

DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO DE ELETROENCEFALOGRAFIA PARA INTERFACEAMENTO COM COMPUTADOR

HUGO ANTÔNIO RODRIGUES SANTANA¹, HEBANY CESAR NUNES DA SILVA², LUIZ SOARES CORREIA³ e ROSINEIDE MIRANDA LEÃO⁴

¹Estudante de Engenharia de Controle e Automação, UNIP, Brasília-DF, hugoantonio.hars@gmail.com;

²Estudante de Engenharia de Controle e Automação, UNIP, Brasília-DF, hebany@hotmail.com.br;

³Me. em Engenharia Civil, Prof. e Orientador, UNIP, Brasília-DF, luiz.correia@docente.unip.br;

⁴Dra em Ciências Mecânicas, Msc em Ciências Mecânicas, UNB, Brasília -DF, rosemirandaleao@gmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
04 a 06 de outubro de 2022

RESUMO: Esta pesquisa de caráter experimental buscou meios práticos de desenvolver um protótipo de um dispositivo de encefalografia, que é utilizado para ler as ondas cerebrais geradas pelo cérebro. A metodologia de construção adotada seguiu as etapas: captação do sinal, pré-amplificação, filtro passa-baixa, filtro passa-alta, primeira amplificação, segunda amplificação, conversão de analógico para digital, comunicação serial com o computador, e plotagem do sinal em tempo real por meio de gráfico. O protótipo executa sua função, mesmo com os diversos ruídos associados à leitura devido à sensibilidade do circuito e da falta de outros meios de tratamento do sinal.

PALAVRAS-CHAVE: EEG, ondas cerebrais, interface cérebro-máquina.

DEVELOPMENT OF ELECTRONENCEPHALOGRAPHY DEVICE FOR COMPUTER INTERFACE

ABSTRACT: This experimental research searched practical ways to develop a prototype of an encephalography device, which is used to read brain waves generated by the brain. The construction methodology adopted followed the steps: signal capture, pre-amplification, low-pass filter, high-pass filter, first amplification, second amplification, analog to digital conversion, serial communication with the computer, and signal plotting in real time using graphs. The prototype performs its function, even with the various noises associated with the reading due to the sensitivity of the circuit and the lack of other means of signal processing.

KEYWORDS: EEG, brain waves, brain-machine interface.

INTRODUÇÃO

A atividade cerebral ocorre com bilhões de neurônios trabalhando em conjunto, permitindo ou inibindo a passagem das sinapses, que é a troca de informações entre eles. É esse processo que nos permite acessar e construir novas memórias, controlar o corpo, de forma voluntária ou não, assim como outras atividades envolvidas no funcionamento de seres vivos, é o cérebro que controla tudo. O fluxo entre os neurônios é controlado por reações químicas que geram uma diferença de potencial no processo, uma tensão, a mesma tensão presente na rede elétrica, em termos físicos (ARGOTY et al., 2010). Em 1924, o psiquiatra Hans Berger realizou o primeiro exame de eletroencefalografia, abreviado como EEG, em um ser humano (SILVA, 2005). O exame tem como objetivo registrar o potencial elétrico, ou potencial evocado, nas diversas partes do córtex cerebral ao longo do tempo. A variação desse potencial é chamada de oscilação neural ou onda cerebral. Essas ondas são dependentes da atividade, física ou mental, que o indivíduo está a executar, bem como de condições neurológicas, indicando saúde ou uma possível patologia, ou simplesmente a reação do cérebro a situações diversas. Ocorrem em cinco faixas de frequência diferentes: a delta, que varia de 0,5 a 04 Hz; a teta, que varia de 04 a 8 Hz; a alfa, que varia de 08 a 13 Hz; e a beta, que varia de 13 a 30 Hz. Frequências acima de

30 Hz indicam alta agitação, e são denominadas gamma. Em estados de concentração as ondas se encontram na faixa teta (TIMO-IARIA & PEREIRA, 1971).

A aplicação da EEG não se resume somente à área médica. Numa interface cérebro-máquina as ondas cerebrais são utilizadas para executar ações específicas, e uma variedade de equipamentos comerciais tem surgido nos últimos tempos, com uma vasta possibilidade de aplicação, a principal delas é o controle de eletrônicos, como: drones, televisores, computadores. A tecnologia e implementação ainda estão em desenvolvimento e cada vez mais dispositivos vêm surgindo (QUIROZ et al., 2017). O desenvolvimento de um dispositivo de EEG de fácil interfaceamento com o computador é o primeiro passo em direção ao desenvolvimento de outras tecnologias derivadas. Uma das principais aplicações de uma ICM nos últimos tempos, é funcionar como uma extensão do corpo das pessoas, levando acessibilidade àqueles debilitados, permitindo que eles possam trabalhar com computadores, ou mesmo o use como uma ferramenta para crescimento social, acadêmico ou profissional (ARANA & ALBÁN, 2016).

Como realizar a leitura de ondas cerebrais e exibi-las na tela de um computador em tempo real?

Eletrodos são capazes de detectar o potencial de ação de um conjunto de neurônios, mas o sinal se encontra na casa dos microvolts, necessitando tratamento para melhor se trabalhar com ele. Uma forma de fazer isso é utilizando amplificador operacional, que se encarrega da amplificação e filtragem. O sinal amplificado é então enviado para um microcontrolador, para que este faça a conversão de analógico para digital, e então envia para um computador através de uma comunicação serial, e um software se encarrega de ler o sinal e exibi-lo em tempo real.

Portanto, esta pesquisa visa desenvolver um dispositivo de eletroencefalografia. O dispositivo de EEG proposto busca abordar o caminho mais prático quanto a obtenção de ondas cerebrais, a fim de facilitar o desenvolvimento de outras tecnologias, como uma interface cérebro-máquina (ICM). Como a obtenção do sinal tratado fica mais fácil focar numa aplicação mais prática numa pesquisa futura, como o mapeamento de alguns padrões dos pensamentos e, com isso, fazer o controle de dispositivos diversos.

MATERIAL E MÉTODOS

A elaboração do protótipo seguiu as etapas: captação, pré-amplificação, filtro passa-baixa, filtro passa-alta, primeira amplificação, segunda amplificação, conversão de analógico para digital, comunicação serial com o computador, e plotagem do sinal em tempo real por meio de gráfico. O circuito foi primeiro esquematizado, simulado e analisado na plataforma Proteus, só então seguiu-se para a montagem na protoboard.

A captação foi feita com dois eletrodos de cúpula ouro, pois além de ser um bom condutor, este material possui baixa taxa de oxidação. Há várias normas para a disposição dos eletrodos, mas como a tensão é uma diferença de potencial, todas elas medem a tensão de um ponto em relação a outro, sendo necessário no mínimo dois eletrodos. Escolheu-se o ponto designado como Fp2, de acordo com a norma internacional 10-20, que fica no córtex pré-frontal, uma região na testa, e o ponto T3 atrás da orelha. A alocação dos eletrodos é feita de forma não invasiva, bastando fixar os eletrodos em cima da região.

A pré-amplificação foi feita com o amplificador operacional de instrumentação INA126P, que é específico para lidar com biopotenciais, pois possui alta precisão, alta impedância de entrada e baixo ruído, evitando drenar corrente do corpo humano. Ele possui 8 pinos, sendo o pino 1 e o 8 responsáveis por ajustar o ganho através de um resistor. Os pinos 2 e 3 é onde ligam-se os eletrodos. Há muito ruído nesta etapa, então é ideal não elevar muito o ganho, que é definido pela fórmula fornecida pela fabricante: $G = 5 + \frac{80k}{RG}$, onde RG é o resistor escolhido. Utilizou-se um resistor de 820 ohms, chegando a um ganho de 102,56, levando em conta que os valores teóricos divergem dos valores reais encontrados nos componentes. Para acionar o INA126P é necessária uma fonte simétrica, que de acordo com o dimensionamento, fornece uma tensão de saída aproximada de +5,1V e -5,1V, ligados aos pinos 7 e 4, respectivamente. A primeira parte da Figura 1 mostra a fonte e seus componentes.

O chip LM324N possui 4 amplificadores operacionais alimentados por uma única fonte vcc e um terra. Dois foram utilizados para os filtros e 2 para a amplificação em si. O filtro passa-baixa é de

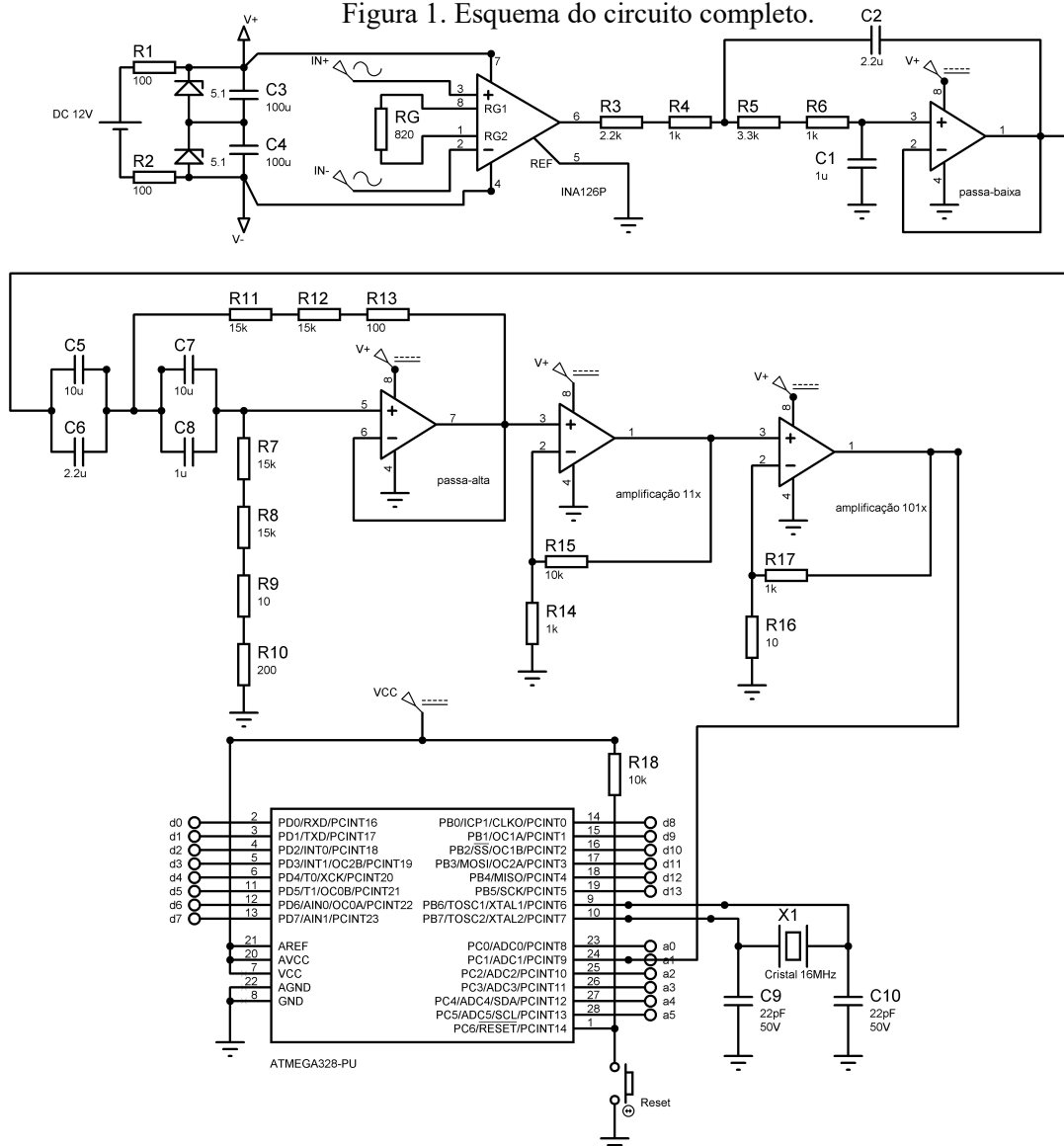
ganho unitário e corta frequências acima de 30 Hz. O filtro passa-alta também é de ganho unitário e corta frequências abaixo de 0,5 Hz. Houve necessidade de associação de resistores e capacitores para aproximar os valores calculados com os reais. O sinal segue então para ser amplificado em 11 vezes numa configuração não-inversora, depois disso ele é amplificado em 101 vezes também numa configuração não-inversora. Nessa configuração, o ganho é definido pela fórmula: $G = 1 + \frac{R2}{R1}$.

O microcontrolador ATMEGA-328PU é o responsável por receber o sinal e convertê-lo de analógico para digital, enviando via serial para o computador em tempo real. O sinal entra na porta analógica A1, pino 24. O circuito para acionamento do microcontrolador é mostrado na última parte da Figura 1. Um conversor USB para TTL é utilizado para fazer a comunicação do computador com o chip, e também alimenta todo o circuito com uma tensão DC de 5V, incluindo o LM324N.

O ATMEGA foi programado utilizando a IDE do Arduino, na linguagem C++, cujo propósito foi definir os pinos, converter o sinal e estabelecer comunicação serial. Ele possui uma resolução de 10 bits, o que significa que há uma variação de 1024 valores, sendo zero o valor mínimo e 1023 o valor máximo, portanto a fórmula da conversão é: $\text{ sinal_convertido} = \frac{5000 \text{ mV}}{1023} \times \text{ sinal_recebido}$.

Devido a sua versatilidade e sintaxe de alto nível, a linguagem Python foi escolhida para programar o software que exibe em tela o sinal lido em tempo real. Várias bibliotecas foram utilizadas, e a Matplotlib é a responsável pela elaboração dos gráficos. A programação é um campo vasto onde várias técnicas e linguagens podem ser empregadas, portanto, essa pesquisa não se interessa em detalhar o algoritmo empregado. A figura 1 mostra o circuito projetado no Proteus e ilustra toda a metodologia de montagem na sequência.

Figura 1. Esquema do circuito completo.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

O protótipo foi construído numa protoboard, a fim de facilitar ajustes e testes, mas essa placa possui um fundo todo metálico, que a depender do projeto, pode funcionar como uma antena, e é o que acontece. O circuito trabalha com micro sinais, e por isso ele é sensível a variações mínimas de tensão, pôde-se observar que é afetado por ondas de diversas fontes.

Foi utilizado um Arduino Leonardo para emitir pulsos e para testar o comportamento do circuito em diferentes frequências. O filtro passa-baixa ajuda na diminuição de ruídos, mas não funciona tão bem quanto o idealizado, pois deveria cortar frequências acima de 30 Hz, mas isso só acontece de forma efetiva quando o sinal passa de 60 Hz. Sem a presença desse filtro, nota-se ainda mais ruído, o que comprova que ele ainda cumpre com sua função.

O filtro passa-alta corta frequências abaixo de 0,5 Hz e tem um desempenho satisfatório, eliminando quase que completamente frequências de 0,1 Hz, por exemplo, conforme as Figuras 2 e 3.

Figura 2. Análise do filtro passa-baixa.

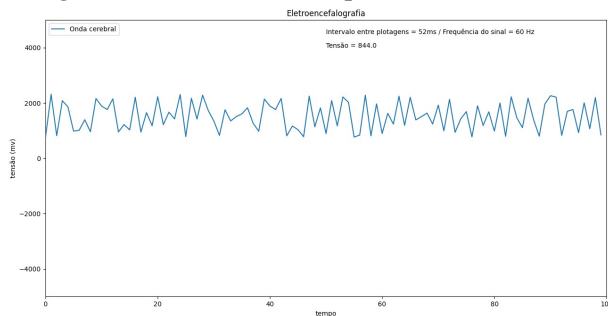
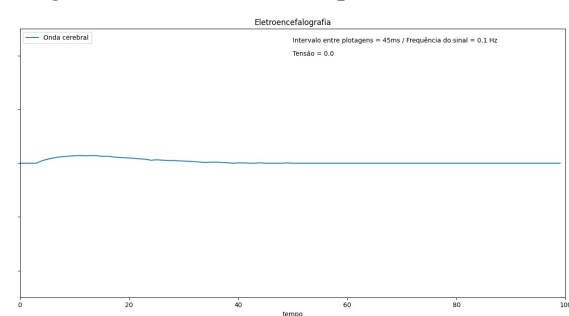
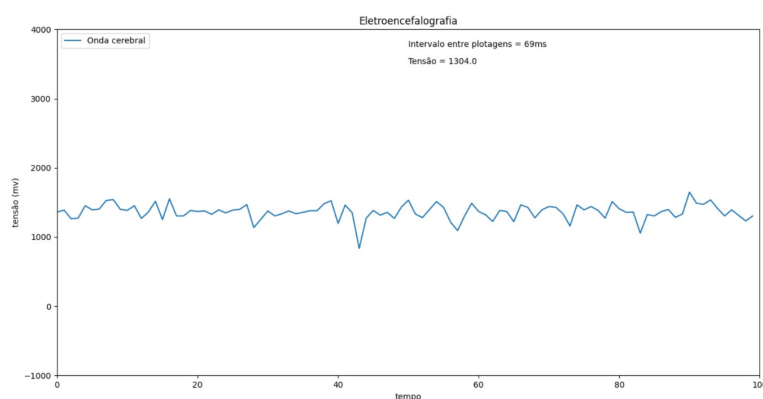


Figura 3. Análise do filtro passa-alta.



Apesar das múltiplas fontes de ruído, o circuito é capaz de ler e exibir as ondas cerebrais, até mesmo uma piscada de olhos provoca um pico nas leituras, conforme a Figura 5. Outra questão a ser considerada, é o delay, o atraso entre a captura, processamento e exibição do sinal. É impossível ter uma leitura exatamente no momento em que aconteceu, pois tem o caminho a ser percorrido pelo sinal, o clock do microcontrolador, a velocidade de comunicação com o computador, a velocidade do computador e do algoritmo utilizado, bem como a linguagem de programação escolhida, que tem grande influência nesse atraso. O Python é uma linguagem interpretada, não compilada, o que significa que ele faz a conversão para linguagem de máquina em tempo real, ao invés de converter todo o código de uma vez.

Figura 4. Eletroencefalografia real.



CONCLUSÃO

Ao comparar a metodologia adotada com a hipótese para a resolução do problema, conclui-se que a pesquisa alcançou seu objetivo. Um dispositivo de eletroencefalografia funcional foi desenvolvido. Devido aos ruídos e imprecisão nas leituras, este não pode ser utilizado para fins comerciais, pois não é confiável. Para fins de pesquisa, o protótipo é útil e abre portas para melhorias.

Algoritmos de aprendizado de máquina podem ser implementados em cima dessas leituras a fim de identificar padrões e executar alguma ação com um simples pensamento.

REFERÊNCIAS

- ALLDATASHEET. ATMEGA328P. 2008. Disponível em: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/241077/ATMEL/ATMEGA328P.html>. Acesso em 15 de maio de 2022.
- ALLDATASHEET. LM324. 1995. Disponível em: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/17871/PHILIPS/LM324.html>. Acesso em: 08 de maio de 2020.
- ARANA, Karin C.; ALBÁN, Andrés C. Prótesis de mano virtual movida por señales encefalograficas - EEG. Prospect, Barranquilla, v. 14, n. 2, p. 99-110, dez. 2016.
- ARGOTY, Julián A.; COSSIO, Eliana G.; VILLA, Róbinson T. Evaluación experimental y estadística de un prototipo de interfaz cerebro-computador (ICC). Revista Ingeniería Biomédica, Medellín, v. 4, n. 8, p. 22-33, dez. 2010.
- DtSheet. BB-INA126. 1997. Disponível em: <https://dtsheet.com/doc/259308/bb-ina126>. Acesso em: 08 de maio de 2020.
- MARINHO, Taíssa Ferrari. Recomendação da SBNC para localização de eletrodos e montagens de EEG. São Paulo, 27 nov. 2017.
- QUIROZ, A. G. et al. Coherence analysis of EEG in locomotion using graphs. Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica, México, v. 38, n. 1, p. 235-246, abr. 2017.
- SILVA, E. N. F. L. da. Eletroencephalography: basic principles, clinical applications, and related fields. [S.l.]: Lippincott Williams and Wilkins, p. 40-42, 2005.
- TIMO-IARIA, Cesar; PEREIRA, Walter Carlos. Mecanismos das ondas elétricas cerebrais. Arquivos de Neuro-Psiquiatria, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 131-145, jun. 1971.