

Medição do peso ou pressão na planta do pé com FSR

Alberto Santos e Fábio Moraes, FEUP

Abstract—In this assignment, the main goal was to project and implement a weight measurement system based on FSR (Force Sensing Resistor) technology. For that, we would have to develop an electronic circuit for signal conditioning and a virtual instrument to acquire the signals from a data acquisition board. Afterwards we characterized both static and dynamic behavior of the FSR sensors to calibrate them and to have a reliable representation of the applied pressure.

Index Terms—Force sensing, FSR, Resistance-Tension conversion.

I. INTRODUÇÃO

S
ENSORES de força FSR são sensores cujo valor de resistência interna varia consoante o nível de pressão exercida. Compostos por uma fina, leve e flexível película polimérica, estes sensores tem um valor de resistência interna que decresce inversamente com o aumento da força. Idealmente este valor de resistência varia entre zero (*short circuit*) e infinito (*open loop*). A sensibilidade deste sensor é otimizada para o toque humano. Embora tendo características semelhantes mas não sendo uma célula de carga ou um extensómetro estes aparelhos de medida não são os mais adequados para medições de precisão pois a variabilidade entre medições é elevada.

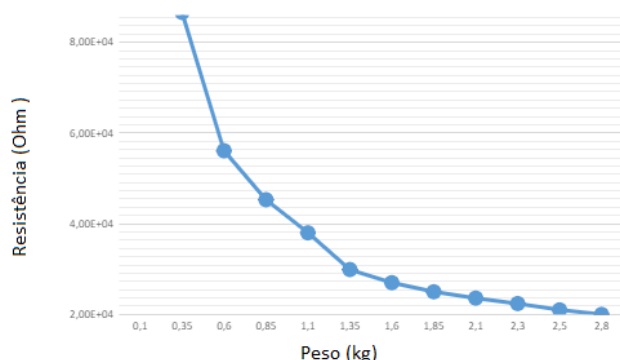


Ilustração 1 - Resistência vs. Peso

O gráfico anterior ilustra a curva resistência-peso obtida experimentalmente em laboratório. Foram colocados diversos pesos de modo a obter uma caracterização adequada e completa do sistema de medição. Sem pressão tivemos um

valor de resistência na ordem dos Mega Ohms, sendo que o ultímetro apresentou o seu valor máximo de 40MΩ. Reparámos também que o peso mínimo de deteção rondava os cerca de 250g sendo que a resistência assumia logo o patamar de alguns kΩ.

II. PROCEDIMENTOS

Depois desta caracterização estar feita foi necessário passar à fase do projeto do circuito.

Decidimos utilizar um divisor resistivo para poder ter uma queda de tensão correspondente a cada patamar de peso e através de um amplificador comparador foi possível desenvolver um sistema que tem uma gama dinâmica de medições compreendido entre -10V e 10V consoante vai tendo mais peso a ser aplicado. Foi utilizado ainda à saída um filtro passa baixo para reduzir ruído eletromagnético induzido pelas lâmpadas e equipamentos circundantes.

$$f_c = \frac{1}{2 * \pi * R * C} = \frac{1}{2 * \pi * 22k * 10\mu} = 0,72Hz$$

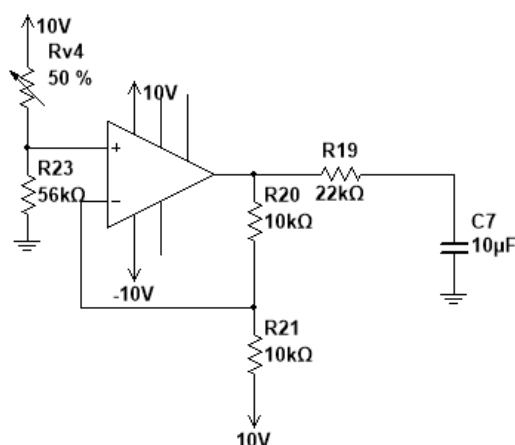


Ilustração 2 - Circuito de aquisição

A tensão do pino + é dada pela seguinte expressão:

$$V^+ = \frac{R}{R + R_v}$$

Para o caso de não haver peso aplicado, R_v (resistência

variável) é equivalente a um circuito aberto pelo que:

$$V^+ = \frac{R}{\infty} * V_{cc} = 0V$$

Sendo 0V menor que os 5V aplicados no pino menos, o amplificador satura à tensão de alimentação inferior de -10V.

Avaliando para o outro caso extremo, quando a força aplicada é máxima, a resistência variável é assumida como um curto-circuito ou seja:

$$V^+ = \frac{R}{R + 0} * V_{cc} = V_{cc}$$

Será aplicada a tensão fixa de Vcc 10V ao pino mais que irá comparar com a tensão fixa do outro divisor resistivo de 5V e por isso apresentará na saída o valor de tensão correspondente à tensão de alimentação superior de 10V.

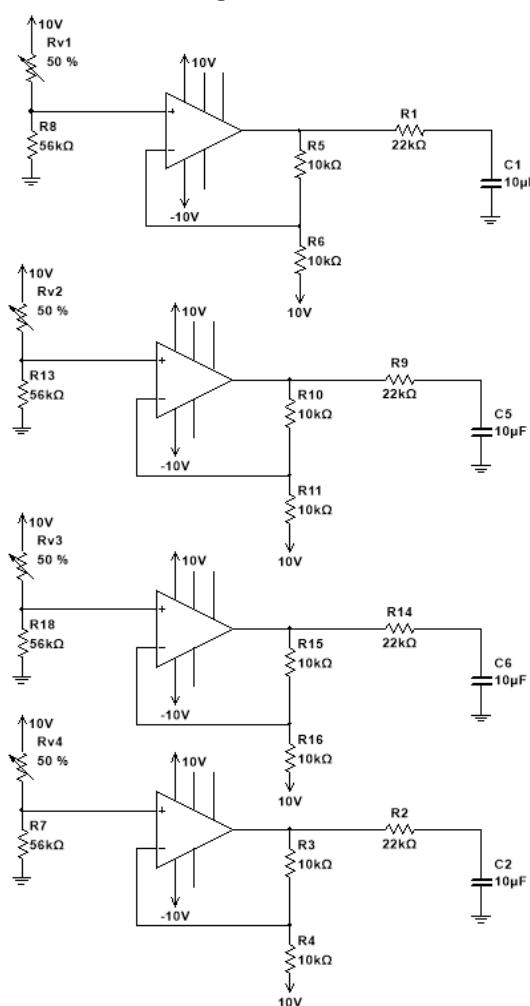


Ilustração 3 - Circuito final para os 4 sensores

Depois de montado e implementado para os 4 sensores de peso passamos à fase de testes de medição. Colocou-se vários pesos sob um dos sensores com o objetivo de determinar o valor de tensão de saída correspondente.

Paralelamente começou a ser desenvolvido o instrumento virtual na plataforma Labview.

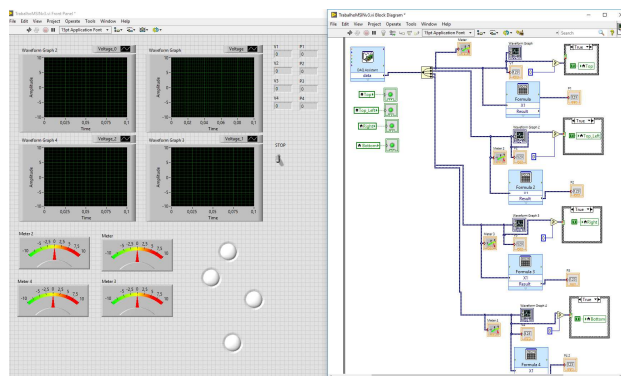


Ilustração 4 - Instrumento virtual

Através de 4 mostradores gráficos, 4 mostradores de escala, 4 mostradores numéricos e uma representação por LEDs dos sensores pressionados é possível determinar em tempo real a tensão aplicada.

Para isso começou-se por fazer medições sucessivas com o multímetro e com o Labview, as quais podem ser vistas na seguinte tabela:

Peso (kg)	Labview (V)	Multímetro (V)
0	-6.41	-6.44
0.25	-5.11	-5.05
0.5	-0.25	-0.17
0.75	1.65	1.64
1	2.51	2.45
1.25	2.87	2.87
1.5	3.44	3.4
1.75	3.91	3.9
2	4.04	4.04
2.4	4.43	4.4
2.95	4.7	4.7
3.2	4.9	4.97

Desde já podemos notar algumas ligeiras diferenças entre os valores apresentados pelo computador e pelo multímetro que feitas as contas desviam-se em 0,2%.

Depois de retirada esta tabela, é possível logo traçar um gráfico de Peso-Tensão:

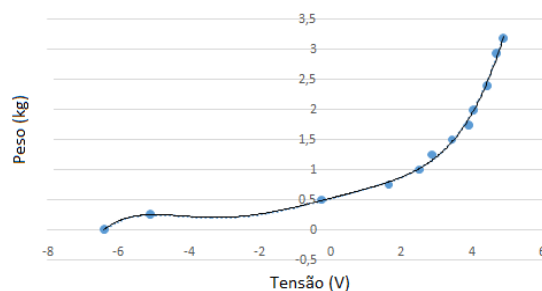


Ilustração 5 - Tensão vs. Peso

Seguidamente e com recurso a uma folha de cálculo foi possível obter uma aproximação polinomial de ordem 5:

$$y = 0,000x^5 + 0,002x^4 - 0,001x^3 + 0,003x^2 + 0,152x + 0,525$$

Em que y representa o valor de tensão e x o peso que foi aplicado.

Colocando esta fórmula no *block diagram* do Labview conseguimos em tempo real, colocar um peso no sensor e obter o peso correspondente.

III. CONCLUSÕES

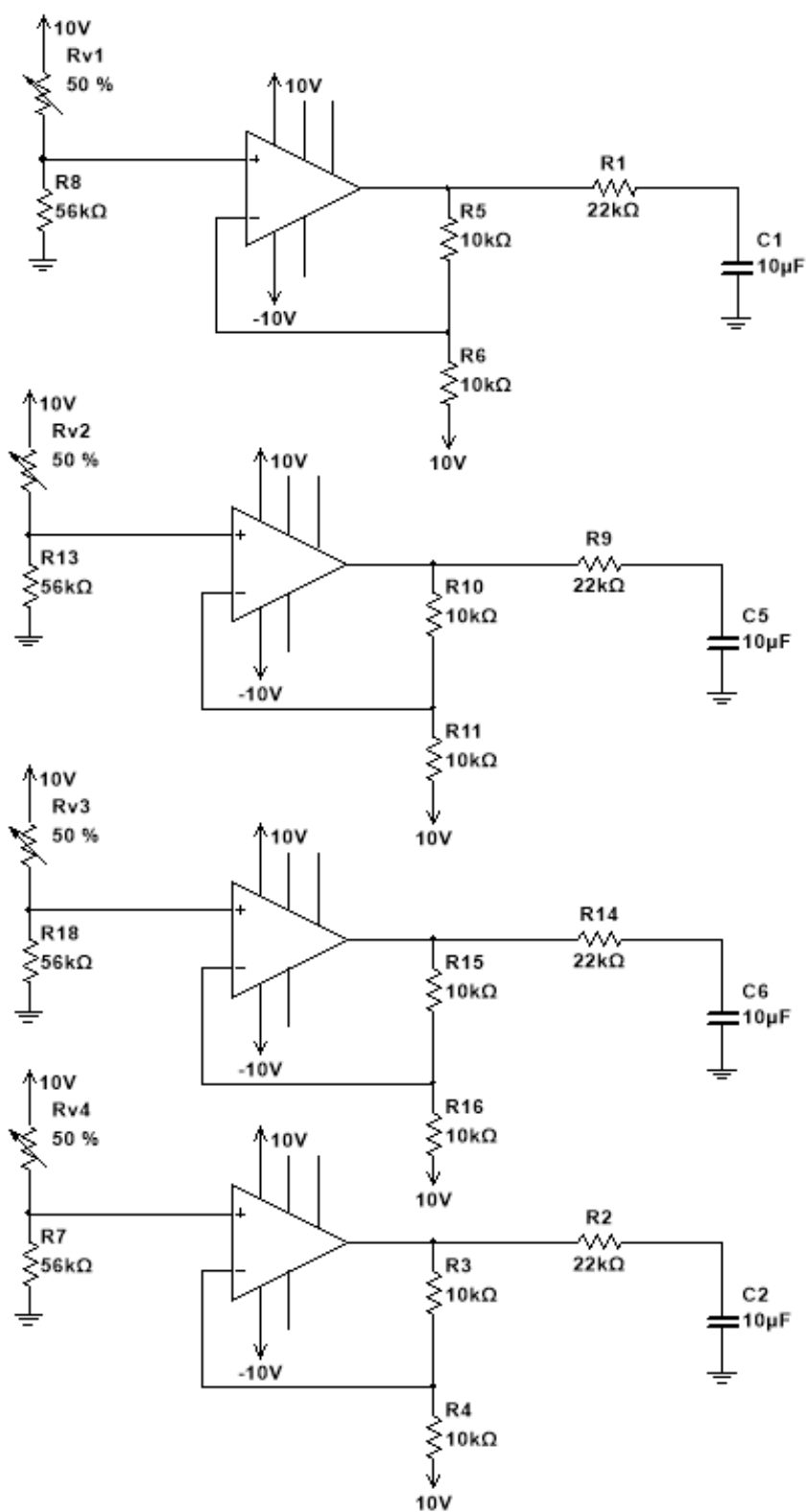
Apesar do sistema, conforme foi projetado, funcionar teoricamente a 100%, na prática não é o que se verifica pois é necessária uma enorme perícia mecânica para colocar os pesos sempre na mesma posição para que o peso seja distribuído uniformemente pelo sensor. Ora, tentámos por sugestão do professor Diamantino, criar duas peças para servir de apoio: uma feita na oficina do DEEC em madeira e outra, uma peça plástica com uns pezinhos de borracha. O que acontece é que, mesmo assim, não se verificou significativa melhoria no que toca à repetibilidade e fiabilidade da medida do sensor entre medições. Fora, problemas mecânicos, que consideramos não ser o foco pertinente deste trabalho, com o resto dos desafios foi possível com este sistema trabalhar conhecimentos aprendidos durante todo o ano, desde a fase da projeção até à fase da concepção e que permitiu consolidar conhecimentos e dar um bocado a introdução ao mundo que é a investigação.

IV. REFERÊNCIAS

- [1] Aurélio Campilho, Instrumentação Electrónica. Métodos e Técnicas de Medição, 2013
- [2] Jacob Millman, Arvin Grabel, Microelectronics, 1998
- [3] Interlink Electronics, 17/12/2018
- [4] Slides sobre sensores resistivos, disponíveis em: https://moodle.up.pt/pluginfile.php/64738/mod_resource/content/3/msin2018-sensors.pdf

Anexo 1

Circuito eléctrico implementado



Anexo 2

Diagrama de blocos em Labview

