

**»Mladi za napredek Maribora 2017«  
34. srečanje**

# **STABILIZATOR KAMERE**

Raziskovalno področje: Elektrotehnika, elektronika

Raziskovalna naloga

PROSTOR ZA NALEPKO

Avtor: ROK DOLENC, ALJAŽ ROŽIČ  
Mentor: MILAN IVIČ  
Šola: SREDNJA ELEKTRO-RAČUNALNIŠKA ŠOLA MARIBOR

**Maribor, januar 2017**

## Kazalo vsebine

Kazalo slik .....	2
1 POVZETEK.....	3
2 UVOD.....	3
3 VSEBINSKI DEL .....	4
3.1 Arduino Uno.....	4
3.2 Girooskop MPU6050 .....	5
3.3 Gimbal motor .....	6
3.4 Krmilnik motorjev .....	6
3.5 Ogrodje.....	9
3.6 Programiranje .....	11
4 ZAKLJUČEK .....	12
5 DRUŽBENA ODGOVORNOST .....	12
6 VIRI .....	13

## Kazalo slik

Slika 1: Razvojna ploščica arduino Uno (vir: <a href="http://arduino.org">arduino.org</a> ) .....	4
Slika 2 : Girooskop MPU6050 (vir: <a href="http://www.haoyuelectronics.com">www.haoyuelectronics.com</a> ) .....	5
Slika 3: Gimbal motor (vir: <a href="http://hobbyking.com">hobbyking.com</a> ) .....	6
Slika 4: Shema vezja (vir: Avtor naloge) .....	8
Slika 5 Tiskanina (vir: Avtor naloge) .....	8
Slika 6: Tiskanina pripravljena na rezkanje (vir: Avtor naloge) .....	9
Slika 7: Delovno okolje (Vir: Avtor naloge).....	10
Slika 8: Ogrodje stabilizatorja kamere(Vir: Avtor naloge ).....	10
Slika 9: Preizkušanje giroskopa (vir: Avtor naloge).....	11
Slika 10 Nastavljanje PID regulacije (vri: Avtor naloge) .....	12

# 1 POVZETEK

V letošnjem šolskem letu, smo se odločili, da bomo izdelali stabilizator kamere. Stabilizator ima stabilizacijo treh osi (X, Y in Z). Za osnovo oziroma krmilje, smo uporabili Arduino Uno razvojno ploščico. Za pomike posameznih osi, smo uporabili tako imenovane gimbal brezkrtačne elektro motorje, ki se uporabljajo za ta namen. Za prepoznavanje položaja kamere smo uporabili girooskop, saj s pomočjo njega ugotavljamo položaj kamere in na podlagi tega stabiliziramo kamero. Namen te raziskovalne naloge je bil narediti uporaben stabilizator za kamero do 2 kilogramov mase. Stabilizator je namenjen stabiliziranju kamere pri slikanju ozirom snemanju filmov in slik.

# 2 UVOD

Namen te raziskovalne naloge je narediti nek uporaben izdelek in raziskati ter spoznati osnove delovanja stabilizatorja kamere. Stabilizator kamere je uporabna naprava, ki stabilizira kamero in posnetek za lažje gledanje. Cilj je ustvariti stabilizator kamere z namenskimi gimbal motorji, ki lahko stabilizirajo kamero do mase 2 kg. Želimo spoznati princip stabiliziranja in seveda posamezne komponente kot so gimbal motorji in girooskop. Giroskopi so se uporabljali že v 17. stoletju, zato je zanimivo raziskati delovanje, ki so ga že pred 200 leti odkrili in se še danes uporablja, med drugim tudi v tej raziskovalni nalogi.

## 3 VSEBINSKI DEL

### 3.1 Arduino Uno



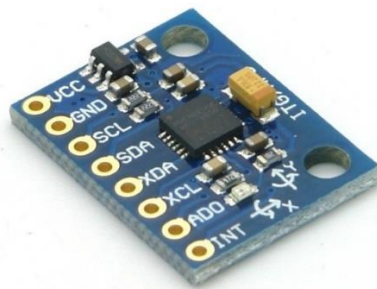
*Slika 1: Razvojna ploščica arduino Uno (vir: arduino.org)*

Za nadzor smo izbrali razvojno arduino Uno ploščico. Arduino Uno je razvojna plošča z mikrokontrolerom, ki temelji na ATmega328. Ima 14 digitalnih vhodno/izhodnih pinov, med katerimi je 6 takšnih, ki jih lahko uporabljamo za PWM izhode in 6 analognih vhodnih pinov. Hitrost delovanja narekuje 16 MHz oscilator. Primeren je za učenje in manjše projekte, kot je ta raziskovalna naloga. Programiramo ga z brezplačnim razvojnim okoljem Arduino IDE v programskem jeziku C++. Z računalnikom komunicira preko USB priključka lahko pa tudi preko dodatnega bluetooth modula ipd.

Dodatne specifikacije:

- Mikrokontroler ATmega328
- Delovna napetost 5 V
- Napajalna napetost (priporočena) 7-12 V
- Napajalna napetost (Meja) 6-20 V
- DC tok I/O pin, največ 20 mA
- DC tok na pinu 3,3 V, največ 50 mA
- Pomnilnik 32 KB
- Takt procesorja 16 MHz

## 3.2 Girooskop MPU6050



Slika 2 : Girooskop MPU6050 (vir: [www.haoyuelectronics.com](http://www.haoyuelectronics.com))

Za prepoznavanje položaja kamere smo uporabili girooskop MPU6050. Ta girooskop ima v sebi vgrajen tudi merilnik pospeška, ki zaznava spremembe v treh oseh. Odlikuje ga visoka natančnost in majhna cena. Girooskop je izumil in imenoval Jean Bernard Léon Foucault leta 1852 za svoj že drugi preizkus vrtenja Zemlje. Njegov girooskop je bil sestavljen iz valja, toga vezanega na os, ki je ležala s čim manjšim trenjem v kardanskem sklopu. Današnji giroskopi uporabljajo princip z girokompasi, ki zamenjajo magnetne kompase (v letalu, raketi ali vesoljskem plovilu), za stabilizacijo (kolo, železnica na enem tiru, Hubblov vesoljski daljnogled, usmeritev letalske bombe, ladja (Schlickova ladijska vrtavka)), za zalogo vrtilne količine (navorna kolesa) in za ohranjanje in prenos energije v nekaterih strojih. Takšen primer je vztrajnik v motorju in prav tako v najinem primeru za stabilizacijo kamere. Z Arduinoom komunicira po I2C vodilu, kar omogoča uporabo dveh linij in mase ter s tem privarčujemo potrebne priključke na mikrokrmilniku.

Vsa integrirana vezja, ki so priključena na I2C mreži si delijo vodilo, ki je sestavljeno iz dveh aktivnih dvosmernih linij (SCL in SDA) in skupne mase. SDA služi za prenos ukazov in podatkov. SCL pa je taktni signal, ki sinhronizira prenos ter hkrati določa hitrost komunikacije. Vsako vezje, ki je spojeno na I2C vodilo, ima svoj naslov in odvisno od svoje specifičnosti, lahko deluje kot sprejemnik in/ali kot oddajnik.

Komunikacijo upravlja nadzorna enota (»master«) v tem primeru je to razvojna ploščica Arduino Uno, ki generira takt, naslavlja podrejene enote (»slave«) in jim pošilja različne ukaze in podatke. Tudi podrejena enota lahko pošlje podatke proti nadzorni enoti, vendar samo takrat, ko nadzorna naprava to zahteva.

### 3.3 Gimbal motor



Slika 3: Gimbal motor (vir: hobbyking.com)

Gimbal motorji so brezkrtačni motorji, katerih namen je uporaba pri izdelavi stabilizatorjev kamer, saj imajo zelo natančen pomik in hkrati imajo dovolj navora za premik kamere za stabilizacijo. Gimbal motorji delujejo na podobnem principu kot 3-fazni brezkrtačni motorji. V našem primeru imamo motor Gimbal 5208, kupljen na spletni trgovini *Hobby king*. Rotor je zunanje ohišje in sestavljeno iz 14 ploščic trajnih magnetov, stator pa je sestavljen iz 12 tuljav, v katerih so železna jedra. Krmiljenje gimbal motorjev je zelo težavna zadeva, saj je za dosežek natančnosti motorja potreben PWM signal v obliki zelo kompliciranega spreminjanja napetosti.

### 3.4 Krmilnik motorjev

Za krmiljenje motorjev smo izdelali dve ploščici z integriranima vezjema L293. Ploščici smo načrtovali v programu cadsoft eagle.

Eagle (Easily Applicable Graphical Layout Editor) je učinkovit in zmogljiv CAD/CAM računalniški program za načrtovanje ploščic tiskanih vezij in risanje električnih načrtov.

Osnovne značilnosti prosto dostopne verzije:

- maksimalna površina tiskane ploščice je  $80\text{ cm}^2$ ,

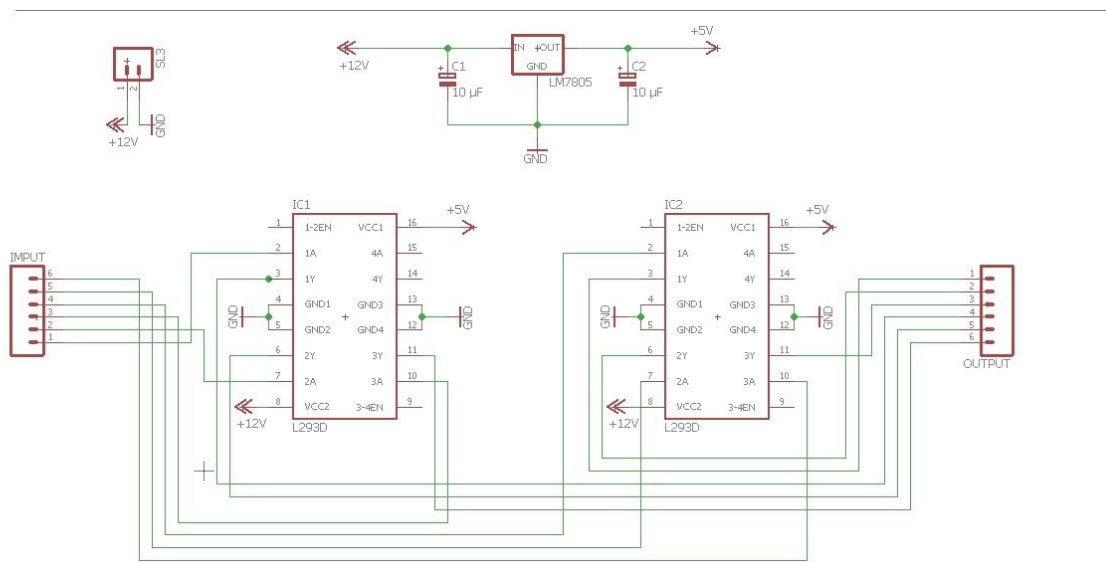
- ločljivost znaša 0,0001 mm (0,1 mikrona),
- možnost nastavitve rasterja-mreže (grid) v milimetrih ali inch<sup>1</sup>-ih oz. mil-sih (mil inch je tisočinka inch),
- do 255 različnih vezic, prog (Layers) in poljubna nastavitve barv le-teh,
- uporaba datotek z ukazi (Script files),
- uporaba C programskega jezika za izdelavo uporabniških uvoznih in izvoznih tekstovnih datotek,
- izpis ASCII list (npr. liste povezav, spisec materiala itd.),
- enostavna obdelava knjižnic in enostavno iskanje elementov v knjižnicah s pomočjo funkcije za iskanje,
- enaka strežba večina ukazov v vseh moduli delovanja (Schematic, Board, Library),
- avtomatična back-up funkcija (F9, F10),
- generiranje vseh potrebnih standardnih formatov datotek za CNC<sup>2</sup> stroje, foto-ploterje, tiskalnice in druge.

Najprej smo morali v program vnesti knjižico integriranega vezja L293 saj ga ni med prevzetimi knjižicami. Po vnašanju knjižice smo naredili električno shemo vezja v katerem smo čipoma dodali še napetostni regulator, ki skrbi, da ima čip L293 napajanje z napetostjo 5 V neodvisno od ploščice Arduino Uno, saj bi jo drugače preobremenili.

---

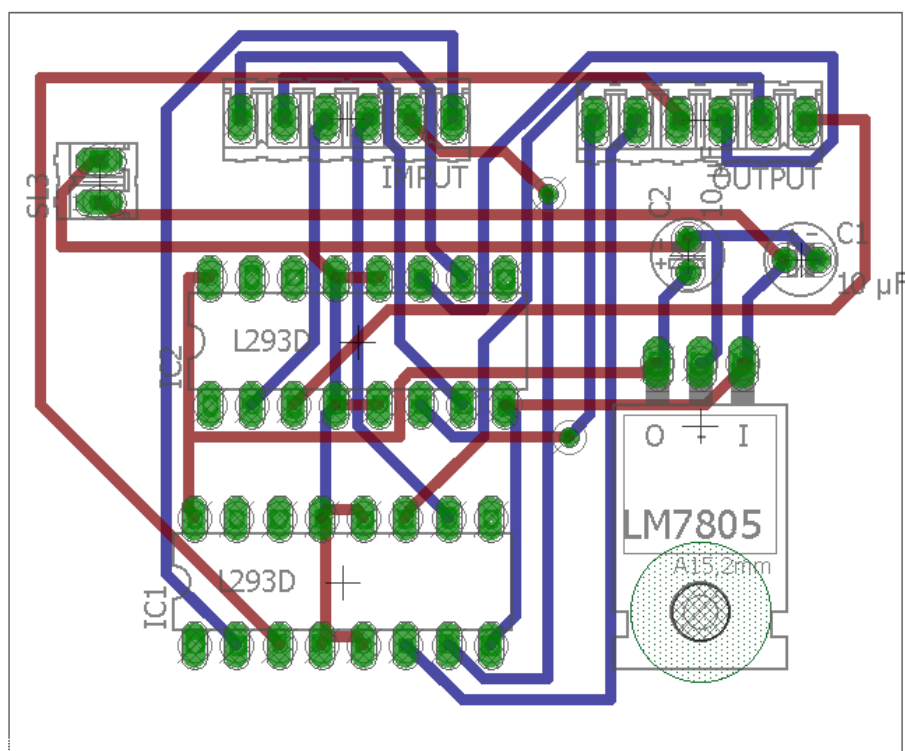
<sup>1</sup> Inch (ang. inch, palec ali cola, 1 palec ali cola je enak 0,0254 m)

<sup>2</sup> CNC (ang. Computer Numerical Control, Računalniško numerično vodeni stroji)



Slika 4: Shema vezja (vir: Avtor naloge)

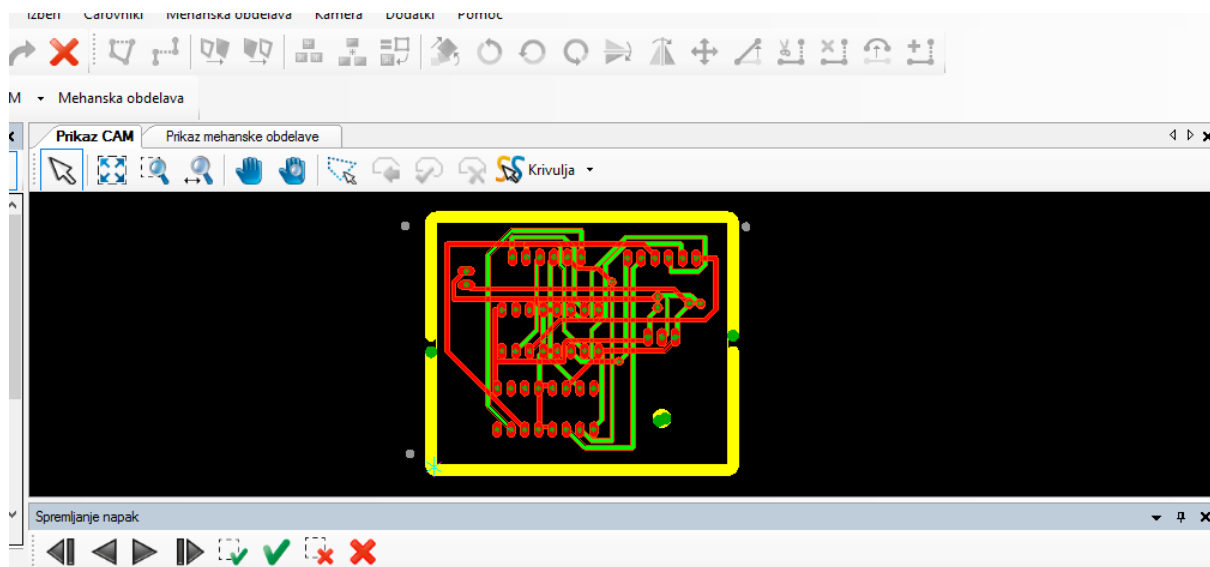
Ko smo končali z načrtovanjem električne sheme vezja, smo se preselili v okno za načrtovanje tiskanine. Program je avtomatsko pripravil komponente z zračnimi povezavami, mi pa smo jih morali razporediti na površino ploščice in nastaviti vrednosti oziroma debeline povezav. Nato smo s modulom *autorouter* naredili povezave in sicer na dveh straneh, dvostranska tiskanina.



Slika 5 Tiskanina (vir: Avtor naloge)



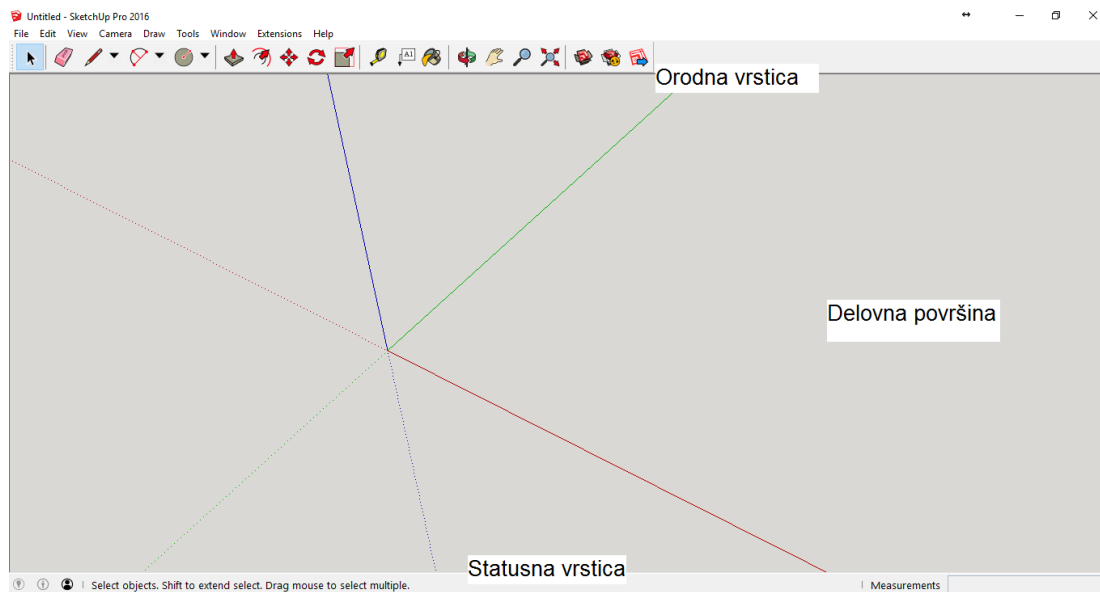
Ko smo končali tiskanino, smo morali izvoziti datoteke za mehansko obdelavo oziroma rezkanje. Za rezkanje tiskanine smo uporabili šolski rezkar znamke LPKF, ki deluje s programom LPKF CircuitPro. Za rezkanje smo morali najprej vstaviti datoteke, ki smo ji prej naredili s programom Eagle, nato smo izbrali referenčne točke, saj je tiskalina narejena na dveh straneh. Po končanih še ostalih nastavitvah, kot so način izrezovanja obrobe, odstranjevanje materiala, smo vezje izrekli.



Slika 6: Tiskalina pripravljena na rezkanje (vir: Avtor naloge)

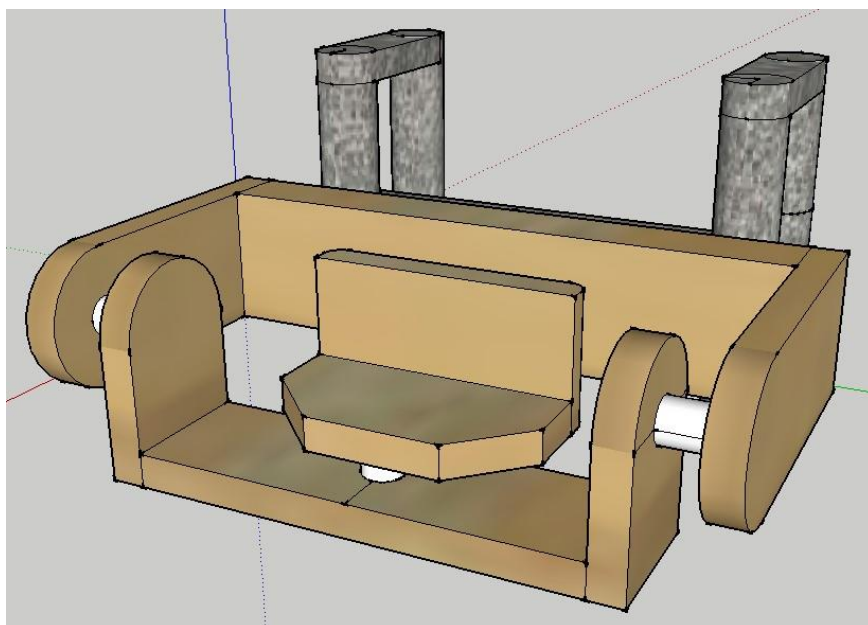
### 3.5 Ogrodje

Ogrodje giroskopa smo najprej narisali v CAD programu SketchUp. SketchUp je program, primeren za enostavno 3D modeliranje. Z njim si lahko pomagamo pri predstavitvi predmetov, zgradb, elementov, ... Primeren je tudi za uporabnike, ki se z računalniškim modeliranjem ne ukvarjajo poklicno. Program so prvič predstavili avgusta 2000 v osnovni in veliko bolj preprosti različici. Osnova pri skiciranju je preprosto risanje robov 3D modelov v prostoru, kot bi uporabili svinčnik. SketchUp temelji na metodi potisni/povleči (push/pull). To nam omogoča, da s klikom miške na poljubno površino, ter z vlečenjem/potiskanjem ustvarimo 3D obliko. Dobra lastnost programa SketchUp je ta, da je v slovenskem jeziku.



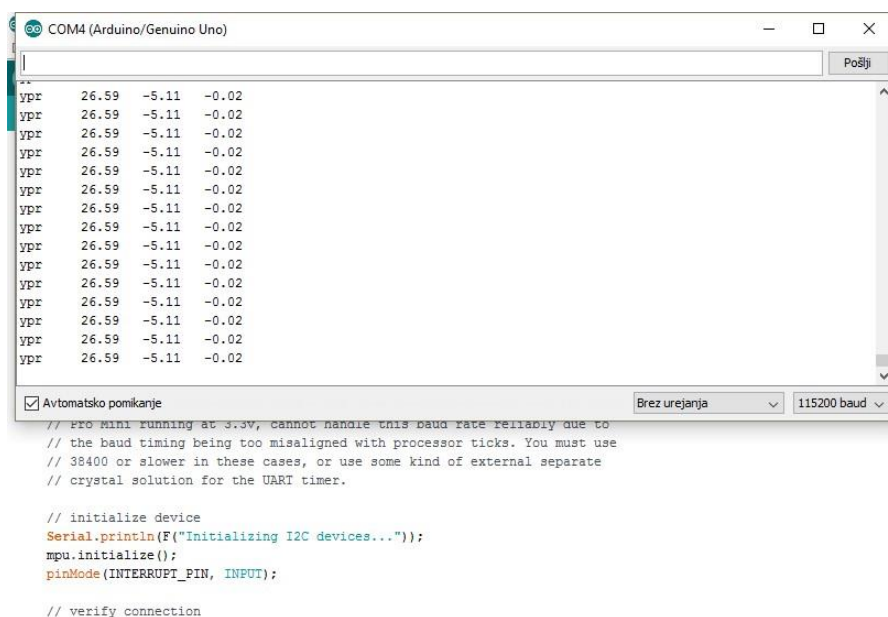
*Slika 7: Delovno okolje (Vir: Avtor naloge)*

Za ustvarjanje modela smo morali najprej nastavi primerno merilo, v tem primeru je bilo to v milimetrih. Nato smo začeli z risanjem vsakega dela posebej, ki smo jih nato združili v celoto.



*Slika 8: Ogrodje stabilizatorja kamere (Vir: Avtor naloge )*

## 3.6 Programiranje

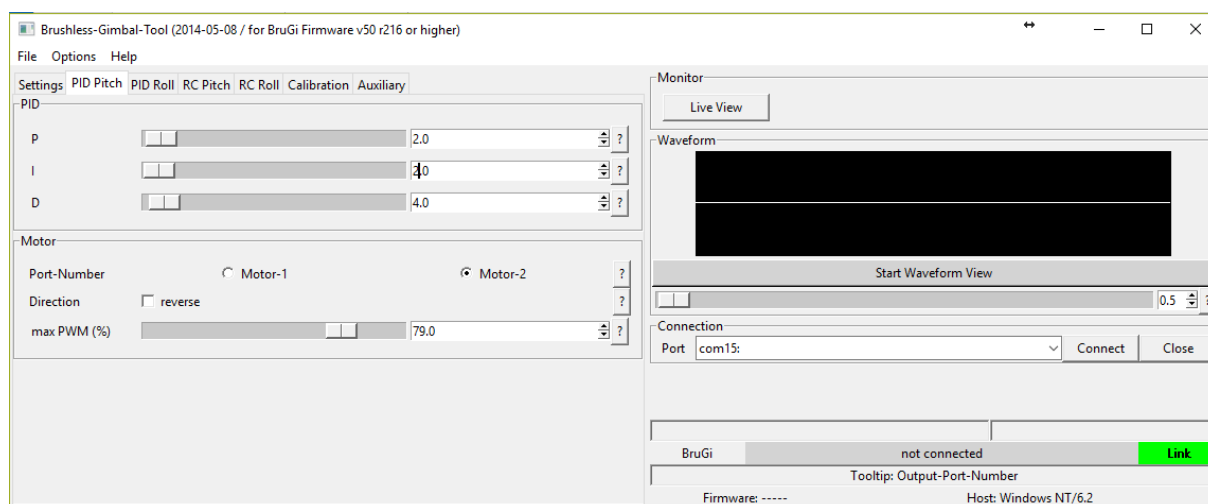


Slika 9: Preizkušanje giroskopa (vir: Avtor naloge)

V programskem okolju Arduino IDE, smo uporabili že izdelan program s knjižnico, ki smo jo našli na spletni strani proizvajalca. Ko smo giroskop kalibrirali, smo lahko v programu Arduino na serijskem monitorju opazovali posamezne pozicije giroskopa treh osi X, Y in Z. Po opravljenem preizkusu delovanja giroskopa, smo začeli preizkušati motorje, a kljub več uporabljenih programov nismo prišli do želenega rezultata. Tako smo si pomagali z odprtokodno programsko kodo, ki smo jo našli na naslovu <https://sourceforge.net/projects/brushless-gimbal-brugi/>. Najprej smo na mikrokontroler naložili programsko kodo, ki je bila shranjena pod imenom *BruGi*. Po opravljeni namestitvi programa na mikrokontroler, smo odprli grafični vmesnik. Grafični vmesnik se ob odprtju poveže z Arduinoom ter kalibrira giroskop. Nato smo nastavili pozicijo giroskopa. To pomeni, da če je glede na njegove vrednosti nameščen obratno, ustrezne osi zamenjamo. Po opravljenih nastavitvah giroskopa je sledila nastavev regulacije motorjev. V grafičnem vmesniku lahko nastavljamo PID<sup>3</sup> vrednosti, moč motorja s pulzno širinsko modulacijo (PWM) ter kateri motor

<sup>3</sup> PID (ang. Proportional-integral-derivate controller, proporcionalna-integralna-diferencialna regulacija)

predstavlja določeno os. Dobra lastnost programa je tudi kontroliranje smeri stabilizatorja s pomočjo joysticka<sup>4</sup>.



Slika 10 Nastavljanje PID regulacije (vri: Avtor naloge)

## 4 ZAKLJUČEK

V začetku smo na projekt gledali nekoliko pesimistično, saj o gimbal motorjih nismo imeli znanja, vendar smo s pomočjo internetnih informacij in profesorja ugotovila delovanje in vodenje gimbal motorja. Spoznali smo veliko novih pojmov in se marsikaj naučili. V vsem tem času raziskovanja pa še vseeno nismo raziskali popolnega delovanja gimbal motorjev, ki je zelo zapleteno in zahteva, kar nekaj znanja.

## 5 DRUŽBENA ODGOVORNOST

Naša raziskovalna naloga pripomore k razvoju filmskega krožka na naši šoli. Z našim gimbalom bomo lahko snemali kvalitetnejše ter posledično boljše video posnetke. Tako bo lahko vsak dijak naše šole brez potrebnega predznanja posnel profesionalen video.

---

<sup>4</sup> Joystick – Igralna palica

## 6 VIRI

Girooskop MPU6050: [http://www.haoyuelectronics.com/Attachment/GY-521/GY-521\\_1.jpg](http://www.haoyuelectronics.com/Attachment/GY-521/GY-521_1.jpg) (15.1.2017)

<https://sl.wikipedia.org/wiki/%C5%BDiroskop> (13.1.2017)

<http://www.instructables.com/id/Brushless-Gimbal-with-Arduino/> (24.12.2016)

<http://forum.arduino.cc/index.php?topic=192002.0> (27.12.2016)

<http://www.instructables.com/id/DIY-Brushless-Gimbal-with-Arduino/> (29.12.2016)

<http://playground.arduino.cc/Main/MPU-6050> (30.12.2016)

arduino: <http://playground.arduino.cc/Main/MPU-6050> (3.1.2017)

hobby king: [https://hobbyking.com/en\\_us/turnigy-hd-5208-brushless-gimbal-motor-bldc.html](https://hobbyking.com/en_us/turnigy-hd-5208-brushless-gimbal-motor-bldc.html) (4.1.2017)