

EQUIPAMENTO DIDÁTICO DE PROCESSAMENTO DE SINAIS PARA ENSINO DE INSTRUMENTAÇÃO BIOMÉDICA

Divisão Temática

DT 4 - Processos produtivos, tecnologias e tendências para o presente e o futuro

Autores: G.T.C DA SILVA¹; L.F. RUSSI²; W. VALENTE JR.³.

Edital 02/2023/PROPPI-UNIVERSAL

Resumo:

No contexto do ensino de neurociências, é possível observar uma considerável dificuldade na disponibilidade de equipamentos de medição e análise de sinais biomédicos, principalmente pelo alto custo que os equipamentos de instrumentação voltados para estes fins possuem em âmbito nacional. Visando disponibilizar uma alternativa aos estudantes e pesquisadores no contexto do ensino, o presente projeto propôs o desenvolvimento de uma placa modular de aquisição de sinais biomédicos, com características didáticas, de baixo custo e que possibilite o desenvolvimento de pesquisas e experiências práticas do ensino de neurociências para alunos de nível médio e superior. Para que esse objetivo fosse alcançado, utilizou-se como referência os dispositivos de código aberto (*open source*) da *Backyard Brains* e, então, foram desenvolvidas adaptações e melhorias do projeto, tais como modificações de componentes, novo projetos de filtros, testes funcionais de amplificadores de instrumentação, expansão do número de canais de aquisição, expansão da plataforma de saída, dentre outros requisitos para que fossem atendidas as demandas atuais. O resultado obtido foi uma placa de circuito impresso em formato de *Shield* para Arduino Mega 2560 com dois canais de aquisição simultâneos que, por meio de pares de eletrodos, adquire os sinais mioelétricos e os condicionam para ser feita a conversão analógico-digital e amostragem do sinal pelo Arduino.

Palavras-chave: Engenharia Biomédica; Neurociências; Equipamento Didático; Sinais Biomédicos.

Introdução

O ensino de neurociências exige uma abordagem multidisciplinar que integre áreas como Engenharia Elétrica, Medicina e Ciências da Saúde, utilizando práticas pedagógicas para facilitar o aprendizado (ANDRIGHETTO, 2008). No entanto, a escassez de equipamentos acessíveis para aquisição de sinais bioelétricos, devido a custos elevados e especificidades técnicas, limita o acesso a experiências práticas, especialmente para estudantes de ensino médio e graduação. Para superar essas barreiras, é essencial

¹ Estudante do Curso de Engenharia Elétrica do IFSC, Campus Itajaí: gsthiago.cav@gmail.com.

² Estudante do Curso de Engenharia Elétrica do IFSC, Campus Itajaí: luis.r1998@aluno.ifsc.edu.br

³ Professor do Curso de Engenharia Elétrica do IFSC, Campus Itajaí: wilson.valente@ifsc.edu.br

desenvolver plataformas didáticas acessíveis com *hardware* e *software open source*, democratizando o aprendizado prático em neurociências.

Dessa forma, o presente projeto visa propor o aprimoramento, a escalabilidade e a usabilidade, em um contexto didático, de um conjunto de protótipos de aquisição e processamento de sinais bioelétricos, oriundos de projetos integradores previamente desenvolvidos no IFSC, tais como um protótipo de EEG (PEREIRA, et al., 2019), um protótipo de EMG (PEREIRA, et al., 2023) e um protótipo de ECG wireless (PEREIRA, et al., 2023), com o objetivo de popularizar o ensino de neurociências e instrumentação biomédica aos alunos do ensino médio à cursos de Graduação em Engenharia Elétrica/Biomédica, e até mesmo, em nível de pós graduação.

Fundamentação teórica

Os equipamentos didáticos de processamento de sinais biomédicos têm como objetivo capacitar profissionais da saúde e da engenharia biomédica na geração, aquisição, análise e processamento de sinais fisiológicos. Esses dispositivos permitem o aprendizado prático sobre os processos fisiológicos humanos e os sinais captados por sensores, transdutores e eletrodos, bem como a análise de patologias associadas e o funcionamento dos equipamentos bioelétricos (ANDRIGHETTO, 2008; RATHKE, 2008).

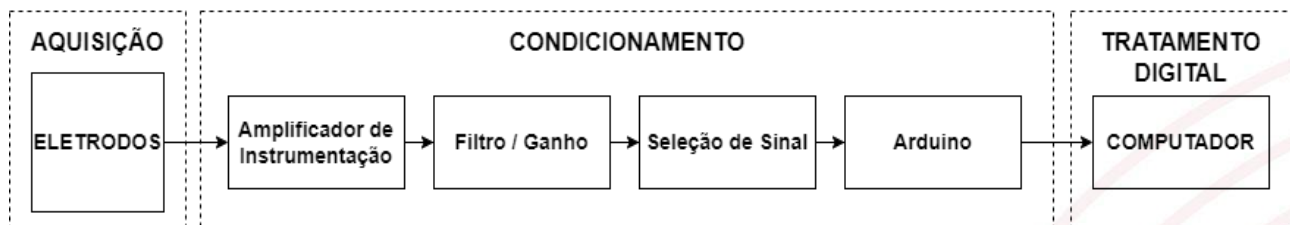
Os sinais bioelétricos são tipicamente de baixa amplitude, suscetíveis a ruídos e requerem sistemas específicos de amplificação, filtragem e processamento. Essa realidade evidencia a necessidade de soluções que combinem viabilidade econômica, escalabilidade e desempenho, a fim de torná-las acessíveis e didáticas, o que incentiva a prática experimental em um contexto educacional amplo. Nesse contexto, a plataforma Arduino tem sido reconhecida como uma ferramenta importante para fins didáticos e adequada para os objetivos do presente projeto. Dentre as suas principais características, podem-se citar: hardware de baixo custo, aprendizagem prática com características “*hands on*”, interdisciplinaridade, modularidade e compatibilidade.

Procedimentos metodológicos

O sistema desenvolvido neste trabalho é inspirado no projeto *DIY Muscle SpikerShield v2.61 SMD*, da *Backyard Brains*, e adaptado para atender às demandas

educacionais e incluir funcionalidades adicionais. Para o projeto do circuito, cada canal de aquisição foi baseado no diagrama de blocos da Figura 1, que se caracteriza por condicionar o sinal analógico aos requisitos de operação da Plataforma Arduino, tais como: tensão de excursão do sinal de 0 a 5 V e frequência de amostragem máxima de 10 kHz; para, posteriormente, convertê-lo para digital.

Figura 1 – Diagrama de Blocos do Circuito (para cada canal de aquisição).



Fonte: Autor (2024).

Para atender à esses requisitos, foram desenvolvidos filtros analógicos em configurações adequadas aos níveis de excursão do sinal, por meio de alimentação assimétrica (0 - 5V); e aos requisitos de frequência, correspondentes à um filtro passa-faixas (50 a 2500 Hertz) de segunda ordem. Todas essas condições foram avaliadas e verificadas por meio de simulações no *software* de simulação de circuitos *KiCAD EDA v8.0*. Posteriormente, o circuito foi adequadamente montado e testado, tanto em *protoboard*, quanto em placas de circuito impresso (PCI) que foram confeccionadas nas dependências do Laboratório IFMaker, com o intuito de verificação de seu funcionamento. Haja vista o resultado satisfatório, a configuração final do projeto com montagem profissional, em formato de Shield para a plataforma Arduino, foi projetada no *software EasyEDA Pro Edition*, próprio da JLC PCB (empresa escolhida para confecção das placas profissionais), que conta com a manufatura automatizada da PCI e integração de componentes SMD (menos suscetíveis a ruídos eletromagnéticos).

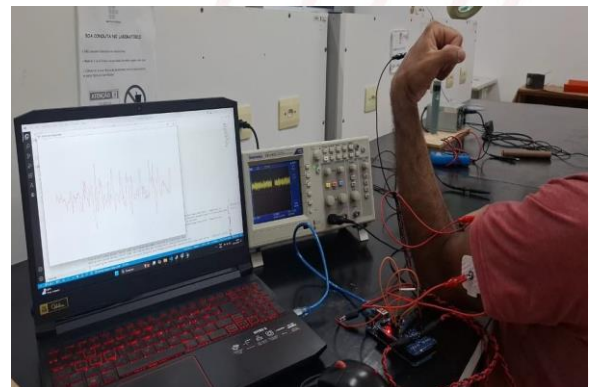
Resultados e discussões

O presente trabalho apresentou o desenvolvimento de uma placa que fosse funcional e didática, compatível com a plataforma Arduino (Figura 2a). Em linhas gerais pode-se afirmar que o objetivo principal do projeto foi atingido com sucesso pois ela apresentou uma placa *Shield* de aquisição de sinais biomédicos de dois canais para frequências de 50 a

2500 Hertz, a qual exige o mínimo do usuário em sua aplicação e que possui uma usabilidade simples e intuitiva. A placa também possibilita a implementação de novos módulos de expansão, uma vez que o sinal já condicionado está disponível nos terminais de saída de cada circuito, e disponibiliza, também, terminais de conexão com displays que utilizam interface I2C, o que possibilita novas implementações de apresentação dos sinais biomédicos.

Adicionalmente, foram desenvolvidos neste projeto roteiros de aulas práticas para análise, condicionamento, tratamento e processamento digital de sinais bioelétricos musculares (Figura 2b), o que além de promover a disseminação do ensino de neurociências para alunos do IFSC, permite o desenvolvimento de ações de extensão voltadas à escolas do ensino médio, e fomenta a pesquisa e inovação tecnológica no curso de Engenharia Elétrica do IFSC

Figura 2 – a) Modelo 3D da PCI em formato Shield (IFSC BioBox MEGA) ; b) Utilização do Shield em experimento didático de contração muscular.



Fonte: Autor (2024).

Considerações finais

Em linhas gerais, pode-se afirmar que o protótipo desenvolvido atendeu aos objetivos do projeto, e pode ser utilizado como ferramenta didática para aprimorar as aulas de Instrumentação Biomédica e o ensino de Neurociências no IFSC e escolas parceiras. Além disso, o resultado obtido permite o desenvolvimento de novos projetos integradores e pesquisas futuras, contribuindo significativamente para o ensino e avanço na área de instrumentação biomédica. Dentre essas iniciativas, destacam-se, atualmente, o

desenvolvimento de uma placa de aquisição multicanal, na disciplina de Projeto Integrador III, que permite um melhor mapeamento muscular dos sinais de EMG.

Referência ao fomento recebido

Os autores agradecem ao CNPq e ao IFSC pelo fornecimento de bolsas de pesquisa e auxílio pesquisador referentes ao desenvolvimento do projeto contemplado no Edital 02/2023/PROPPI-UNIVERSAL.

Referências

ANDRIGHETTO, EDUARDO. **Sistema De Processamento De Sinais Biomédicos: Rede Wireless Zigbee Com Aplicação Do Padrão Ieee 802154**. Dissertação (mestrado). Programa de Pós Graduação de Engenharia Elétrica, UFSC. Florianópolis, 2008.

PEREIRA, A. L.; OLIVEIRA, M. P.; VALENTE JUNIOR, W. **Hardware para aquisição e condicionamento de sinais de EEG**. In: VIII Seminário de Ensino, Pesquisa, Extensão e Inovação do IFSC, 2019, Chapecó. VIII SEPEI 2019, 2019. p. 1505 1508.

PEREIRA, A. L.; VALENTE JÚNIOR, W. **Desenvolvimento de um protótipo de eletrocardiograma (ECG) com transmissão via protocolo wireless**. In: IX Seminário de Ensino, Pesquisa, Extensão e Inovação do IFSC, 2023, Joinville. IX SEPEI 2023, 2023. v. 1.3.

PEREIRA, A. L.; FERNANDES, V. B.; VALENTE JÚNIOR, W. **Desenvolvimento de uma plataforma computacional para visualização e monitoramento de sinais biomédicos**. In : IX Seminário de Ensino, Pesquisa, Extensão e Inovação do IFSC, 2023, Joinville. IX SEPEI 2023, 2023. v. 1.4.

RATHKE, JULIANO ELESBÃO. **Sistema de processamento de sinais biomédicos: módulos didáticos de aquisição de ECG, EMG, EOG e conversão analógico digital de biosinais**. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação de Engenharia Elétrica, UFSC. Florianópolis, 2008.