*Pedal Eletrónico com FSR – Projeto Final*

Pais, Jorge e Mena, João  
Licenciatura em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores  
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto  
[up201904841@edu.fe.up.pt](mailto:up201904841@edu.fe.up.pt), [up201907668@edu.fe.up.pt](mailto:up201907668@edu.fe.up.pt)

*Resumo* - Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur.

*Palavras-Chave*— FSR, calibração,

# INTRODUÇÃO

A

s resistências sensíveis à força (FSR - *Force Sensing Resistor*), são componentes resistivos que variam a resistência entre os seus terminais consoante a força que é exercida sobre estas. Estes sensores funcionam utilizando um polímero resistivo que, quando pressionado, entra em contacto com dois condutores, variando então a resistência, que diminui mediante a força aplicada sobre o sensor.

Estes tipos de sensores estão presentes em implementações de botões/teclas sensíveis á pressão e são comuns para diversas aplicações que envolvam interações humano-máquina. Algumas áreas de aplicação dos FSRs incluem periféricos para computadores, instrumentos musicais e equipamento médico. Algumas das vantagens associadas a estes sensores incluem a simplicidade de uso e custo reduzido, porém a exatidão destes é bastante reduzida, para além de este tipo de sensor ser propício a sofrer desvios na medição, sendo necessário efetuar calibração para obter resultados fiáveis.

Neste projeto final foi implementado hardware de condicionamento de sinal...

# Implementação do hardware

Para realizar o que era pretendido com o trabalho, procurámos medir a força exercida sobre uma pequena superfície. Para este efeito foi nos disponibilizado em laboratório um FSR e uma variedade de pesos para realizar a calibração. O modelo do sensor utilizado foi o *Interlink Electronics FSR 402*, que tem uma área ativa de diâmetro 12.70 mm e é sensível a forças entre 0.1 N e 10 N [1].

Como a resistência do sensor varia não apenas com a força exercida sobre este, como também depende da área e posição no sensor aonde esta força é exercida, para obtermos medições fidedignas é necessário garantir que aplicamos força sempre sobre a mesma área. Para tal, foram projetados e posteriormente impressos em 3D, através de tecnologia *Fused Filament Fabrication* utilizando um equipamento Prusa MK3s, dois pequenos discos elastómeros (Fig. 2.1) para fazer interface com a superfície do sensor, ambos com 0.50 mm de espessura e diâmetros de 10.00 mm e 12.50 mm. O material utilizado na impressão foi o TPU (poliuretano termoplástico), um filamento capaz que produzir peças flexíveis.

A picture containing diagram

Description automatically generated

Fig. 2.1. À direita, o sensor FSR 402 e à esquerda, os dois discos de interface.

O FSR sem nenhuma força aplicada é essencialmente um circuito aberto e, no limite da força exercida sobre ele, pode chegar a apenas algumas centenas de ohms. Portanto foi escolhido um circuito conversor corrente-tensão [2], juntamente com um divisor resistivo utilizando amplificadores operacionais (Fig. 2.2).

Com este circuito, começámos por criar uma referência de +6V a meio da tensão de alimentação através do divisor resistivo seguido do buffer. Esta tensão vai depois alimentar a entrada não inversora do segundo *OpAmp*, servindo de referência para o conversor. Pela relação entre a saída e a resistência do sensor (1), quando não é aplicada força sobre o sensor, a saída será de  (+6V) e quando são aplicadas forças sobre o sensor, a tensão de saída vai diminuído até chegar a 0V, ou seja, a saturação negativa do *OpAmp*.

Diagram, schematic

Description automatically generated

Fig. 2.2. Esquema do circuito de condicionamento de sinal.

Este circuito foi escolhido por duas razões. Primeiramente, como pretendíamos que este fosse alimentado por uma única fonte de alimentação, escolhemos como *OpAmp* o LM358 que é capaz de operar com apenas alimentação positiva. Porém, este circuito integrado tem a desvantagem de ter a saída limitada a cerca de , portanto ter a saída limitada entre e 0V é importante. Em segundo lugar, este circuito permite limitar a gama de forças a que o circuito responde, através da resistência de feedback , que define a ‘sensibilidade’ do circuito e a resistência mínima que o FSR pode tomar até a saída. Juntamente com os dois discos de interface, podemos então regular a gama dinâmica de forças que podemos medir.

# Implementação do software

Referências

1. Interlink Electronics, “FSR 400 Series Round Force Sensing Resistor,” FSR 402 Data Sheet, Oct. 2010
2. Interlink Electronics, “400 Series Evaluation Parts With Suggested Electrical Interfaces”, FSR Force Sensing Resistor Integration Guide and Evaluation Parts Catalog, Version 1.0