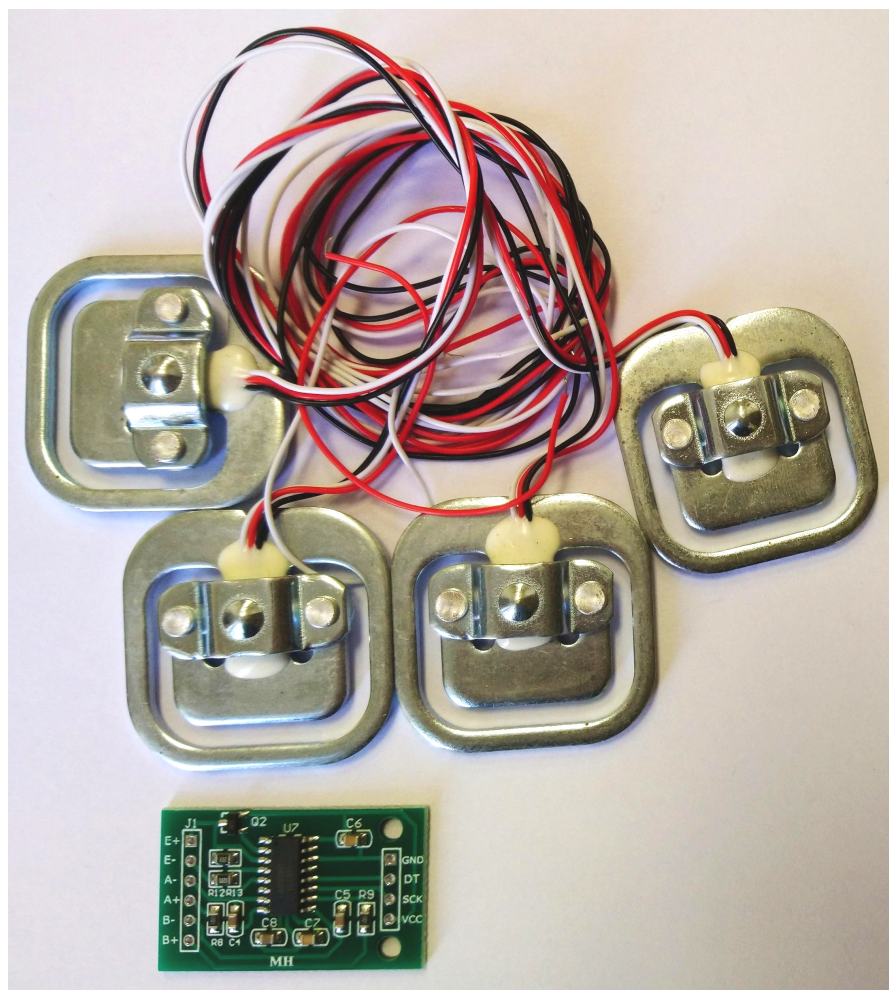


## Vežba 5: Senzori za merenje mase, sile i pritiska

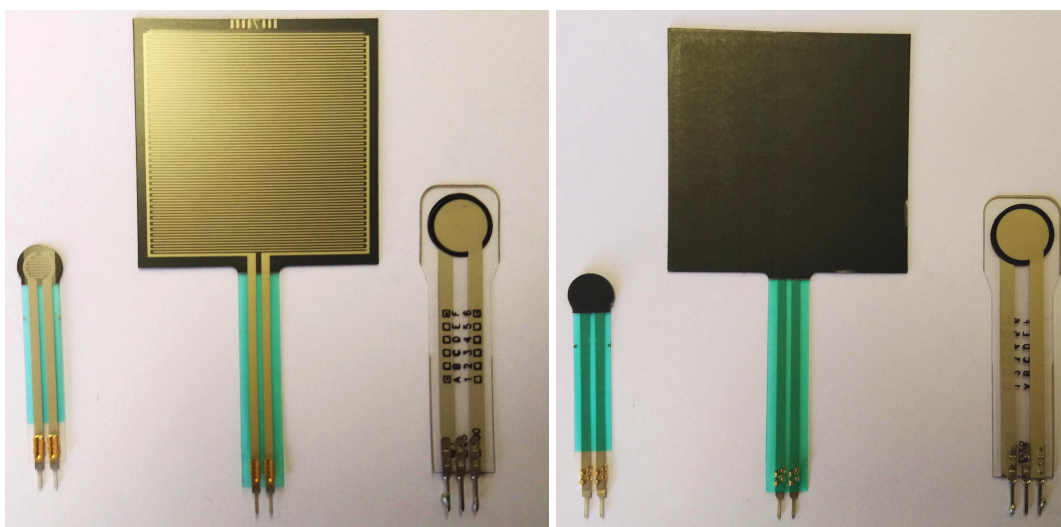
### Cilj vežbe

Cilj laboratorijske vežbe je da studenti i studentkinje realizuju merenje mase primenom mernog mosta sa mernim jedinicama (eng. *load cell*) na kojima su postavljene merne trake (Sl. 1). Ovo uputstvo je delimično sastavljeno po ugledu na uputstvo [50 kg Load Cells with HX711 and Arduino. 4x, 2x, 1x Diagrams](#) čiji je autor [Indrek Luuk](#). Drugi deo vežbe uključuje snimanje karakteristike FSR (eng. *Force Sensing Resistor*) senzora (zavisnost otpornosti FSR senzora od mase), kao i prikaz zavisnosti sile i pritiska u odnosu na izmerenu otpornost FSR senzora. Primer FSR senzora je dat na Sl. 2.



Slika 1: Merne trake koje su postavljene u četiri merne jedinice tj. senzora mase koji mogu da mere do 50 kg. Na slici je prikazan i HX711AD modul koji se koristi za merenje sile (uputstvo je dostupno na <https://www.digikey.com/htmldatasheets/production/1836471/0/0/1/hx711.html>). Fotografisano u laboratoriji 69 na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu.

Potrebno je realizovati merenje signala sa senzora mase tj. sa dve merne jedinice (Sl. 1) primenom UNO mikrokontrolerske pločice tako da se omogući ispis mase u gramima na serijskom portu.



**Slika 2: FSR (eng. *Force Sensing Resistor*) senzori. Fotografisano u laboratoriji 69 na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu. Na levom panelu je prikazan pogled na kontakte, a na desnom panelu je prikazan pogled na suprotnu stranu senzora sa ugljeničnim slojem.**

## Oprema

Oprema koja se koristi u realizaciji ove vežbe je:

1. računar sa instaliranim Arduino i Pajton programima,
2. dve merne jedinice sa SI. 1 i jedan HX711AD modul,
3. UNO mikrokontrolerska pločica,
4. FSR senzori,
5. elektronska vaga,
6. otpornici različitih otpornosti,
7. protobord i
8. kratkospojnice.

## Zadaci za rad

Potrebno je uraditi sledeće zadatke<sup>1</sup>:

- 1) Povezati merne trake tako da se omogući merenje primeno UNO mikrokontrolerske pločice
- 2) Instalirati [Arduino biblioteku](#). Nakon preuzimanja .ZIP fajla, u Arduino programu uvesti biblioteku pomoću *Sketch -> Include Library -> Add .ZIP Library*
- 3) Pokrenuti test primer *Calibration (File -> Examples -> HX711\_ADC)*. Izvršiti kalibraciju senzora prateći uputstvo sa serijskog monitora. Obratiti pažnju na postavku parametra koji određuje brzinu prenosa tj. *baud rate* serijskog porta.
- 4) Potom, razvezati prethodnu postavku i povezati FSR sa otpornikom u naponski razdelnik sa otpornikom od 100 k $\Omega$  i omogućiti da se na Arduino serijskom portu ispisuje otpornost FSR senzora
- 5) Za minimum 5 tačaka izmeriti (pojedinačna merenja) otpornost FSR senzora i masu elektronske vage i potom u Pajtonu nacrtati zavisnost otpornosti FSR senzora od mase, sile i pritiska. Objasniti koje su formule korišćene za silu i pritisak dežurnom.

<sup>1</sup> Nakon svakog zadatka pozvati dežurnog/dežurnu da proveri kako je povezano kolo i da li su dobijeni odgovarajući rezultati.

- 6) Kako bi ste za pojedinačna merenja otpornosti primenom UNO mikrokontrolerske pločice izračunali mernu nesigurnost tipa B?
- 7) Odgovoriti na pitanja dežurnog/dežurne<sup>2</sup>.

### Preporučena literatura

1. Miljković, Nadica. (2016). Metode i instrumentacija za električna merenja. Beograd, Srbija: Univerzitet u Beogradu - Elektrotehnički fakultet. <http://doi.org/10.5281/zenodo.1335250>
2. Popović B, Dejan. (2014). Medicinska instrumentacija i merenja. Beograd, Srbija: Akademski misao.
3. Pejović, Predrag. (2016). Princip rada i primena osciloskopa. PRINCIP RADA I PRIMENA OSCILOSKOPA — priručnik za rad u laboratoriji —. Beograd: Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu. <http://doi.org/10.5281/zenodo.1311555>
4. Malvade, Payal S., Atul K. Joshi, and Swati P. Madhe. "IoT based monitoring of foot pressure using FSR sensor." In *2017 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP)*, pp. 0635-0639. IEEE, 2017. doi: [10.1109/ICCSP.2017.8286435](https://doi.org/10.1109/ICCSP.2017.8286435)
5. Rana, N. K. "Application of force sensing resistor (FSR) in design of pressure scanning system for plantar pressure measurement." In *2009 Second International Conference on Computer and Electrical Engineering*, vol. 2, pp. 678-685. IEEE, 2009. doi: [10.1109/ICCEE.2009.234](https://doi.org/10.1109/ICCEE.2009.234)
6. Indrek, Luuk. [50 kg Load Cells with HX711 and Arduino. 4x, 2x, 1x Diagrams](#)

---

<sup>2</sup> Primer pitanja: 1) Šta je histerezis i kako bi se procenio - predložiti merni eksperiment? 2) Šta je potrebno da se napravi sistem koji omogućava merenje raspodele težine ispitanika u ležećem položaju i zašto je to od značaja kod pacijenata koji imaju povredu kičmene moždine?