

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE  
STROJNÍCKA FAKULTA**

**BoBSHIELD: MINIATURIZOVANÝ EXPERIMENT  
„GUĽÔČKA NA TYČI“**

**Bakalárska práca**

**SjF-13432-104853**

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE  
STROJNÍCKA FAKULTA**

**BoBSHIELD: MINIATURIZOVANÝ EXPERIMENT  
„GUĽÔČKA NA TYČI“**

**Bakalárska práca**

SjF-13432-104853

Študijný odbor:	Automatizácia a informatizácia strojov a procesov
Študijný program:	5.2.14 automatizácia
Školiace pracovisko:	Ústav automatizácie, merania a aplikovanej informatiky
Vedúci záverečnej práce:	Ing. Mgr. Anna Vargová
Konzultant:	Ing. Erik Mikuláš

**Bratislava, 2022**

**Michal Bíro**

Tu je zaviazané zadanie záverečnej práce (v jednom odovzdanom výtlačku originál zadania, v ďalších výtlačkoch kópie zadania). Nezabudnite nahradiť túto stranu so zadáním. Zaviazat' zadanie do práce je povinné.

## Čestné prehlásenie

Vyhlasujem, že predloženú záverečnú prácu som vypracoval samostatne pod vedením vedúceho záverečnej práce, s použitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov, ktoré sú citované v práci a uvedené v zozname použitej literatúry. Ako autor záverečnej práce ďalej prehlasujem, že som v súvislosti s jej vytvorením neporušil autorské práva tretích osôb.

Bratislava, 20. mája 2022

.....  
Vlastnoručný podpis

Na tomto mieste môže byť poďakovania napr. vedúcemu diplomovej práce, resp. konzultantom, za pripomienky a odbornú pomoc pri vypracovaní diplomovej práce. Poďakovanie je nepovinnou ale obvyklou súčasťou záverečných prác.

Vzor: Ďakujem vedúcemu diplomovej práce, doc. Ing. Jozefovi Jazvečíkovi, PhD., za odbornú pomoc pri vypracovaní diplomovej práce. Chcem poďakovať aj konzultantovi diplomovej práce, Ing. Jánovi Čerešničkovi, za pomoc a pripomienky pri spracovaní nameraných hodnôt.

Bratislava, 20. mája 2018

Bc. Jožko Mrkvička

**Názov práce:** Meranie sily pomocou tenzometrov

**Kľúčové slová:** (2 až 6 kľúčových slov) meranie sily, tenzometer, neistota merania, Wheatstonov mostík

**Abstrakt:** (v rozsahu 800 až 900 znakov vrátane medzier) Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Donec id scelerisque tortor. Aliquam pretium est metus, at faucibus urna venenatis id. Suspendisse nec sodales leo, in vulputate lacus. Curabitur semper sem eros, a elementum dui accumsan ut. Nunc sit amet arcu mauris. Quisque porttitor nisl a lectus scelerisque, eu pharetra lectus cursus. Etiam volutpat lacus et lorem ornare, eget semper neque bibendum. Cras a iaculis nibh, lacinia sodales diam. Aenean a tempus ante. Proin at eros at dolor volutpat rhoncus. Vivamus ac suscipit turpis. Donec ut ultricies est. Fusce congue sagittis libero ac feugiat. Duis tempus enim in enim malesuada, et vehicula mauris tincidunt. Nullam imperdiet massa nec feugiat convallis. Nunc pellentesque urna quis magna euismod, eu commodo ex aliquam. Ut nullam.

**Title:** Force measurement by strain gauges

**Keywords:** (2 až 6 kľúčových slov) force measurement, strain gauge, measurement uncertainty, Wheatstone bridge

**Abstract:** (v rozsahu 800 až 900 znakov vrátane medzier) Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Donec id scelerisque tortor. Aliquam pretium est metus, at faucibus urna venenatis id. Suspendisse nec sodales leo, in vulputate lacus. Curabitur semper sem eros, a elementum dui accumsan ut. Nunc sit amet arcu mauris. Quisque porttitor nisl a lectus scelerisque, eu pharetra lectus cursus. Etiam volutpat lacus et lorem ornare, eget semper neque bibendum. Cras a iaculis nibh, lacinia sodales diam. Aenean a tempus ante. Proin at eros at dolor volutpat rhoncus. Vivamus ac suscipit turpis. Donec ut ultricies est. Fusce congue sagittis libero ac feugiat. Duis tempus enim in enim malesuada, et vehicula mauris tincidunt. Nullam imperdiet massa nec feugiat convallis. Nunc pellentesque urna quis magna euismod, eu commodo ex aliquam. Ut nullam.

# Predhovor

Predhovor je nepovinnou náležitostí závěrečné práce. V predhovore autor práce uvedie základné charakteristiky svojej závěrečné práce a okolnosti jej vzniku. Vysvetlí dôvody, ktoré ho viedli k voľbe témy, cieľ a účel práce a stručne informuje o hlavných metódach, ktoré pri spracovaní závěrečné práce použil.

# Obsah

<b>Úvod</b>	<b>1</b>
<b>1 BoBshield</b>	<b>2</b>
1.1 Automationshield . . . . .	2
1.2 Experiment - Gulôčka na tyči . . . . .	2
1.3 Bobshield R2 . . . . .	2
1.3.1 R2 hardware . . . . .	2
1.3.2 R2 software . . . . .	2
<b>2 R3 hardware</b>	<b>3</b>
2.1 Schéma zapojenia . . . . .	3
2.2 Komponenty . . . . .	3
2.2.1 Servo . . . . .	4
2.2.2 ToF snímač - VL6180X . . . . .	4
2.2.3 Gyroskop - MPU 6050 . . . . .	4
2.2.4 Lineárny regulátor napätia - LDO . . . . .	4
2.3 Teleso . . . . .	4
2.4 3D prvky . . . . .	5
<b>3 BoBshield API</b>	<b>6</b>
3.1 API pre MATLAB . . . . .	6
3.1.1 Tvorba API pre MATLAB . . . . .	6
3.1.2 Knižnica pre snímač . . . . .	6
3.1.3 Funkcie . . . . .	6
3.1.4 Príklady . . . . .	6
3.2 API pre Simulink . . . . .	6
<b>4 Záver</b>	<b>7</b>
<b>Literatúra</b>	<b>8</b>



# Úvod

V úvode autor podrobnejšie ako v predhovore, pritom výstižne a krátko charakterizuje stav poznania alebo praxe v špecifickej oblasti, ktorá je predmetom záverečnej práce. Autor presnejšie ako v predhovore vysvetlí ciele práce, jej zameranie, použité metódy a stručne objasní vzťah práce k iným prácam podobného zamerania. V úvode netreba zachádzať hlbšie do teórie. Netreba podrobne opisovať metódy, experimentálne výsledky, ani opakovať závery prípadne odporúčania. Úvod začína na novej strane.

# 1 BoBshield

## 1.1 Automationshield

## 1.2 Experiment - Gulôčka na tyči

## 1.3 Bobshield R2

### 1.3.1 R2 hardware

### 1.3.2 R2 software

## 2 R3 hardware

Nasledujúca kapitola je venovaná vyhotoveniu zariadenia z pohľadu hardwaru. Hovorí o častiach, z ktorých sa zariadenie skladá, o ich parametroch, funkciách a vlastnostiach. Taktiež porovnáva poslednú verziu vyhotovenia – verzia R3, so staršími verziami zariadenia, vysvetľuje, prečo sme sa pre dané zmeny rozhodli a ako vplývajú na celkové fungovanie zariadenia. Najskôr sa vyjadruje k mechanickej časti zariadenia a následne, ku použitým komponentom ako je servo motor alebo snímače.

### 2.1 Schéma zapojenia

Schéma zapojenia nášho zariadenia prešla od poslednej verzie niekoľkými zmenami. Celkovo by sa dala rozdeliť na 2 oddelené schémy, ktoré sú vzájomne prepojené pomocou FFC (flat flexible cable) káblu. Prvou schémou je časť zariadenia nachádzajúca sa na hlavnej PCB doske, ktorú priamo zapájame do Arduina. Obsahuje kondenzátory a diódu potrebné pre správne fungovanie pripojených komponentov, ďalej kontakty na pripojenie Serva a FFC kábla. Najväčšou zmenou je však implementácia lineárneho regulátora napätia (LDO), ktorý je potrebný pre úpravu napätia do rozsahu, v ktorom môžu naše komponenty fungovať.

Druhá časť schémy je nami navrhnutá breakout doska obsahujúca snímače polohy guľičky a pootočenia ramena. Konkrétne ide o ToF (time of flight) snímač VL6180X a gyroskop MPU 6050. Taktiež sa v nej nachádzajú kondenzátory a rezistory a kontakt na pripojenie FFC kábla.

Obe schémy boli navrhnuté vo voľne dostupnom software DIPTrace.

### 2.2 Komponenty

Aby naše zariadenie mohlo správne fungovať potrebujeme:

- snímače – dodajú nášmu programu informácie o aktuálnom stave systému
- aktuátory – časť zariadenia, ktorá zabezpečuje akčný zásah do systému

Toto sú základné predpoklady pre možnosť riadenia systému. V našom zariadení sú to:

- snímače – ToF snímač vzdialenosti, Gyroskop
- aktuátory – Servo motor

## 2.2.1 Servo

## 2.2.2 ToF snímač - VL6180X

Pri snímači vzdialenosti sme sa rozhodli ostať pri pôvodnej voľbe typu a modelu, ktorým je VL6180X. Ide o ToF (Time of Flight) snímač, ktorý presne meria čas, za ktorý svetelný lúč vyslaný zo snímača dorazí k telesu, odrazí sa a vráti späť k snímaču. Na základe tohto času dokáže snímač určiť svoju vzdialenosť od telesa. Komunikácia s arduinom prebieha prostredníctvom I2C protokolu. Snímač je pre naše zadanie momentálne ideálnou možnosťou z ponúk na trhu, z dôvodu:

- merateľného rozsahu - 100 mm
- presnosti merania - na 1 mm
- malým rozmerom – 4.8 x 2.8 x 1.0 mm

Jeho úlohou je snímať polohu guľičky v trubičke a dáta posielať mikropočítaču. Poskytuje nám aktuálnu hodnotu vzdialenosti, ktorá sa porovnáva s požadovanou na základe čoho regulátor vypočíta hodnotu akčného zásahu do systému.

## 2.2.3 Gyroskop - MPU 6050

Snímač MPU 6050 je oproti pôvodným verziám zariadenia úplnou novinkou. Ide 6 osový snímač pohybu – 3 osový gyroskop a 3 osový akcelerometer. Jeho využitie je veľmi široké a stretnúť sa s ním môžeme u smartphonov alebo tabletoch. Poskytuje možnosti využívané pri aplikáciách ako navigácia, rozšírená realita, monitorovanie zdravia a pohybu a mnoho ďalších. Komunikácia s arduinom prebieha rovnako ako pri ToF snímači prostredníctvom I2C protokolu. Jeho úlohou je merať uhol natočenia trubičky, aby sme vedeli určiť kedy nachádza v akej polohe.

## 2.2.4 Lineárny regulátor napätia - LDO

Z dôvodu tvorby vlastného breakoutu pre naše snímače bola potrebná aj implementácia lineárneho regulátora napätia (LDO). Rozsah napätia napájania potrebného pre správne fungovanie snímača VL6180X je 2.6 až 3.0 V. Arduino nám však poskytuje len 2 úrovne napájania a to 5.0 V a 3.3 V. Keďže ani jedna z nich nespadá do daného intervalu na našu hlavnú PCB dosku sme umiestnili lineárny regulátor napätia – STM732M28R, ktorý vstupné napätie v rozsahu od 2.5 do 28 V prevádza na úroveň 2.8 V. Táto hladina vyhovuje aj snímaču MPU 6050, ktorý má rozsah napájania v intervale 2.37 - 3.46 V.

## 2.3 Teleso

Dôležitou časťou celého systému je práve guľička, pohybujúca sa v trubičke, ktorej polohu sledujeme a riadime. Na náš systém vplýva ako jej hmotnosť a tvar tak aj kvalita a farba jej povrchu. Keďže na meranie polohy guľičky používame ToF snímač, ktorý meria vzdialenosť na základe času, za ktorý sa svetelný lúč vyslaný zo senzora odrazí od telesa a vráti naspäť, na kvalitu merania vplývajú aj tieto parametre. Hoci výrobca v datasheetoch

uvádza nezávislosť merania snímača od farby alebo kvality povrchu telesa, po našich meraniach sme mohli sledovať odlišnosti v presnosti pre rôzne typy guľôčok. Tento fakt môže byť ovplyvnený práve tvarom meraného telesa, ktorý v našom prípade nie je ideálny, no pre potreby nášho zadania nevyhnutný. Svetelný lúč nedopadá na kolmý povrch, preto nemusí byť odrazený práve pod takým uhlom aby ho dokázal snímač adekvátne zachytiť a zanalyzovať. Na základe tohto faktu sme predpokladali, že by ideálnym riešením bolo teleso s povrchom, ktorý čo najviac rozptýli dopadajúci lúč aby pravdepodobnosť, že sa lúč od neho odrazí k snímaču bola čo najvyššia, čím by sa zlepšila kvalita merania. Ďalšou požiadavkou pri hľadaní ideálneho telesa bola dostatočná hmotnosť guľičky aby bol systém dynamický a dokázal aktívne reagovať na zmeny pootočenia ramena. Aby sa guľička mohla voľne pohybovať v trubičke, nič jej nebránilo a tak nevplývalo na systém je potrebné aby bol jej tvar čo najviac podobný tvaru ideálnej gule. Poslednou požiadavkou bola jeho jednoduchá dostupnosť. Keďže sa jedná o open source projekt, je potrebné aby sa každý, kto by mal záujem o zostrojenie nášho zariadenia vedel ku danej guľičke bez väčších problémov dostať.

Z možností dostupných na trhu sme sa rozhodli otestovať náš snímač pre viacero typov materiálov:

- drevo
- silikón
- POM - polyoxymetylén
- NBR - butadien-akrilonitrilový kaučuk (syntetická guma)
- NR - prírodná guma
- PP - polypropylén

Pri meraní sme postupovali ....

## 2.4 3D prvky

Z dôvodu zmeny použitých komponentov, došlo aj k potrebe aktualizácie a úprave 3D prvkov použitých v našom zariadení.

## 3 BoBshield API

### 3.1 API pre MATLAB

MATLAB je programovacie a výpočtové prostredie, využívané širokou škálou technikov a vedcov na numerické výpočty, modelovanie, analýzu dát a ich interpretáciu, návrhy algoritmov, simuláciu a riadenie systémov. Názov vznikol skrátením anglického výrazu Matrix Laboratory, z čoho vyplýva, že základom pri výpočtoch je práve práca s maticami. Jeho využitie má veľmi široký záber a jeho uplatnenie vieme nájsť aj pri robotike alebo umelej inteligencii. Vďaka širokému spektru toolboxov a balíkov voľne dostupných na platformách ako je Github sa jeho obzory stále zväčšujú. MATLAB je pre univerzity a študentov voľne dostupný, preto je medzi študentami s technickým zameraním veľmi populárny a často využívaný. Aby si študenti mohli vyskúšať automatické riadenie systému guľička na tyči (Ball on Beam) je potrebné vytvoriť k nášmu hardware aj príslušné API pre daný software.

#### 3.1.1 Tvorba API pre MATLAB

#### 3.1.2 Knižnica pre snímač

#### 3.1.3 Funkcie

#### 3.1.4 Príklady

### 3.2 API pre Simulink

## 4 Záver

Táto časť diplomovej práce je povinná. Autor práce uvedie zhodnotenie riešenia, jeho výhody resp. nevýhody, použitie výsledkov, ďalšie možnosti a podobne. Môže aj načrtnúť iný spôsob riešenia úloh, resp. uvedie, prečo postupoval uvedeným spôsobom.

# Literatúra