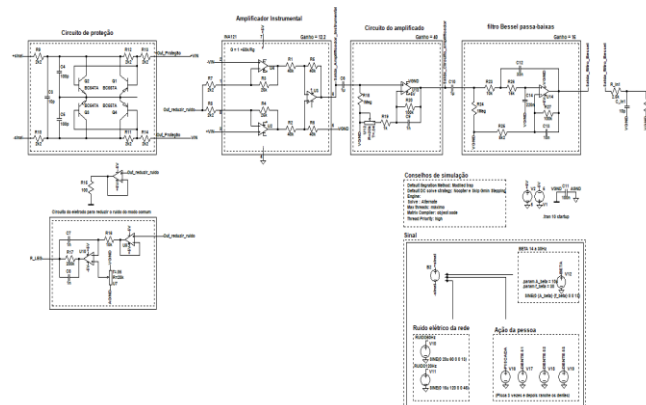


Fonte: Autoria própria (2020).

Na figura 10 é mostrado uma simulação do filtro Bessel que foi projetado. Em sua entrada (em verde), existem 2 sinais sobrepostos, um sinal de amplitude 10uV e 30Hz e outro de 10uV e 300Hz. Com isso é possível observar que em sua saída (sinal em azul) o sinal de 300Hz foi filtrado corretamente e o sinal de 30Hz foi predominante, possuindo uma qualidade de forma de onda bem filtrada.

É esperado que na saída do circuito completo de coleta de sinais de EEG tenhamos um sinal com os ruídos reduzidos o suficiente para que seja possível identificar padrões de quando a pessoa que usa o aparelho executa uma ação ou recebe um estímulo.

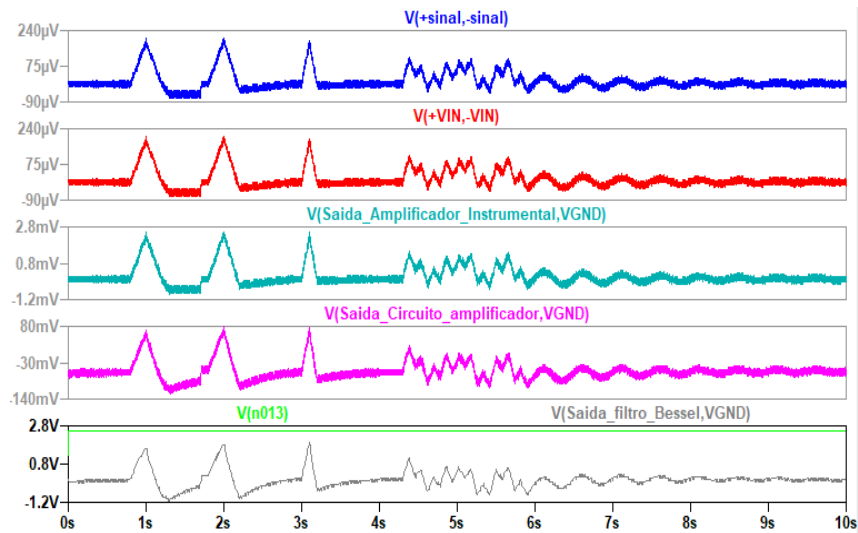
Figura 12: Circuito completo simulado.



Fonte: Adaptado de OPENEEG (2003).

Na Figura 11 é mostrado o circuito completo onde cada bloco foi detalhadamente descrito nas figuras anteriores. Para esta simulação, os sinais de interesse são três piscadas de olho e, logo após, um ranger de dentes. Para simular os ruídos, foram inseridos dois sinais, um de 60Hz com 5uV e o outro de 120Hz com 15uV. Os sinais resultados desta simulação são mostrados na figura 12.

Figura 12: Resultados da simulação.



Fonte: Autoria própria (2020).

Nos primeiros dois gráficos da Figura 12, é mostrado um exemplo de sinal coletado pelos eletrodos de EEG possuindo os artefatos e os sinais de interesse, é possível ver nestes gráficos que os três primeiros picos do sinal são referentes ao ato de piscar os olhos três vezes seguidas e, logo após isso, o ato de ranger os dentes, no terceiro, é o sinal coletado após passar pelo amplificador de instrumentação, é possível notar que sua amplitude foi aumentada e os ruídos foram reduzidos, no quarto gráfico é o sinal após passar pelo circuito amplificador, é possível observar que sua amplitude aumentou em aproximadamente 40 vezes, No último gráfico é mostrado o sinal final do circuito de EEG, onde o sinal passou pelo filtro de Bessel, é possível verificar que o sinal apresenta ruídos consideravelmente reduzidos e uma amplitude adequada.

Devido à pandemia do ano de 2020 não foi possível desenvolver atividades práticas em laboratório, portanto não foi possível montar um protótipo e desenvolver a seção de resultados e discussões adequadamente.

CONCLUSÃO

Com as informações apresentadas na metodologia e nas discussões, é possível projetar um protótipo de coleta de sinais de EEG para que seja possível identificar padrões na ocorrência de sinais específicos podendo ser associados a um estímulo proposital, assim como demonstrado através das simulações do circuito. Com a ocorrência da pandemia causada pelo vírus COVID 19 no ano de 2020, não foi possível montar e desenvolver o protótipo para testes práticos.

REFERÊNCIAS

ADUR, Robson et al. **Sistema de processamento de sinais biomédicos: Módulo didático de eletroencefalograma**. 2008. Disponível em:

<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/92158> Acesso em: 15.08.2020.

NEUMAN, Michael R.; WEBSTER, J. G. Biopotential amplifiers. In: **Medical instrumentation: application and design**. Hoboken, NJ: Wiley, 1998. p. 256-258. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=1ovgDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA333&dq=NEUMAN,+Michael+R.+%3B+WEBSTER,+J.+G.+Biopotential+amplifiers.+In:+Medical+instrumentation:+application+and+design.+Hoboken,+NJ:+Wiley,+1998&ots=Z4fOYNO_Ef&sig=AzLD_SBCXIU_0cgClpxXC904aFk#v=onepage&q&f=false Acesso em: 15.08.2020.

TAVARES, M. C. **Monitor de Atividade Cerebral Baseado em Microcontrolador**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997 Disponível em:

<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/77331> Acesso em: 15.08.2020.

Nagel, Joachim H. (2006), **Medical devices and systems, the biomedical engineering handbook**, CRC Press, Boca Raton, capítulo 52: Biopotential Amplifiers, pp. 52.1– 52.14. Disponível em:

[https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=sITMBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Nagel,+Joachim+H.+\(2006\),+Medical+Devices+and+Systems,+The+Biomedical+Engineering+Handbook,+CRC+Press,+Boca+Raton&ots=UpJ2mI_2bz&sig=2ODDleGAMaUtPULveSBc7rHNRI4](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=sITMBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Nagel,+Joachim+H.+(2006),+Medical+Devices+and+Systems,+The+Biomedical+Engineering+Handbook,+CRC+Press,+Boca+Raton&ots=UpJ2mI_2bz&sig=2ODDleGAMaUtPULveSBc7rHNRI4) Acesso em: 15.08.2020.

OPPENHEIM, A.V.; SCHAFER, R.W.; BUCK, J.R. **Discrete-time signal processing**. 2nd Edition. Prentice-Hall, Inc. United States of America, 1998. Disponível em:

https://repository.vnu.edu.vn/handle/VNU_123/34218 Acesso em: 15.08.2020.

OXFORD, Robots. Disponível em:

<http://www.robots.ox.ac.uk/~sjrob/Teaching/SP/I3.pdf> Acesso em: 15.08.2020.

OPNEEG. Disponível em: <http://openeeg.sourceforge.net/doc/> Acesso em: 15.08.2020.

BIOERA. Disponível em: http://www.bioera.net/bw/ae/active_prototype2.html Acesso em: 15.08.2020.

OPNEEG. Disponível em:

<http://openeeg.sourceforge.net/doc/modeeg/modEEGamp-v1.0.png> Acesso em: 15.08.2020.

G1,2014. Disponível em: <http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2014/06/jovem-paraplegico-usa-exoesqueleto-chuta-bola-na-abertura-da-copa.html> Acesso em: 15.08.2020