

ESTUDO DE SENSORES PARA DESENVOLVIMENTO DE ÓRTESE DE MÃO

Anderson da Silva Rifan Filho¹, Maria Claudia de Castro²
^{1,2} Departamento de Engenharia Elétrica, Centro Universitário FEI
andersonrifan@outlook.com, maria.claudia@fei.edu.br

Resumo: Este trabalho apresenta o estudo de sensores e o desenvolvimento de uma plataforma para aquisição, transmissão e visualização de dados utilizando sensores de força resistivos (FSR) para uma órtese de mão, como parte do projeto MARMS, voltado para a reabilitação remota de pacientes com comprometimento motor nas mãos e punhos. O projeto aborda a linearização dos FSR, a integração de uma placa de circuito impresso (PCB) com um microcontrolador ESP32 para coleta e envio de dados e um software de visualização de dados em Python.

1. Introdução

O projeto MARMS - Manufatura Aditiva na Reabilitação de Membros Superiores busca desenvolver órteses que auxiliem na reabilitação remota de pacientes com perda de controle motor nas mãos e punhos devido a Acidente Vascular Cerebral e Lesão Medular. Um desafio central deste projeto é garantir que os sensores utilizados sejam capazes de fornecer dados precisos e confiáveis. Neste contexto, os sensores de força resistivos (FSR) foram selecionados devido à sua sensibilidade e facilidade de integração em sistemas eletrônicos [1-3]. No entanto, um dos principais obstáculos encontrados foi a não linearidade inerente desses sensores (Figura 1), o que dificulta a implementação do sistema. Para contornar esse problema, foi necessário desenvolver um circuito capaz de linearizar a resposta dos FSRs. Este trabalho descreve o desenvolvimento desse circuito, a elaboração de uma placa de circuito impresso (PCB) que integra os sensores com um microcontrolador ESP32, e o software de visualização dos dados.

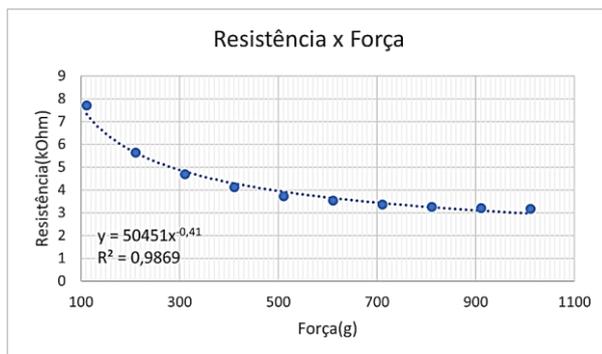


Figura 1 – Curva característica do FSR.

2. Metodologia

O circuito escolhido para linearizar os sensores FSR foi um conversor de corrente para tensão (Figura 2) [4]. Este circuito é amplamente utilizado em aplicações onde é necessário transformar uma corrente variável (como a produzida por um sensor FSR) em uma tensão que pode

ser facilmente medida por um microcontrolador. A escolha do conversor de corrente para tensão se deu pela sua capacidade de oferecer uma resposta mais linear quando comparado a outros circuitos, como divisores de tensão.

Uma PCB personalizada foi desenvolvida para integrar o circuito de condicionamento de sinal com o microcontrolador ESP32. A placa foi projetada utilizando o software FUSION e manufaturada na própria instituição (Figura 3). A PCB inclui, além dos conversores de corrente para tensão, reguladores de tensão para alimentação do sistema, conexões para múltiplos sensores (5 FSRs e 8 sensores Flex para monitoração da força e posição dos dedos, respectivamente) e conectores para comunicação com o ESP32.

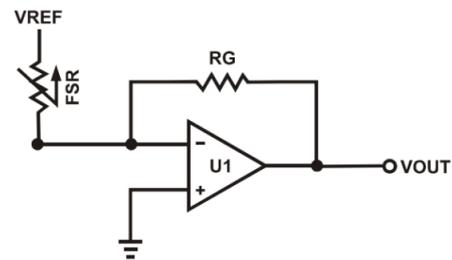


Figura 2 – Circuito conversor de corrente para tensão.

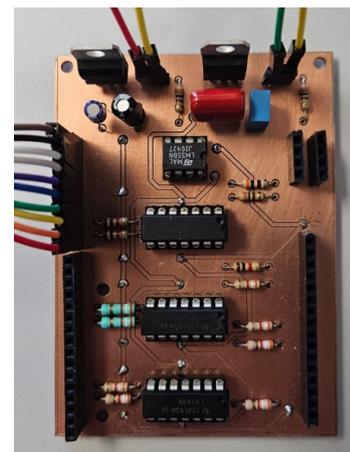


Figura 3 – PCB desenvolvida.

A calibração dos sensores FSR foi realizada utilizando um kit de pesos padronizados para aplicar forças conhecidas sobre o sensor (Figura 4). As respostas em tensão do circuito conversor foram registradas e utilizadas para obter a função característica de cada sensor, convertendo as leituras de tensão em valores de força. Esse processo foi essencial para garantir que os

dados coletados sejam precisos e confiáveis para uso em um contexto de reabilitação clínica.

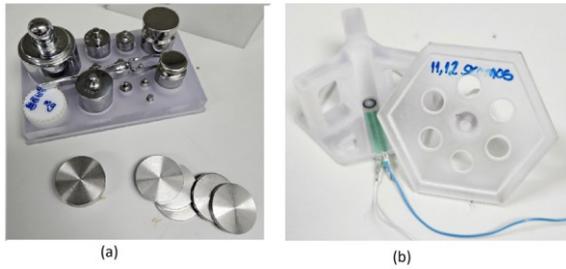


Figura 4 – Kit de pesos e suporte para o sensor.

3. Resultados

Os resultados indicaram que o circuito conversor de corrente para tensão escolhido conseguiu linearizar de maneira satisfatória a resposta dos sensores FSR (Figura 5). As curvas características geradas após a calibração mostraram uma relação quase linear entre a força aplicada e a tensão medida, com um coeficiente de determinação (R^2) superior a 0,98.

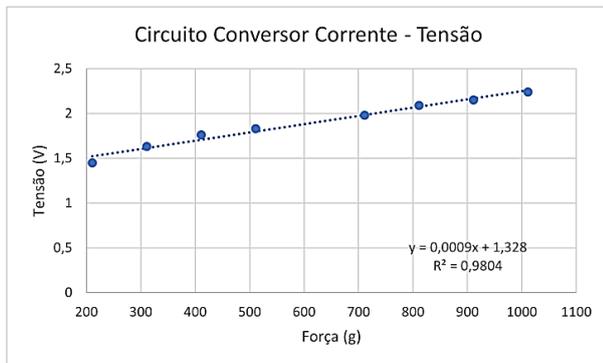


Figura 5 – Resposta do sensor FSR com o circuito.

A PCB desenvolvida funcionou conforme o esperado, permitindo a coleta e transmissão dos dados para o ESP32. A dashboard desenvolvida em Python mostrou-se eficiente na visualização em tempo real dos dados, não obstante sendo o ponto com mais potencial de aprimoramento. O conjunto final e a visualização dos dados podem ser observados nas Figuras 6 e 7.

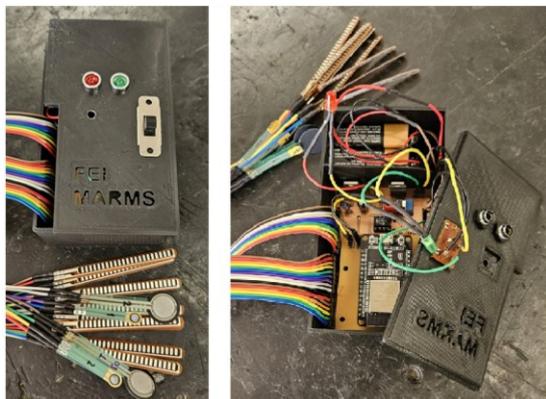


Figura 6 – Conjunto final.

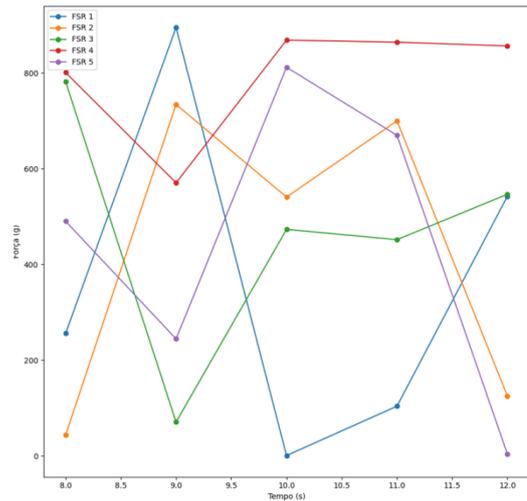


Figura 7 – Interface gráfica dos dados.

4. Conclusões

O circuito de conversão de corrente para tensão se mostrou eficaz para a linearização dos sensores FSR, um passo crucial para garantir a precisão das medições da órtese no projeto MARMS. A PCB desenvolvida integrou com sucesso os componentes necessários, proporcionando uma solução compacta e eficiente para a coleta de dados em tempo real. O software de visualização tem grande espaço para melhorias futuras. O próximo passo será testar o sistema em um ambiente clínico, avaliando sua aplicabilidade na reabilitação remota de pacientes com perda de controle motor.

5. Referências

- [1] M. C. F. Castro, A. Cliquet. A low-cost instrumented glove for monitoring forces during object manipulation. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, **5(2)** (1997) 140–147. DOI: 10.1109/86.593280.
- [2] S. Ganeson, R. Ambar, M. M. A. Jamil. Design of a low-cost instrumented glove for hand rehabilitation monitoring system. In: *2016 6th IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering (ICCSCE)*, 2016, 189–192. DOI: 10.1109/ICCSCE.2016.7893569.
- [3] E. K. Silva et al. HAND ORTHOSIS: The New Rehabilitation Mode - Órtese para avaliação quantitativa de movimentos de mão e punho. *Monografia (TCC) – Centro Universitário FEI*, São Bernardo do Campo, 2023.
- [4] Interlink Electronics. FSR Integration Guide & Evaluation Parts Catalog. 2023. [Online]. Disponível: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Pressure/fsrguide.pdf>. [Acessado: Jul. 12, 2023].

Agradecimentos

À FEI e à FINEP pelo financiamento do projeto.

¹ Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 06/2026 a 05/2024.