

Karakterizacija sistema za merjenje koncentracije  
trdnih delcev v zraku s tipalom Sharp  
GP2Y1010AU0F

Žiga Patačko Koderman      Klemen Bučar

6. september 2018

## Kazalo

<b>1</b>	<b>Uvod</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Tipalo Sharp GP2Y1010AU0F</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Nadgradnja</b>	<b>7</b>
3.1	Neenakomerno vzorčenje . . . . .	7
3.2	Velikost vzorca . . . . .	7
3.3	Svetlobne motnje iz okolice . . . . .	8
3.4	Določanje pravega vrha . . . . .	8
3.5	Meritve v vakuumu . . . . .	8
3.6	Nadgradnja analize podatkov . . . . .	9
3.6.1	Knjižnica za obdelavo podatkov . . . . .	9
3.6.2	Histogramska analiza . . . . .	9
3.7	Zaključek . . . . .	11
<b>A</b>	<b>Izvorna koda</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>Literatura</b>	<b>13</b>

# 1 Uvod

Cilj projekta je razviti cenovno ugoden sistem za opravljanje meritev koncentracije trdnih delcev v zraku ter oceniti njegovo negotovost. Za ta namen je bilo izbrano tipalo GP2Y1010AU0F podjetja Sharp [3]. To je optični senzor, ki za delovanje izkorišča odvisnost med količino sipane svetlobe pri potovanju skozi medij in koncentracijo delcev.

prvo  
stran  
moram  
še do-  
koncati

vsem  
grafom  
moram  
dodati  
enote in  
jih spre-  
meniti v  
pdf

Izbran  
je bil  
ta in ta  
senzor  
zato in  
zato...

vec te-  
ksta, kaj  
vse je  
poleg  
senzorja  
bilo  
upo-  
rabljeno

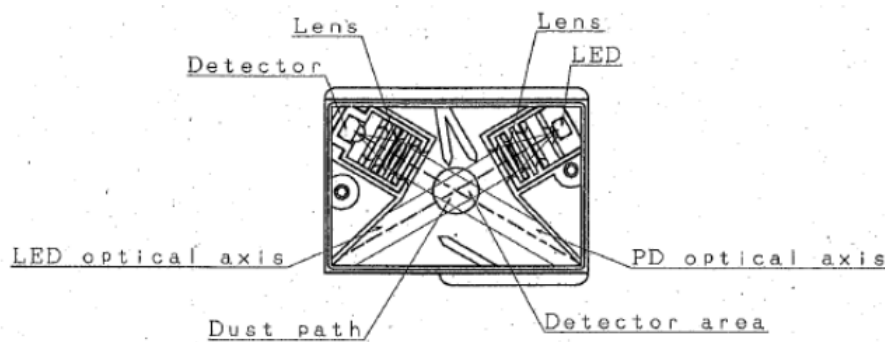
ena  
slikca  
setupa

kaj je  
bilo ze,  
kaj je  
moj del

## 2 Tipalo Sharp GP2Y1010AU0F

Tipalo Sharp GP2Y1010AU0F [3] sestavljata infrardeča LED, ki v pulzih emitira IR svetlobo, ter fototranzistor za detekcijo sipane svetlobe. Oba sta zaprta v ohišje in postavljena v kota ob isti stranici tako, da svetloba iz diode ne prehaja neposredno na fototranzistor (slika 1). Meritev opravimo tako, da LED vklopimo s kratkim pulzom preko RC vezja ter opazujemo odziv fototranzistorja, ki je posledica:

- odboja svetlobe od notranjih sten ohišja in
- sipanja svetlobe pri potovanju skozi medij.



Slika 1: Skica tipala GP2Y1010AU0F

Proizvajalec tipala priporoča, naj za proženje IR LED uporabimo RC vezje z  $220\ \mu\text{f}$  kondenzatorjem in  $150\ \Omega$  uporom [3]. Karakteristični čas takega vezja je

$$\tau = RC = 0,033\ \text{s}$$

Po vsakem pulzu LED moramo vezje spet napolniti, za kar porabimo nekaj karakterističnih časov. Predpostavimo, da trije karakteristični časi zadostujejo.

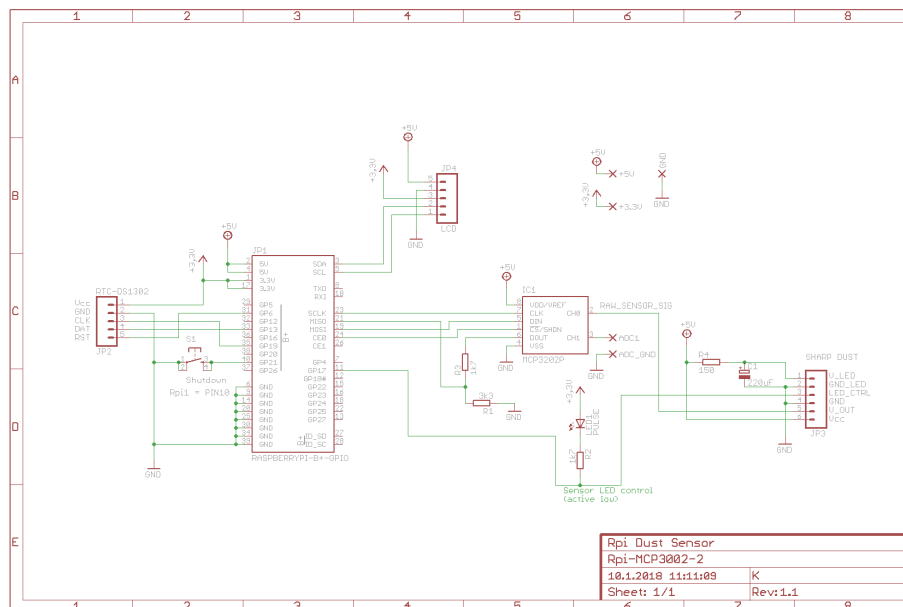
$$\nu = \frac{1}{t_0} \approx \frac{1}{3\tau} = 10\ \text{Hz}$$

Meritve lahko torej opravljamo s frekvenco največ 10 Hz. Vsakokrat opazujemo odziv fototranzistorja. To je napetostni impulz, ki ga vzorčimo z 10-bitnim ADC (ang. *analog to digital*) pretvornikom MCP3002 [4], in dobimo njegovo digitalno obliko.

Celoten proces, ki zajema:

- krmiljenje infrardeče LED,

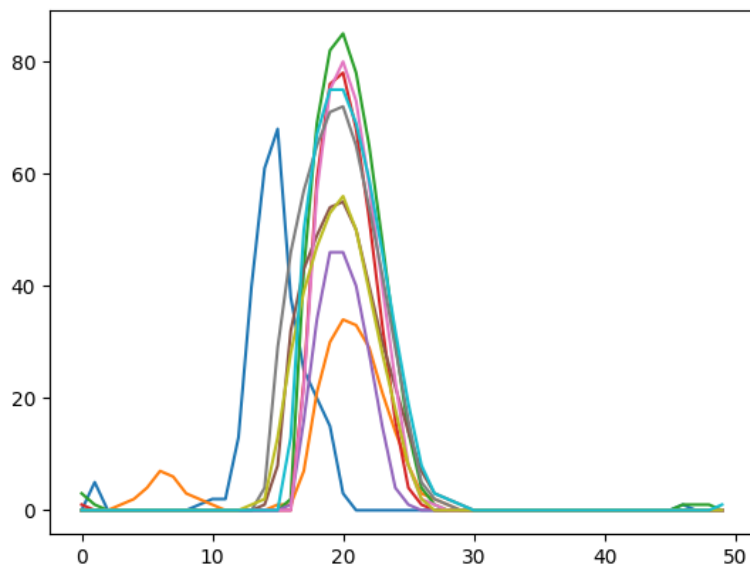
- branje pretvorjenega signala,
  - komunikacijo z RTC (ang. *real time clock*) modulom in
  - shranjevanje meritev,
- krmili mikroračunalnik Raspberry Pi [6].



Slika 2: Shema vezja

Prebrani pulz vzorčimo s frekvenco  $\approx 35,7$  kHz (kolikor zmore Raspberry Pi) ter ga shranimo kot množico 50 točk, v tabelo znotraj HDF5 datoteke [2].

Proizvajalec priporoča, da napetost na fototranzistorju odčitamo 0,28 ms po vklopu LED. Kljub temu naš sistem zajema odziv fototranzistorja 1,4 ms od vklopa LED. Čas 0,28 ms sovпада z vrhovi izmerjenih pulzov, tako da predvidevamo, da v resnici iščemo vrh pulza.



Slika 3: Primer 10 odzivov fototranzistorja

S slike 3 je razvidno, da vzorci pulzov med seboj niso preveč podobni. Vrhovi so zelo razpršeni in odstopajo za  $\approx \pm 40\%$ .

Meritve primerjamo tudi z meritvami, opravljenimi z referenčnim tipalom Grimm Mini-LAS 11-R [1]. Korelacijo med višinami izmerjenih vrhov in podatki tipala Grimm opazimo šele po zelo obsežnem povprečenju nekaj 1000 vrhov, še ta pa ostaja manjša od negotovosti meritve.

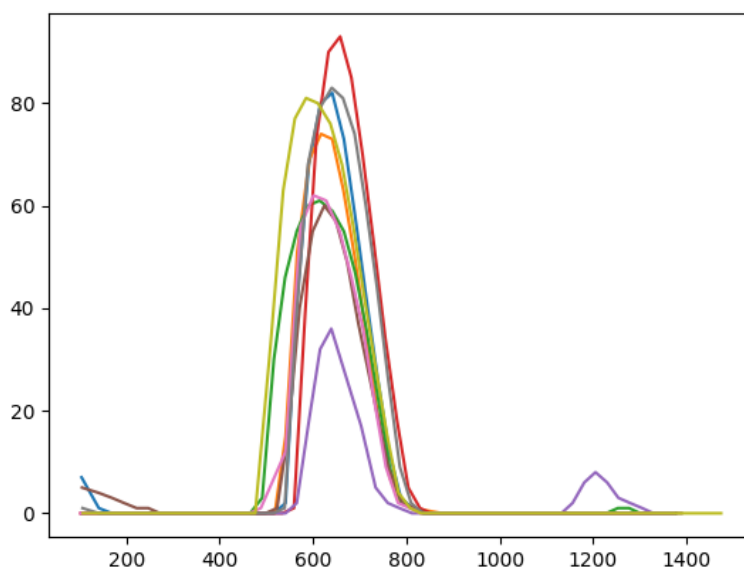
### 3 Nadgradnja

Zaradi neuporabnosti obstoječih meritev se odločimo za sistematično analizo in nadgradnjo obstoječega sistema za zajem in analizo vzorcev.

#### 3.1 Neenakomerno vzorčenje

Zaradi variabilne obremenitve procesorja na krmilniku Raspberry Pi dobi proces za zajemanje meritve spremenljivo količino procesorskega časa. Točk na pulzu torej ne odčitavamo z enakomerno frekvenco. Odstopanja odpravimo tako, da vsaki točki dodamo časovno štampljko .

mogoče  
rajsi  
oznako?



Slika 4: Pulzi po časovni poravnani izmerjenih točk

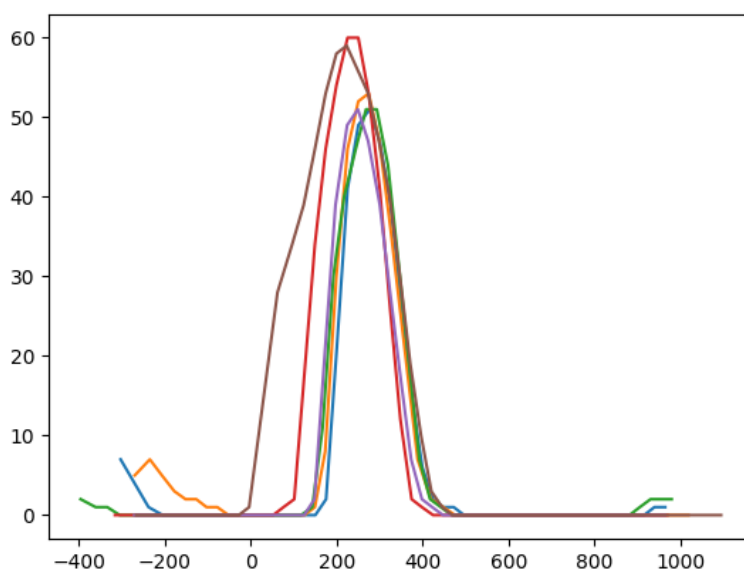
Ko točke poravnamo relativno na čas vžiga LED, opazimo precej lepšo poravnavo vrhov (slika 4).

#### 3.2 Velikost vzorca

Pri opravljanju meritve ne poznamo natančnega pretoka zraka skozi tipalo. Zanašamo se na konvekcijsko gibanje zraka. Da preverimo, ali to zadostuje za potrebe meritve, pretok prisilno povečamo z ventilatorjem ter opazujemo morebitne spremembe. Ne opazimo nobenih sprememb ter sklepamo, da je konvekcijski pretok zraka dovoljšen.

### 3.3 Svetlobne motnje iz okolice

Ohišje tipala je odprto, da lahko skozenj teče zrak. To pa fototranzistor v tipalu izpostavi zunanjim svetlobnim virom. Ti lahko na meritve vplivajo v obliki šuma ali sistematične napake (na primer razlika med dnevom in nočjo). To preverimo s postavitvijo tipala v popolno temo. Opazimo, da so vrhovi pulzov poravnani bistveno bolje (slika 5). Meritve od tu naprej opravljamo v temi.



Slika 5: Pulzi, izmerjeni v temi

### 3.4 Določanje pravega vrha

Do zdaj smo pri zajemanju podatkov za vrh pulza vzeli kar najvišjo izmerjeno točko. Ta pa zaradi premajhne frekvence vzorčenja nikoli ne sovпада popolnoma s pravim vrhom. Napako odpravimo z napanjanjem parabole na najvišjih nekaj točk. Vsak pulz zajema približno med 10 in 20 točk, tako da se odločimo za napanjanje parabole na najvišjih 7.

### 3.5 Meritve v vakuumu

Navkljub vsem izboljšavam meritve ostajajo polne šuma. Da bi to kvantificirali, postavimo tipalo v vakuum ter popolno temo. S tem želimo odstraniti vse zunanje dejavnike ter izmeriti izključno odboj svetlobe od ohišja.



Napaka meritve v tem primeru prihaja iz negotovosti pri odčitavanju ter neenakomernih pulzov LED.

Razlike med meritvami na prostem in v  $15\text{mbar}$  vakuumu ne zaznamo. Sklepamo, da potrebujemo še nižji pritisk.

slika  
iz va-  
kuuma  
mogoče?

### 3.6 Nadgradnja analize podatkov

Analiza podatkov poteka na ločenem računalniku in ni del naprave za opravljanje meritev. Obstoječi sistem za obdelavo meritev povpreči višine vrhov pulzov v želenem časovnem obdobju (nekaj 10 minut). Rezultate skupaj z meritvami, opravljenimi z merilnikom Grimm mini-LAS, nariše na graf. Posebne korelacije ne opazimo. Da bi to kvantificirali, korelacijo tudi izračunamo. Ta je majhna - za večino en dan trajajočih meritev je njena vrednost pod 0,5, kar ni uporabno.

manka  
vir iz  
knjige  
k je na  
IJS-ju

#### 3.6.1 Knjižnica za obdelavo podatkov

Za hitrejšo in lažjo analizo podatkov je bilo več manjših programov združenih v Python knjižnico po imenu [Analysis](#). Ta je zelo prilagodljiva in uporabniku omogoča nalaganje podatkov o pulzih iz hdf5 [2] datotek in risanje grafov s samo nekaj ukazi.

Obdelava velike količine podatkov (včasih tudi za več dni) je zelo dolgotrajna. Knjižnica [Analysis](#) je zato optimizirana z uporabo knjižnice [NumPy](#) za hitrejše računanje. Da bi prihranili še več časa, je obdelava podatkov razbita na dva dela:

- predpripravo podatkov (iskanje vrha pulzov, povprečenje na želenem intervalu, izločanje neuporabnih pulzov itd.) ter
- analizo (risanje grafov, histogramov ter računanje korelacij).

Predpriprava podatkov ostaja večinoma nespremenjena, zato je podatke po prvem delu smiselno shraniti na disk. V našem primeru knjižnica shrani podatke v formatu json [5]. Analiza že predpripravljenih podatkov pa se pogosto spreminja oz. izpopolnjuje. Uporabnik lahko prvi del poganja samo, kadar je to zares nujno potrebno, potem pa pri analizi že pripravljene podatke preprosto nalaga z diska.

#### 3.6.2 Histogramska analiza

Odziv fototranzistorja na pulz LED ni odvisen samo od gostote trdnih delcev v zraku. Velikost delca igra veliko vlogo. Višina pulza je verjetneje povezana z velikostjo zaznanih delcev kot z gostoto delcev v zraku. To pomeni, da lahko preštajemo pulze različnih višin znotraj določenega intervala in jih primerjamo z meritvami različno velikih delcev referenčnega tipala.

Program šteje pulze v spreminjajočem se intervalu ter jih primerja z meritvami različno velikih delcev. Tako poišče intervale, ki najbolj ustrezajo posameznim velikostim delcev iz meritev referenčnega tipala. Rezultati so razvidni iz tabele 1.

$\phi_0$ [°]	$a_{max}$ [g]	$P_{max}$ [kW]
4.55	8.60	354.73
4.75	6.53	475.41
4.95	7.74	645.25
5.12	9.96	789.47

mogoče  
snippet  
kode  
tukaj?

Tabela 1: Ime te tabele se manka ker ne vem kaj napisat ker tabele se nimam ampak se bom že spomnil kaj sem delal

Višji pulzi bolje korelirajo z gostoto manjših delcev, nižji pulzi pa obratno. Korelacije, ki se gibljejo okoli 0,9, so zadovoljive in potrjujejo tezo, da velikost delca v veliki meri vpliva na višino izmerjenega pulza.

vnesi  
pravo  
tabelo

tabela  
se računa  
že en dan,  
tako da  
bom počakal  
da jo  
najprej  
vidim in  
potem  
poko-  
mentiram

### 3.7 Zaključek

zaključek  
(povza-  
mem  
uvod,  
napisem  
kaj bi še  
lahko  
naredil)

## Dodatek A Izvorna koda

potrebujem  
izvorno  
kodo  
kot  
prilogo?

## 4 Literatura

- [1] Grimm. *Grimm Portable Laser Aerosol Spectrometer*. URL: [http://wiki.grimm-aerosol.de/images/b/b8/D\\_E\\_11-E\\_Mini-LAS\\_rev1p1.pdf](http://wiki.grimm-aerosol.de/images/b/b8/D_E_11-E_Mini-LAS_rev1p1.pdf) (pridobljeno 2018).
- [2] HDF Group. *HDF5 File Format*. URL: <https://support.hdfgroup.org/HDF5/doc1.8/H5.intro.html> (pridobljeno 2018).
- [3] Sharp. *GP2Y1010AU0F Application Note*. URL: [http://www.sharp-world.com/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp2y1010au\\_appl\\_e.pdf](http://www.sharp-world.com/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp2y1010au_appl_e.pdf) (pridobljeno 2018).
- [4] Microchip Technology. *MCP3002*. URL: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21294E.pdf> (pridobljeno 2018).
- [5] The Free Encyclopedia Wikipedia. *JSON*. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/JSON> (pridobljeno 2018).
- [6] The Free Encyclopedia Wikipedia. *Raspberry Pi*. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry\\_Pi](https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi) (pridobljeno 2018).