

**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. Zaviazať 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

Úvod	1
1 BoBshield	2
1.1 Automationshield	2
1.2 Experiment - Gulôčka na tyči	2
1.3 Bobshield R2	2
1.3.1 R2 hardvér	2
1.3.2 R2 softvér	2
2 R3 hardvér	3
2.1 Schéma zapojenia	3
2.2 Komponenty	4
2.2.1 Servo	4
2.2.2 ToF snímač - VL6180X	4
2.2.3 Gyroskop - MPU 6050	6
2.2.4 Lineárny regulátor napätia - LDO	6
2.3 Teleso	6
2.4 Prevod rotačného pohybu - servo, trubička	8
2.5 3D prvky	9
3 BoBshield API	10
3.1 API pre MATLAB	10
3.1.1 Tvorba API pre MATLAB	10
3.1.2 Knižnica pre snímač	10
3.1.3 Funkcie	10
3.1.4 Príklady	10
3.2 API pre Simulink	10
3.2.1 Knižnica	10
3.2.2 Príklady	10
3.3 API pre Arduino IDE	10
4 Záver	13
Literatúra	14

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 hardvér

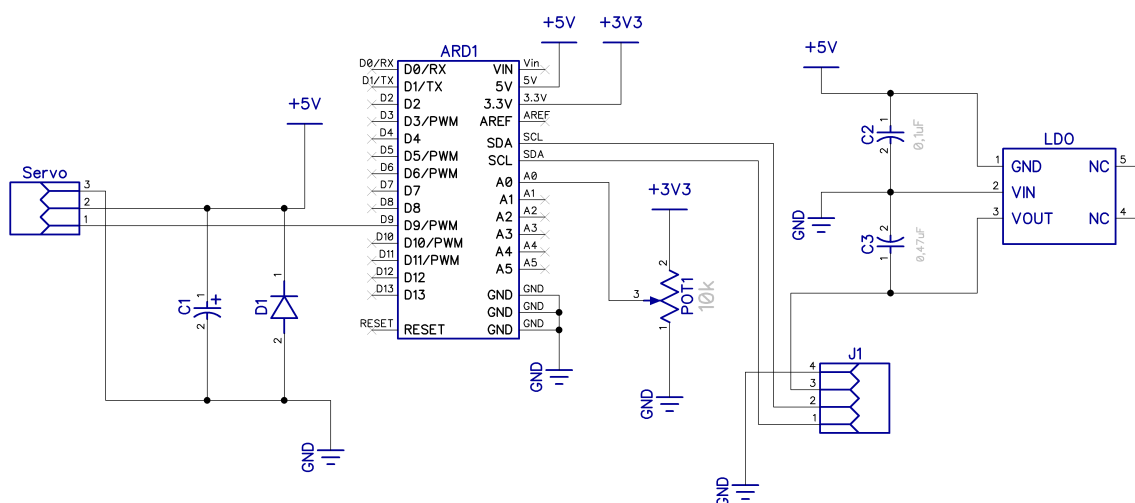
1.3.2 R2 softvér

2 R3 hardvér

Nasledujúca kapitola je venovaná vyhotoveniu zariadenia z pohľadu hardwaru. Hovorí o častiach, z ktorých sa zariadenie skladá, o ich parametroch, funkciách a vlastnostiach. Tak tiež 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 a následne, ku použitým komponentom ako je servo motor alebo snímače.

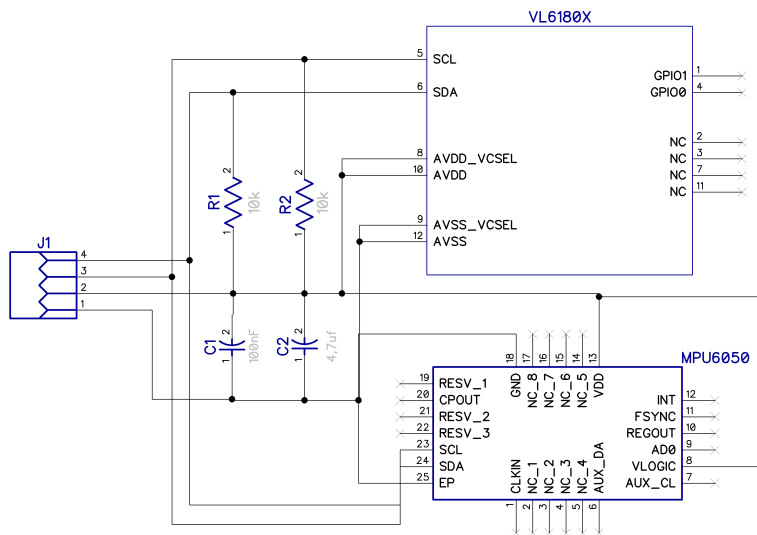
2.1 Schéma zapojenia

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. Oddelenie schém je potrebné z dôvodu, že senzory na snímanie polohy guľičky v trubičke a pootočenía ramena musia byť umiestnené na trubičke. Z toho vyplýva že schéma celého nášho zariadenia musí byť oddelená aby mohli byť vytvorené 2 PCB dosky, ktorú v celku tvoria jednu schému. Prvou 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) 2.2.4, ktorý je potrebný pre úpravu napätia do rozsahu vhodnom pre fungovanie súčiastok.



Obr. 2.1: Schéma hlavnej PCB dosky

Druhá časť schémy je nami navrhnutá breakout doska, nachádzajúca sa v koncovej polohe trubičky a obsahuje hore spomenuté 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. V porovnaní s predošlou verziou kde bola táto PCB doska riešená už hotovým breakoutom od výrobcu sa nám podarilo zmenšiť jej rozmery a to aj napriek implementácii ďalšieho snímača a konektoru na FFC kábel.



Obr. 2.2: Schéma PCB dosky so snímačmi

Obe schémy boli navrhnuté vo voľne dostupnom software DIPTrace.

2.2 Komponenty

Pre riadenie a regulovanie akéhokoľvek systému je potrebné mať vstup do systému, ktorý v zariadeniach získavame pomocou snímačov, a taktiež potrebujeme aby výstup z riadiaceho systému mohol ovplyvňovať riadený systém. Záseh do systému na základe výstupu z riadiaceho systému majú na starosti aktuátory.

V našom zariadení sa o jednotlivé funkcie starajú nasledujúce komponenty:

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

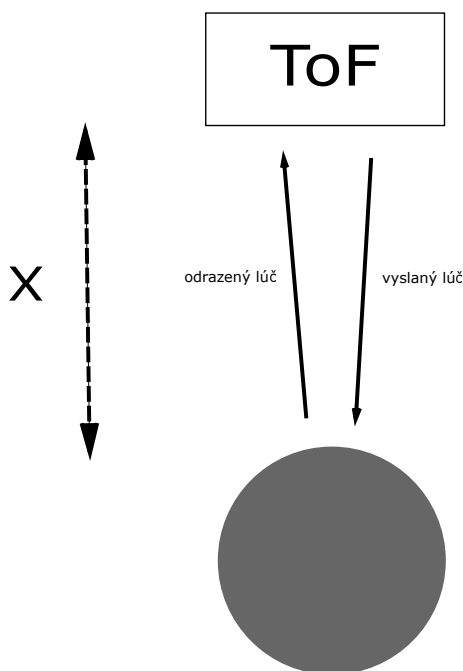
2.2.1 Servo

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 snímač, ktorý meria vzdialenosť na základe vysielania, odrazu a následného prijímania svetelného lúča. Princíp fungovanie(obr. 2.3) je založený na meraní času, za ktorý svetelný lúč vyslaný zo snímača doletí k telesu, ktorého pozíciu meriame,

odrazí sa od neho a vráti sa späť. Na základe rovnice (rov. 2.1), kde c - predstavuje rýchlosť svetla, ΔT - čas, ktorý trvá lúču odraz a návrat k snímaču, samotný snímač vypočíta vzdialenosť - x , v ktorej sa nachádza teleso od snímača. Komunikácia s arduinom prebieha prostredníctvom I2C protokolu. Rozsah napájacieho napätie je $2,6V - 3,0V$.

$$2x = c * \Delta T \quad (2.1)$$



Obr. 2.3: Princíp fungovania ToF senzora

Hoci sme zvažovali aj iné typy snímačov vzdialenosti ako napríklad ultrazvukové alebo IR (infračervené) snímače, prišli sme k záveru, že najvhodnejším typom snímača bude práve ToF vďaka jeho malým rozmerom. Z možností ToF snímačov ponúkaných na trhu je pre naše zadanie VL6180X momentálne ideálnou možnosťou z dôvodu:

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

Merateľný rozsah snímača je pre nás úplne postačujúci, keďže guľička sa pohybuje v trubičke práve o dĺžke 100 mm, s tým že v koncových bodoch sa nachádzajú ešte uzavretia trubičky, takže rozsah pohybu guľičky je približne 90 mm, čo nám dáva ešte určitú rezervu. Taktiež presnosť merania na 1 mm je pre riadenie systému dostatočná. Rozmery sú pre nás dôležité z hľadiska potreby umiestnenia snímača do jednej z koncových polôh trubičky aby sme mohli merať pozíciu guľičky. Taktiež príliš veľké rozmery ako napríklad pri ultrazvukovom snímači by nepriaznivo vplývali na pohyb trubičky okolo osi otáčania, nehovoriac o estetickosti zariadenia. Vďaka minimálnym rozmerom snímača sa

nám oproti pôvodnej verzii podarilo zmenšiť diel upevnenia snímača na trubičke, čím sme zlepšili aj estetickú zložku zariadenia. Úlohou snímača je snímať polohu guľičky v trubičke a dáta posielat' 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 o 6 osový snímač pohybu – 3 osový gyroskop a 3 osový akcelerometer zostavený v malom balení o rozmeroch 4 x 4 x 0,9 mm. Jeho využitie je veľmi široké a stretnúť sa s ním môžeme pri smartfónoch alebo tabletoch. Poskytuje možnosti využívané pri aplikáciách ako navigácia, rozšírená realita, monitorovanie zdravia a pohybu a mnoho ďalších. Snímač užívateľovi poskytuje možnosť nastavenia meraného rozsahu v závislosti od aplikácie, pre ktorú bude využitý, teda pre sledovanie jednak rýchlych aj pomalých pohybov. Pri gyroskope si užívateľ môže vybrať z nasledujúcich rozsahov - ± 250 , ± 500 , ± 1000 a $\pm 2000^\circ/\text{s}$. U akcelerometra ide o rozsahy $\pm 2\text{g}$, $\pm 4\text{g}$, $\pm 8\text{g}$ a $\pm 16\text{g}$. Komunikácia s arduinom prebieha rovnako ako pri ToF snímači prostredníctvom I2C protokolu a rozsah napájacieho napätia 2,375V – 3,46 V.

Jeho úlohou je merať uhol natočenia trubičky, na základe čoho vieme nastaviť trubičku do vodorovnej polohy.

2.2.4 Lineárny regulátor napätia - LDO

Z dôvodu tvorby vlastného braekoutu, na ktorom sú umiestnené oba naše snímače bolo potrebné nájsť vhodné napájacie napätie aby vyhovovalo obom snímačom a spadalo do ich rozsahov napätí. Pre snímač VL6180X je vstupné napätie v rozmedzí 2,6 V - 3,0 V a pri MPU6050 ide o rozsah 2,375 – 3,46 V. Arduino nám ponúka len 2 úrovne napájania a to 3,3 V a 5 V. Ak by sme využívali len snímač MPU6050 mohli by sme priamo využiť napájanie 3,3 V, ktoré spadá do jeho pracovného rozsahu, no pre snímač polohy je táto možnosť nevyhovujúca. Preto je potrebné upraviť ponúkané úrovne napätia z arduino dosky do rozsahu 2,6 - 3,0 V, vyhovujúcemu obom snímačom. O zmenu napätia sa stará lineárny regulátor napätia – STM732M28R od firmy STMicroelectronics , ktorý vstupné napätie v rozsahu 2,5 – 28 V prevádza na úroveň 2,8 V. Táto hladina je vyhovujúca pre oba snímače.

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 ref datasheetuvádza 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, oceľ a PP - polypropylén.

Pri meraní sme postupovali nasledovne. Guľičku sme nastavili do krajnej polohy v trubičke (vzdialenosť 90 mm), následne sme pomocou ToF snímača zmerali 100 hodnôt jej aktuálnej polohy. Hodnoty sme vložili do tabuľky a pomocou vzorca sme vypočítali smerodajnú odchýlku pre dané meranie. Tento postup sme zopakovali pre všetky materiály. V tabuľke 2.1 môžeme vidieť porovnanie smerodajných odchýlok pre jednotlivé materiály. Na základe merania, ktoré sme vykonali, môžeme tvrdiť, že náš snímač dosahuje najväčšiu presnosť pri materiály PP – polypropylén a najväčšie odchýlky pri NBR – syntetická guma.

Materiál	silikón	POM	drevo	NBR	NR	oceľ	PP
smerodajná odchýlka	1,27	1,2891	1,3644	1,6271	1,3322	1,5	1,2595

Tabuľka 2.1: Smerodajné odchýlky pre dané materiály

Ako bolo vyššie spomenuté, dynamika systému má veľký vplyv na jeho riadenie. Z toho dôvodu je pri výbere guľičky dôležitá práve rýchlosť akou sa guľička v systéme pohybuje. Ak je guľička príliš rýchla, riadiaci systém má menej času reagovať na zmenu jej polohy, ktorá sa hlavne pri výraznej zmene referenčnej hodnoty výrazne mení. Keďže dĺžka trubičky je pomerne malá (100 mm), ak riadiaci systém nedokáže včas zareagovať na zmenu jej polohy bude dochádzať k nárazom guľičky do krajných polôh trubičky, čo je pri riadení nežiaduci jav. Z toho dôvodu sa snažíme voliť guľičku, ktorej rýchlosť je adekvátne pre našu aplikáciu. Rýchlosť guľičky je závislá jednak od jej hmotnosti, materiálu, kvality povrchu a rozmerov. Pri meraní sme zaznamenávali polohu guľičky a čas, v ktorom sa v danej polohe nachádzala. Pohyb guľičky bol z jednej krajnej polohy trubičky do druhej krajnej polohy pri naklonení trubičky o čo najmenší uhol. Následne sme namerané hodnoty vykreslili do grafu v programe MATLAB a pomocou analýzy grafu sme našli čas, za ktorý guľička prešla danú vzdialenosť trubičky. Hodnoty sme zapísali do tabuľky a vypočítali rýchlosť jednotlivých guľičiek.

V tabuľke 2.2 môžeme vidieť porovnanie rýchlosti jednotlivých guľičiek pri pohybe mierne naklonenou trubičkou. Najpomalšie sa pohybujúcou je guľička z NBR, ktorá oproti guľičke z ocele, použitej v pôvodných verziách zariadenia dosahuje takmer polovičné prie-

Materiál	silikón	POM	drevo	NBR	NR	oceľ	PP
rýchlosť [m/s]	0,0862	0,1035	0,1178	0,0766	0,1128	0,1214	0,0895

Tabuľka 2.2: Rýchlosti guľčiek pre dané materiály

merné rýchlosti. Na základe vykonaných meraní sme sa rozhodli zvoliť si za teleso v systéme guľčku vyrobenú z polypropylénu (PP). Snímač dosahuje pri danej guľčke najpresnejšie merania, takže meraná poloha guľčky sa najviac približuje jej skutočnej polohe. Presné meranie je pri riadení systému kľúčové, no treba uvažovať aj dynamiku guľčky. Z nameraných rýchlostí guľčiek by pre nás bola najvhodnejšou voľbou guľčka z NBR, no jej presnosti merania sú výrazne horšie v porovnaní s guľčkou PP. Tá ale dosahuje tiež prijateľné rýchlosti pre náš systém, preto je momentálne optimálnou voľbou. Ak porovnáme guľčku z ocele, ktorá je telesom použitým v pôvodnej verzii

2.4 Prevod rotačného pohybu - servo, trubička

•

Aktuátorom v našom zariadení je servo motor, no aby mohol vytvárať akčný zásah (pootočenie trubičky) do systému, ktorým je naša trubička s guľčkou, musí prísť ku prenosu rotačnému pohybu.

V pôvodnej verzii zariadenia bol tento prevod riešený priamym upevnením trubičky na Servo motor, čo znamená, že otočenie trubičky sa rovnalo otočeniu serva o príslušný uhol z rozsahu $\pm 30^\circ$, ktorý bol stanovený. Najmenší možný uhol pootočenia trubičky sa teda rovnal presnosti serva - 1° . To je vzhľadom na dĺžku trubičky pomerne veľký uhol a pri riadení systému tak aktuátor obmedzuje výstup z riadiaceho systému a akčný zásah do systému na pomerne hrubé a nie tak presné hodnoty.

Naším riešením tohto problému je použitie jednoduchého prevodu, cez ktorý budeme prenášať rotačný pohyb serva na trubičky. Prevod sa skladá z 2 koliesok rozdielnych priemerov, pričom jedno je upevnené na servo motor a k druhému je pripevnená trubička. Prenos pohybu z jedného kolieska na druhé je riešené pomocou ozubeného remeňa GT2 o šírke 6 mm, bežne používanom pri krokových motoroch. Výhodou nášho riešenia je využitie takmer celého rozsahu pohybu nášho servo motora. Kým pri pôvodnom zariadení išlo o využitie rozsahu $\pm 30^\circ$ z možných $\pm 90^\circ$, v danom riešení využívame rozsah $\pm 75^\circ$.

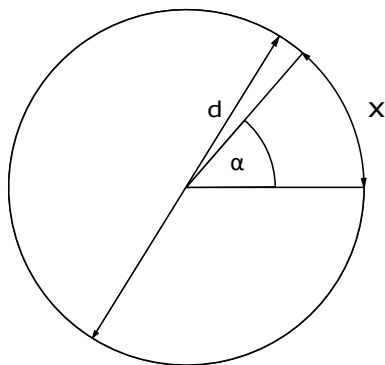
Prevodový pomer - p a následne aj rozmery koliesok (d_1 - vstupný priemer, d_2 - výstupný priemer) sme vypočítali na základe vzorcov (2.2) pre výpočet prevodov, kde najprv zistíme prevodový pomer na základe vstupného a výstupného rozsahu otočenia. Vzorce sa dajú jednoducho odvodiť na základe dĺžky posunutia remeňa - x , ktorá je na oboch kolieskach vždy rovnaká. Ide o dĺžku kružnicového oblúka, o priemere daného kolieska, ktorého uhol je rovný uhlu otočenia (obr.2.4). Tento uhol môžeme pri výpočtoch nahradiť rozsahom otáčania jednotlivých koliesok. Za výstupný rozsah sme si zvolili $\pm 15^\circ$, pre dĺžku trubičky je tento uhol postačujúci keďže referenčná hodnota sa pohybuje od 0 po 100 mm a guľčka sa pohybuje v trubičke dostatočne veľkou rýchlosťou bez väčšieho odporu, nemusí dochádzať k tak výrazným zásahom aktuátora ako je naklonenie o celých 30° , či už kladným alebo záporným smerom. Reakcia systému je aj pri nami zvolenom rozsahu dostatočne rýchla. Pre vstupný rozsah sme si zadali $\pm 75^\circ$ aby sme disponovali

určitou rezervou voči maximálnemu rozsahu otočenia.

$$p = \frac{d1}{d2} \quad (2.2)$$

$$x_1 = \frac{\pi * d_1 * \alpha_1}{360} \quad (2.3)$$

$$x_2 = \frac{\pi * d_2 * \alpha_2}{360} \quad (2.4)$$



Obr. 2.4: Posunutie remeňa pri rotácii kolieska

$$x_1 = x_2 \quad (2.5)$$

$$p = \frac{d_1}{d_2} = \frac{\alpha_1}{\alpha_2} \quad (2.6)$$

$$p = \frac{30^\circ}{150^\circ} = 0.2 \quad (2.7)$$

Na základe prevodového pomeru vieme povedať, že na 1° otočenia serva prislúcha $0,2^\circ$ otočenia trubičky. Týmto prevodom sme teda 5 násobne zväčšili počet hodnôt, ktoré môže aktuátor nadobudnúť a tým zvýšili presnosť akčného zásahu do systému. Ak poznáme prevodový pomer rozmiery koliesok získame voľbou priemeru jedného z nich a následným výpočtom priemeru druhého kolieska na základe vzorca 2.2. Za priemer kolieska pripojeného k servo motoru sme si zvolili $d1 = 10mm$. Je to dostatočná veľkosť pre uchytenie kolieska a prevod pohybu pomocou remeňa, no zároveň šetríme miesto aby sme zachovali minimálne rozmery pôvodnej verzie zariadenia. Z toho vyplýva, že priemer druhého kolieska bude $d2 = 50mm$.

2.5 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

3.2.1 Knižnica

3.2.2 Príklady

3.3 API pre Arduino IDE

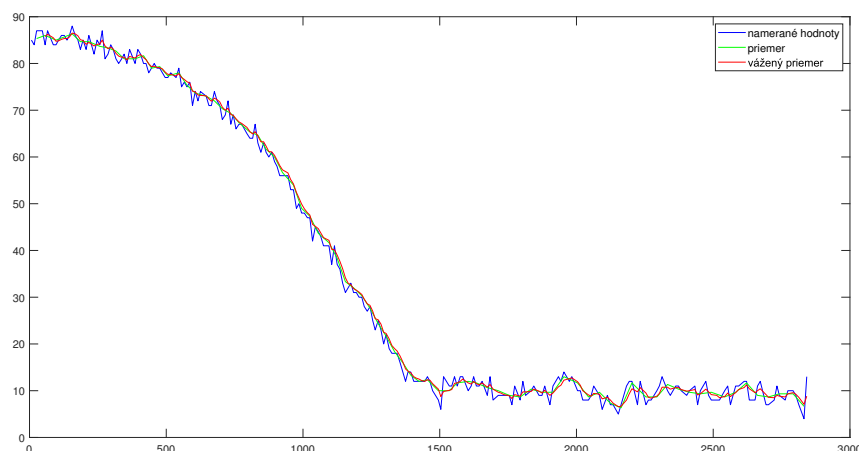
Pri meraniach presnosti ToF snímača pre rôzne materiály, povrchy a farby guľičiek sme mohli pozorovať šum, ktorý nám pri nameraných hodnotách vznikal. Hoci tento nežiaduci jav nie je možné celkom odstrániť, môžeme jeho dopad na namerané hodnoty výrazne znížiť pomocou implementácie jednoduchej filtrácie nameraných hodnôt vhodnou metódou. Pre našu aplikáciu sme testovali 2 typy filtrácie a to pomocou aritmetického priemeru a váženého priemeru. Pri testovaní sme postupovali nasledovne. Základom bolo získanie

súboru nameraných hodnôt, na ktorý budeme môcť aplikovať obidva filtre a následne navzájom porovnať ich výstupy. Vstup je pre oba typy filtrov identický a preto môžeme spoľahlivejšie rozhodnúť o tom, ktorý z filtrov si zvolíme. Tieto hodnoty vstupu sme získali meraním polohy guľičky pri jej posune z jednej koncovej polohy trubičky k druhej, pri minimálnom naklonení trubičky. Pri aritmetickom priemere sme z určitého počtu nameraných hodnôt urobili aritmetický priemer a výstupom bola 1 hodnota, z čoho vyplýva, že frekvencia, s ktorou sme merali je násobne väčšia ako frekvencia, získavania filtrovaných hodnôt. To môže mať za následok spomalenie systému z hľadiska rýchlosti reakcie na zmenu polohy guľičky. Vlastnosti daného typu filtrácie vieme ovplyvniť počtom nameraných hodnôt, z ktorých robíme aritmetický priemer. Zvyšovanie počtu hodnôt má za následok zlepšenie filtrácie a väčšie vyhladenie vstupu, no zároveň spôsobuje spomalenie systému, čo môže byť pozorované hlavne keď guľička rýchlo mení svoju polohu. Vážený priemer je založený na princípe zberu a ukladaní určitého počtu hodnôt, pričom pri každom ďalšom meraní sa nám najstaršia hodnota vymaže a pozíciu prvej hodnoty zaujme najnovšie nameraná hodnota. Z tohto súboru hodnôt sa nám pri každom meraní vypočíta vážený priemer, teda frekvencia merania a frekvencia získavania nameraných hodnôt je identická. Ako vyplýva z názvu, každá hodnota má inú váhu, teda rozdielny vplyv na výslednú hodnotu. Výsledná hodnota sa následne vypočíta podľa nasledujúceho vzorca:

$$priemer = \sum_{i=1}^N x_i * p(x_i) = x_1 * p(x_1) + x_2 p(x_2) + \dots + x_N * p(x_N) \quad (3.1)$$

Vlastnosti filtrácie teda vieme ovplyvňovať jednak počtom hodnôt, z ktorých váhovaný priemer robíme, ale aj zmenou parametrov ovplyvňujúcich váhu jednotlivých hodnôt, teda vplyv na výsledok.

Vzorku hodnôt, na ktorej sme porovnávali vplyv jednotlivých typov filtrov sme si vykreslili do grafu v prostredí MATLAB spolu s grafmi hodnôt získaných po aplikácii filtrov. Následne sme menili parametre filtrov, či už išlo o počet hodnôt, z ktorých sme tvorili priemer alebo pri váhovanom priemere, o nastavenie parametrov váhovania.



Obr. 3.1: Porovnanie jednotlivých typov filtrácií

Na obrázku 3.1 môžeme vidieť porovnanie 2 typov filtrov, ktoré sme testovali, spolu s pôvodnými, nefiltrovanými nameranými hodnotami. Pre náš systém sme sa rozhodli použiť pre filtráciu šumu vážený priemer z 5 hodnôt s váhou jednotlivých parametrov: $p_1 = 4, p_2 = 3, p_3 = 2, p_4 = 2, p_5 = 1$. Vyhladenie šumu je veľmi podobné pri oboch filtroch, v čom je pre nás však vážený priemer výhodnejší, je práve získavanie filtrovaných hodnôt s násobne väčšou frekvenciou.

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