



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
MEHAANIKATEADUSKOND

Mehhatroonikainstituut

Mehhanosüsteemide komponentide õppetool

MHE40LT

Raimond Vaba

MINI SUMO ROBOTI ARENDUS
Bakalaureusetöö

Autor taotleb
tehnikateaduste bakalaureuse
akadeemilist kraadi

Tallinn
2015

AUTORIDEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus.

Esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud.

Töös kasutatud kõik teiste autorite materjalid on varustatud vastavate viidetega.

Töö valmis dotsent Igor Penkov juhendamisel

“.....”.....2015 a.

Töö autor

..... allkiri

Töö vastab bakalaureusetööle esitatavatele nõuetele.

“.....”.....2015 a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele.

..... õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

“.....”.....2015 a.

..... allkiri

TTÜ mehhatroonikainstituut
Mehhanosüsteemide komponentide õppetool

BAKALAUREUSETÖÖ ÜLESANNE

2015. aasta kevadsemester

Üliõpilane: Raimond Vaba, 112419MAHB

Õppekava: MAHB02/09

Juhendaja: dotsent Igor Penkov

Konsultandid:

LÕPUTÖÖ TEEMA (eesti ja inglise keeles):

Mini sumo roboti arendus

Development of a mini sumo robot

Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:

| Nr | Ülesande kirjeldus | Täitmise tähtaeg |
|----|--|------------------|
| 1 | Roboti üldkontseptsiooni välja töötamine | 23.03.2015 |
| 2. | Mootori valik. Ülekande arvutus | 30.03.2015 |
| 3. | Rataste geomeetria välja töötamine ja materjali valik | 13.04.2015 |
| 4. | Võistlusplatsi piirde ja vastasroboti tuvastamine eeldades selle peale kiiret reageerimist | 20.04.2015 |
| 5. | Akumulaatori valik ja toite jaotus | 27.04.2015 |
| 6. | Juhtimis algoritmide välja töötamine | 02.05.2015 |
| 7. | Roboti modelleerimine, tehnilised joonised ja spetsifikatsioonid | 16.05.2015 |
| 8. | Lõputöö vormistamine | 20.05.2015 |

Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid:

Massi ja gabariitmõõtmete optimeerimine, hõõrdpaar, mootor, juhtimissüsteem.

Esitav graafiline materjal:

Kaitsmistaotlus esitada dekanaati hiljemalt 18.05.2015 **Lõputöö esitamise tähtaeg** 22.05.2015

Üliõpilane Raimond Vaba /allkiri/ kuupäev 16.03.2015

Kontakttelefon 58874959 E-mail: raimondvaba@gmail.com

Juhendaja Igor Penkov /allkiri/ kuupäev 16.03.2015

Konfidentsiaalsusnõuded ja muud ettevõttepoolsed tingimused formuleeritakse pöördel

EESSÕNA

Töö teema arenes välja Tallinna Tehnikaülikooli Robotiklubi vajadusest luua eelnevatest mini sumo robotitest võimekam variant. Selle lõputöö käigus saadavat informatsiooni ja valmivaid objekte saab Robotiklubi kasutada tulevastel võistlustel ning näitustel.

Selles lõputöö projektis olen silmas pidanud Robotiklubi liikmete soovitusi, eelnevateelt robotitelt saadud puuduseid ja tugevaid külgi. Antud bakalaureuse lõputöö on kirjutatud Tallinna Tehnikaülikooli mehhatroonika instituudi dotsendi, Igor Penkov, juhendamisel.

Lõputöö teema oli pakutud TTÜ Robotiklubi poolt.

SISUKORD

| | |
|---|----|
| BAKALAUREUSETÖÖ ÜLESANNE | 3 |
| EESSÕNA..... | 4 |
| 1. SISSEJUHATUS..... | 7 |
| 2. ROBOTI ÜLDKONTSEPTSIOON | 8 |
| 2.1. Kaks ühel teljel asetsevat ratast ja sahk..... | 8 |
| 2.1.1. Peamised eelised | 8 |
| 2.1.2. Peamised puudused | 8 |
| 2.2. Nelja või enama rattaga/roomikutega disain. | 9 |
| 2.2.1 Peamised eelised | 9 |
| 2.2.2. Peamised puudused | 9 |
| 2.3. Erinevad ideedisainid | 10 |
| 2.3.1. Peamised eelised | 10 |
| 2.3.2. Peamised puudused | 10 |
| 2.4. Kontseptsiooni valik | 10 |
| 2.4.1. Disaini pidepunktid | 11 |
| 3. MOOTORITE VALIK..... | 12 |
| 3.1. Mootorite laiem võrdlus | 12 |
| 3.2. Mootorite kitsam võrdlus..... | 14 |
| 3.3. Lõplik valik..... | 17 |
| 4. RATASTE DISAINI VALIK..... | 18 |
| 4.1. Rehvimustrite katse | 18 |
| 4.2. Valmistamise tehnoloogia | 21 |
| 4.3. Lõplik valik..... | 22 |
| 5. ELEKTROONIKAKOMPONENDID | 23 |
| 5.1. Kaugusandurid..... | 23 |
| 5.2. Jooneandurid..... | 24 |
| 5.3. Akumulaator | 24 |
| 5.4. H-sild | 25 |
| 5.5. Raadiomoodul..... | 25 |
| 5.6. Mikrokontroller | 26 |
| 5.7. Komponentide tabel..... | 27 |
| 5.8. Trükkplaat..... | 27 |
| 6. JUHTIMINE..... | 29 |

| | |
|---|----|
| 6.1. Strateegiad | 29 |
| 6.1.1. Otstarbekad strateegiad | 30 |
| 6.2. Roboti üldine tegutsemise väljakul | 32 |
| 7. KERE DISAIN | 34 |
| 7.1. Alusplaat | 34 |
| 7.2. Mootorite kinnitus | 34 |
| 7.2.1. Vaheplaat mootorite kinnitusele | 35 |
| 8. OHUTUS | 36 |
| KOKKUVÕTE | 37 |
| SUMMARY | 38 |
| KASUTATUD KIRJANDUS | 39 |
| LISAD | 41 |
| Lisa 1 | 41 |
| Lisa 2 | 41 |
| Lisa 3 | 41 |
| Lisa 4 | 42 |

1. SISSEJUHATUS

Selle lõputöö ülesandeks on arendada uus mini sumo robot, mis lähtuks olemasolevate robotite plussidest, miinustest ning mehaanilistest arvutustest. Töö teema pakkus mulle huvi, sest olin eelnevalt tegelenud folkraace roboti arendusega ning panustamine Robotiklubi mini sumo robotite arengusse tundus huvitav ja väljakutsuv. Teema aktuaalsus seisneb korraldatavates robotikavõistlustes nagu näiteks Robot Challenge, Robotex ja Võru roboti tsõõr ning nende pidevas mahulises kasvamises.

Tähtsamad pidepunktid on mootorite valik, rataste mustri valik, elektroonikakomponentide valik ja optimaalse kere projekteerimine. Disainipiirangud seisnevad sätestatud reeglites.

Mootorite valikul lähtun esinduslikumate alalisvoolu mikromootori tootjate poolt pakutavatest mootori tehnilistest andmetest, mille võrdlusesse lisan ka eelnevalt kasutatava mootori. Võrdluse aluseks on nii jõudlus kui ka maksumus.

Rataste valikust sõltub roboti võime jõud mootorite kaudu realiseerida. Rataste valiku langetamisel lähtun varasemalt kasutatavate rataste empiirilistest omadustest kui ka katsetulemustest erinevate rataste mustrite omadustest.

Kere projekteerimisel arvestan vajadust mahutada kõik komponendid piisavalt otstarbekalt ja mitte liialdada komponentide hulgaga. Samas ka jätta ruumi võimalikele edasiarendustele. Kere peab mahutama mootorite kinnitused, aku, elektroonikasüsteemi ja mahtuma piiridesse 100x100 mm (kõrgus on piiritlemata) ning 0,5 kg massi piirangu alla [2]. Selle tulemusena on disain sisuliselt kompromiss jõudluse ja suuruse vahel.

Pakun välja kasutatavad elektroonikakomponendid ja trükkplaadi kuju. Elektroonika põhiline sätestus on samuti lihtsus, seega üritan võimalusel vältida juhtmestust ja mitmeid trükkplaate. Joone – ja kaugusandurite lugemite põhjal kujutan roboti juhtimissüsteemi erinevate strateegiate ja üldkäitumise näol.

2. ROBOTI ÜLDKONTSEPTSIOON

Disaini poolest on mitmeid variante, kuidas üldiselt ülesandele lähenetud on. Piirangud on massi ja gabariitmõõtmete osas. Erinevatel võistlustel (Robotex, Robot Challenge, Võru roboti tsõõr) on olnud näha erinevaid lähenemismurki, kuidas vastasest parem olla.

2.1. Kaks ühel teljel asetsevat ratast ja sahk.

Selline on laialdaselt levinud disain, millised on ka enamik Robotiklubi mini sumo roboteid.

2.1.1. Peamised eelised

- Võimalus luua madal kere, mida on selle võrra raskem vastase robotil tuvastada.
- Lihtne juhtimine – pööramine toimub eripoolsetele mootoritele erinevate kiiruste andmise läbi.
- Lihtne disain – kere koosneb sisuliselt kahest mootoriga ühendatud rattast, raamist ja sahas.
- Lihtsam saavutada sahka, mis on kogu ulatuses maas – see tekib tingimusel, kui rataste kokkupuutepind väljakuga on samal tasapinnal, kui saha serva poolt määratud sirge.

2.1.2. Peamised puudused

- Kiirendamisel tekkiv saha tõstmise pole välistatud, kui kiirendus pole kuidagi piiratud – mootorite poolt tekitatud väändemoment võib ületada roboti massi poolt tekitatavat momenti, mis viib saha tõstmiseni. Sellisel puhul võib vastane jõuda roboti alla ning seda nõrkust ära kasutada.
- Piiratud sobivate mootorite valik – mootorite pikkus on piiratud gabariitmõõtmetest, mis tähendab, et kaks mootorit peavad mahtuma ühes joones 100 mm sisse koos rataste ja piisava varuga ühendusklemmidele.

2.2. Nelja või enama rattaga/roomikutega disain.

Võistlustel kohati esinev disain, mis ei ole nii levinud kui eelnev. Võru roboti tsõõril 2015 võidutses nelja rattaga robot „Nuts Cracker“ , mis kasutas ära oma head saha disaini ja suurt edasilükkavat jõudu [3].

2.2.1. Peamised eelised

- Mitme ratta puhul saavutatav parem haardumine, millest tekkiv jõud on eelduse kohaselt suurem, kui ühe paari ratastega variandil. Eeldusel, et mootorid on võimalik valida samasugused, siis sellisel lahendusel tuleb ilmselt vähendada ratta läbimõõtu, mis tekitab samasuguse väändemomendiga suurema jõu ning mitme paari rattaga on hõõrdpaare rohkem.
- Sähk püsib iseseisval liikumisel suure tõenäosusega maas – kasutatava disainiga minnakse võidu peale ilmselt suure jõu ja laupkokkupõrkes vastase väljasurumise peale. Sellest tulenevalt pole mootorid ega rattad eelistatavalt kiiruse peale orienteeritud, vaid pöördemomendi.

2.2.2. Peamised puudused

- Neli ratast võtavad nende mootoritega rohkem ruumi. Kas siis lahendatakse nelja ratta liigutamine nelja mootoriga, või kahe mootori ja ülekandega. Kummalgi juhul läheb raisku rohkem ruumi, kui üheteljelise ratastega variandil.
- Täiuslikku ühel tasapinnal olekut on raskem saavutada – sellisel juhul on vaja, et kere võimaldaks kolmel sirgel samaaegselt ühel tasapinnal (väljakul) olla.
- Ebaühtlane massijaotus rataste vahel. Ühel ratta telgedest tekib paratamatult teistsugune massijaotus kui teisel, mis väljendub ebaefektiivses mootorite võimsuste kasutamises.
- Keerulisem juhtimine – kahe mootori asemel on vaja juhtida nelja või rohkemat, mis võib tekitada probleeme ja üleliigset keerukust.
- Kiiruse ja äkilisuse saavutamine on raskendatud – võidustrateegiad on selle tõttu üsna üksluised ning kiirem ja äkilisem robot saab aeglaselt liikuvat robotit ära kasutada.

2.3. Erinevad ideedisainid

Peamiselt põhinevad sellel, et gabariitmõõtmed on piiratud ainult stardihetkel, seejärel võib robot mõõtmeid suurendada – näiteks lippude näol enda nähtavat laiust suurendada või langetada sahk hoopis 100 mm mõõtmepiirangust väljapoole [2].

2.3.1. Peamised eelised

- Võimalus kasutada ära vastaste halba juhtimist või disaini neid eksitades.
- Võimalus mahutada efektiivsemalt komponente, laiendades mõõtmed pärast starti.

2.3.2. Peamised puudused

- Vähe usaldusväärne võidustrateegia – võidetakse pigem neid vastaseid, kellel esineb puuduseid disaini või juhtimise osas vastaseid tuvastada. Väljaulatuvate detailidega kompromiseeritakse tihti enda liikumisvõimet ning heal robotil on suurem võimalus võita.

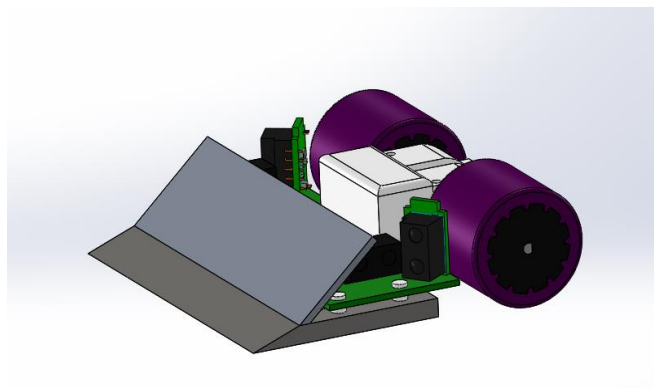
2.4. Kontseptsiooni valik

Kahe rattaga variant annab kõige parema võimaluse ehitada kõige optimaalsem robot, mis oleks vastastest üle teostuskvaliteedi poolest. Disaini puudused on võimalik kõrvaldada parema ehituskvaliteediga ning lihtsam ehitus võrreldes teistega võimaldab lisada jõudlust suurendavaid komponente (näiteks dekodeerid ratastele jälgimaks reaalselt pöörlemiskiirust või raadiomoodulit võistluse käigus informatsiooni kogumiseks ja saatmiseks) jäädes ikkagi mõõtudelt väikseks. Parema kiiruse ja äkilisuse tõttu on võimalik võita vastast järjepidevamalt – tulenevalt strateegiate mitmekesisusest.

Võrdluseks on eelnevate robotite ehitus ja komponendid. Disainimise käigus on eesmärgiks likvideerida eelnevate robotitelt ilmnunud puudused ja parandada mõnda punkti.

2.4.1. Disaini pidepunktid

- Võimalikult lauge nurga all ja sile, süvenditeta eesmine pind (k.a sahk) – eesmärgiga teha end vastasele raskemini avastatavaks, mis toetub põhimõttele, et sulanduda väljakuga paremini kokku. Selleks kasutan ära täispikkust ja komponentide paigutust võimalikult ühtlaselt, et saavutada madal kõrgus.
- Madalal asuv masskese, mis välistab saha tõstmise kiirendamisel või lubab kasutada suurimat võimalikku kiirendust, et selline nähtus ei esineks. Kasutada on valmis õigete mõõtudega terasplaat, mis pärineb varasemalt prototüübilt ning täidab masskeskme langetamise eesmärki.
- Ebavajalike andurite eemaldamine ja olemasolevate parem paigutus lähtuvalt roboti asendist ja nähtavusest. Eelnevate robotite puuduseks on olnud andurite liigne suunatus maaligi, mis võib lõppeda vale informatsiooni saamisega. Lisaks on välja tulnud, et eesmine kaugusandur ei ole tihti vastase roboti kuju arvestades efektiivne, ning võib asendada kahe diagonaalis vaatava anduriga.
- Detailide teostatavuse lihtsus, kokkupandavus, taaskasutatavus, vahetatavus – võimalusel kasutada 3D printerit, vanu detaile, mis sobivad ning metallist lihtsasti valmistatavaid detaile.
- Elektroonikas võimalikult lihtne disain. Võimalikult juhtmeteta süsteem on kiirem ning kompaktsem. Selleks on mõistlik paigutada võimalikult palju andureid ja komponente otse trükkplaadi peale. Aku on paratamatult juhtmestusega ning selle ühendamine tuleb realiseerida pistikuga.
- Mootorid valida võimalikult võimsad, kuid vältida vajaminevaid lisanduvaid ülekandeid pakutavatele tehaseülekannetele, et minimeerida tekkivaid kadusid.



Sele 2.1. Roboti disaini kontseptsioon

3. MOOTORITE VALIK

Mootorid on roboti jõuallikas, ning selle võimsus kandub rataste hõõrdumisel väljakuga roboti poolt kasutatavaks jõuks. Selle tõttu on vaja valida antud mõõtudega mootorite hulgast parim võimalik.

Hetkel kasutatavad mootorid on FingerTech Robotics-i poolt pakutavad 11:1 ülekandega Mabuchi FK-050SH-13125. Mootorite valiku käigus uurin teisi olemasolevaid DC mootoreid, mida on võimalik mahutada piiratud mõõtmetesse.

Nagu mainitud, siis on piirideks mõõtmed, mis tulevad mootorist, reduktorist ja mootorite vahel olevast vahest, et klemmidel oleks ohutu vahekaugus (umbes 2 mm). Klemmid on muidugi painutatavad ja manipuleeritavad. Ruumi säästmiseks on kasutatud lahendusi, et velg on suures osas mootori ümber, mis lubab kasutada pikemat mootorit kui otsa paigutuva rattaga. Sellest põhimõttest lähtuvalt jääb mootori diameetri ülempiir ~17 mm juurde. Pikkusest tulenevad piirid on reduktori ja mootori kokkupandav pikkus, mis on hinnanguliselt 40-45 mm mootori kohta. Võimalus võimsamat mootorit kasutada tekiks ka niimoodi, kui paigutada mootorid mitte samale teljele kui rattad ja tekitada jõu ülekandmiseks ülekanne, kuid selline variant kaotaks järjekordselt võimsust lisaülekande kasutegurist ning ruumi kadu tekiks mujal.

Kasutada on mõistlik tootjate poolt pakutavaid reduktoreid, sest nendega kaasneb teoreetiliselt parem kasutegur ja garanteeritud sobivus mootoritega. Mootorite nimistul ei lisata enamasti reduktori pikkust. Hinnanguliselt võtan reduktori ja mootori pikkuse umbkaudu võrdseks, maksimaalse pikkusena võtan esialgsesse võrdlusesse 28 mm pikkusega mootorid. Leidub ka veel väiksema mõõduga mootoreid, minimaalselt lisan 13 mm läbimõõduga mootorid [4, 5].

3.1. Mootorite laiem võrdlus

Mootorite andmed on pärit tootjatelt Portescap ja Faulhaber. Esialgne võrdlus on võimsuse järgi, et selgitada välja võrdlusmootorist paremad variandid (tabel 3.1, tabel 3.2).

Tabel 3.1. Faulhaberi mootorite võrdlus võimsuse alusel [4]

| Mootor | Diameeter mm | Pikkus mm | Pikkus Reduktoriga mm | Võimsus W |
|------------|-----------------|--------------|-----------------------------|--------------|
| 1727U012C | 17 | 27,2 | 44,3 | 2,25 |
| 1724T012SR | 17 | 24 | 33 | 2,17 |
| 1717T012SR | 17 | 17 | 26,2 | 1,97 |
| 1524T012SR | 15 | 23,8 | 37,1 | 1,78 |
| 1624T012S | 16 | 23,8 | 33 | 1,44 |
| 1319C012SR | 13 | 19,2 | 32,5 | 0,95 |
| 1516T012SR | 15 | 15,8 | 29,1 | 0,52 |
| 1516T012S | 15 | 15,8 | 29,1 | 0,25 |

Tabel 3.2. Portescapi mootorite võrdlus võimsuse alusel [5]

| Mootor | Diameeter mm | Pikkus mm | Pikkus Reduktoriga mm | Võimsus W |
|-------------------|-----------------|--------------|-----------------------------|--------------|
| 16N78 Athlonix | 16 | 28 | 44 | 4,9 |
| 17N78 | 17 | 25,9 | 41,9 | 3,1 |
| 13N88 | 13 | 28,2 | 42,7 | 2,5 |
| 16G88 | 16 | 28 | 44 | 2,5 |
| 17S78 | 17 | 18,7 | 34,7 | 1,8 |
| 16N28 | 16 | 28 | 44 | 1,3 |

Tabelite 3.1 ja 3.2 põhjal on näha, et samade mõõtmetega (13-17 mm diameetriga) on Portescapi tooted võrdlemisi võimsamad kui Faulhaberi omad. Kaudselt väljendub see kogupikkuses, kui Portescapi mootorid mahuvad vaevu sätestatud 45 mm pikkuse piiridesse.

3.2. Mootorite kitsam võrdlus

Võimsus ei ole DC mikromootorite puhul ainuke näitaja, mille põhjal mootorit valida. Teostan põhjalikuma analüüsi kummagi tootja kahe parima mootoriga, lisades nüüd ka võrdlusmootori. Võrdluses peab arvestama seda, et FingerTech "Silver Spark" 16 mm Gearmotori tootja Mabuchi ei paku lisaks mootoritele reduktoreid ning võrdluses kasutan alguses ainult mootori omadusi (tabel 3.3) [6].

Tabel 3.3. Põhjalikum mootorite võrdlus

| Mootor | Nimi-moment mNm | Kiirus koorm useta rpm | Pakutav reduktori ülekandearv n:1 | Teoreetiline nimimoment mNm valem (3.1) | Teoreetiline tühikäigu kiirus reduktoriga rpm valem (3.2) | Orienteeruv hind EUR |
|------------------------------------|--------------------|---------------------------------|--|--|---|-------------------------|
| Faulhaber 1727U012C [7] | 5 | 7800 | 4,5 [12] | 22,5 | 1733 | 123 [14] |
| Faulhaber 1724T012SR [8] | 4,5 | 7900 | 4,5 [12] | 20,25 | 1756 | 70 [14] |
| Portescap 16N78 Athlonix [9] | 6,6 | 8380 | 5,5 [13] | 36,3 | 1524 | 171 [15, 16] |
| Portescap 17N78 [10] | 4,8 | 8460 | 5,5 [13] | 26,4 | 1538 | 185 [15, 16] |
| Mabuchi FK- 050SH-13125 [11] | 2,5 | 11500 | 11 [1] | 27,5 | 1045 | 17,72 [1] |

Võimalus oleks teistel mootoritel tõsta suurema reduktori ülekandearvuga veelgi väändemomenti ja langetada maksimaalset kiirust, kuid suuremad ülekandearvud tulevad lisaülekannete arvelt, mis omakorda suurendavad mõõtmed nõutud piiridest väljapoole [12, 13].

Tabelis 3.3 hindade lahter on eelkõige orienteeruvaks võrdluseks, kuna sellised numbrid ei ole saadud otse ametlikelt edasimüüjatelt. Faulhaberi ametlik edasimüüja Micromo müüb mootoreid koos reduktoritega, kuid ei lisa toodetele hinda. Portescapi edasimüüja Digi-key aga ei müü mootoritega ühilduvaid reduktoreid. FingerTech annab täpse Silver Sparki müügihinna.

$$T_{nr} = T_n \cdot n, \quad (3.1)$$

kus T_{nr} - teoreetiline nimimoment reduktoriga (mNm),
 T_n - nimimoment ilma reduktorita (mNm),
 n – ülekandearv.

$$\omega_n = \omega_{reduktor} * n, \quad (3.2)$$

kus $\omega_{reduktor}$ - teoreetiline kiirus reduktoriga (rpm),
 ω_n - koormuseta kiirus reduktorita (rpm),
 n – ülekandearv.

Tabelis 3.3 on tegelikult näha, et võimsus üksi pole nii oluline näitaja. 1 W Mabuchi mootor on sisuliselt sama suurusjärguga pöördemomendi ja kiirusega kui tipptootjate mootorid.

Maksimaalse pöördekiiruse iseloomustamiseks on illustreerivam sellest tekkiv roboti kiirus valem (3.3) kasutades ratta diameetrit 32 mm, mis on kasutusel eelnevatel robotitel ja ilmselt jääb ka sellel variandil samasse suurusjärku.

$$v = \omega * r, \quad (3.3)$$

kus v - roboti edasiliikumise kiirus (m/s),
 ω - ratta pöörlemise nurkkiirus (rad/s),
 r - ratta raadius (mm).

$$s = v * t, \tag{3.4}$$

kus s – läbitav teepikkus (m),

v – konstantne kiirus (m/s),

t – kuluv aeg (s).

$$F = m * a, \tag{3.5}$$

kus F – kehale mõjuv jõud (N),

m – keha mass (kg),

a – keha kiirendus (m/s²).

$$T = F * d, \tag{3.6}$$

kus T – süsteemi pöördemoment (Nm),

F – mõjuv jõud (N),

d – jõuõlg (m).

$$a = \frac{2 * T}{m * d}, \tag{3.7}$$

kus tähised on valemitest (3.5, 3.6) ning 2 tähistab kahte mootorit.

$$s = \frac{v^2}{2 * a}, \tag{3.8}$$

kus s – läbitav teepikkus (m),

v – lõppkiirus (m/s),

a – kiirendus (m/s²).

Tabel 3.4. Mootorite omadused roboti liigutamisel

| Mootor | Maksimaalne kiirus m/s valem (3.3) | Maksimaalne kiirendus m/s ² valem (3.7) | Teepikkus maksimaalse kiiruseni m valem (3.8) |
|--------------------------|--|--|---|
| Faulhaber 1727U012C | 2,90 | 5,62 | 0,74 |
| Faulhaber 1724T012SR | 2,93 | 5,06 | 0,85 |
| Portescap 16N78 Athlonix | 2,55 | 9,07 | 0,35 |
| Portescap 17N78 | 2,57 | 6,60 | 0,50 |
| Mabuchi FK-050SH-13125 | 1,75 | 6,87 | 0,22 |

Tabel 3.4 näitab mootorite abil roboti teoreetilisi suuruseid – maksimaalset kiirust, kiirendust ja teepikkust maksimaalse kiiruseni. Väljak on diameetriga 0,77 m [2]. Seega loeksin paremaks näitajad Portescapi ja Mabuchi mootoritel. Pikk tee maksimaalse kiiruseni on ebapraktiline – ei õnnestu maksimaalset kiirust piisavalt hästi ära kasutada.

3.3. Lõplik valik

Mootori valiku viimaste võrdlusobjektide vahel selgitan välja väändemomendi, hinna ja maksimaalse kiiruse põhjal. Väändemoment on sisuliselt samas suurusjärgus (20,25 mNm – 36,3 mNm), maksimaalne kiirus on kõigil variantidel selline, mida realselt ei saavutata ning võib arvestamata jätta. Hinna poolest on ilmselgelt eelistatud FingerTech "Silver Spark" 16 mm Gearmotor (Mabuchi FK-050SH-13125 mootoriga).

Kokkuvõtteks tekib mootori valik hinna ja jõudluse kompromissina. Kui jõudluselt oleks parim valik Portescapi 16N78 Athlonix mootor, siis realselt on mõistlikum ligi 10 korda odavam jõudluselt veidi nõrgem FingerTech "Silver Spark" 16 mm Gearmotor.

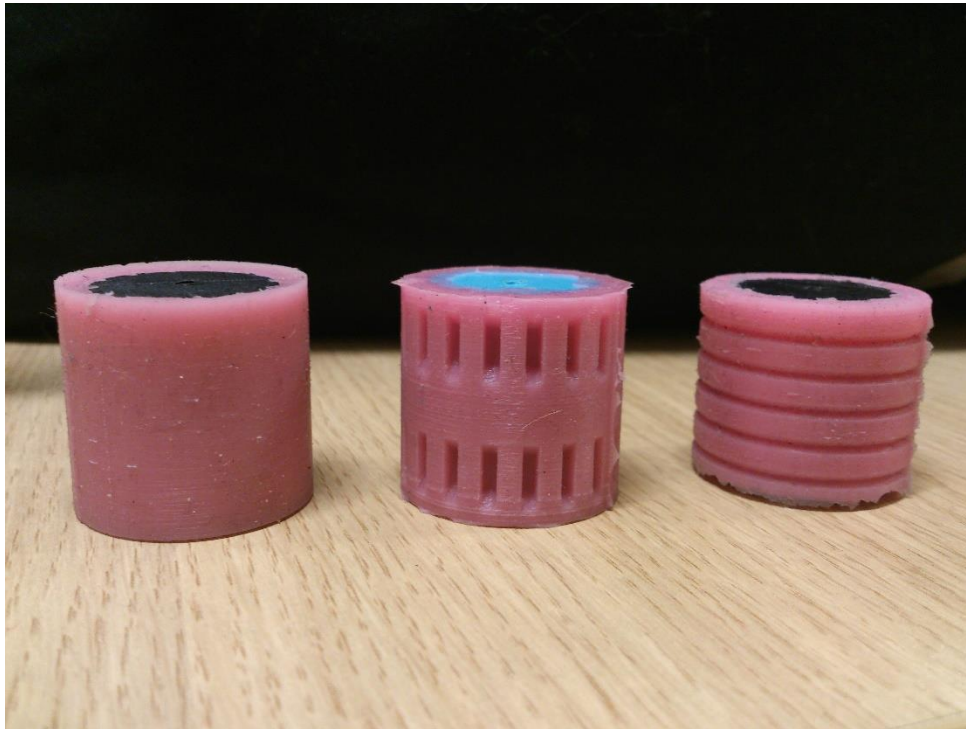
4. RATASTE DISAINI VALIK

Rataste kaudu toimub energia ülekandmine mootoritelt roboti liigutamiseks väljakul. Velgedeks on kasutatud 3D prinditud PLA materjali, millel praktilisi puudujääke pole esinenud. Ratta diameeter mängib sisuliselt veel omakorda ülekandearvu rolli (lisaks mootori reduktori ülekandearvule). See tähendab, et suurema diameetriga ratas kaotab jõus aga võidab kiiruses. Eelnevalt on olnud kasutuses 28 mm ja 32 mm diameetriga rattad, mille vaheline erinevus on praktiliselt välja tulnud ainult ruumi ära kasutamises ja vajaliku kõrguse saamiseks.

Rataste materjaliks ja valmistamise tehnoloogiaks on eelnevalt olnud silikoon ja selle valamine 3D prinditud vormi otse velje peale. Selline tehnoloogia on rataste tootmise seisukohalt väga praktiline – vorme saab taaskasutada ja rattapaari jaoks pole vaja rohkem kui üht vormi. Atmosfääri rõhul valamisel ei teki ka õhumulle materjali sisse vaid need tõusevad pinnale, erinevalt mõnest materjalist, mis vajab õhumullide eraldamiseks vaakumit.

4.1. Rehvimustrite katse

Haardumiseks pinnaga ei piisa ainult materjalist vaid on ka vaja optimaalset mustrit. Et näha kuidas muster muudab roboti edasilükkavat jõudu, katsetan kolme paari rattaid, millest kasutusel on olnud sileda pinnaga ja piki liikumise suunaga triipudega mustrid. Kolmas variant on ristipidiste triipudega muster. Katsetatavad rattad on läbimõõduga 32 mm ja pikkusega 30 mm (sele 4.1). Selel 4.1 vasakult paremale: sileda pinnaga, ristise triibuga ja pikitriibuga rattad.



Sele 4.1. Testrataste muustrid

Katse kujutab endast massi lükkamist, mis sisuliselt väljendab lükkamisjõudu, kui muud parameetrid on konstantsed ja muutub ainult ratta muster. Katse tagamõte on selline, et kui ainukese muutujana on rehvimuster, siis peab see mõjutama lükkamisjõudu. Massiks on 1 kg massiga alus, millele lisan etalon masse - lisatavad suurused on näidatud tabelis 4.1. Sellel puhul pole niiväga oluline tühimassi täpsus, kui katses on tähtis võrdlusmoment, mis tekib täpsete etalonmasside võrdlusest. On oluline ka massi jaotus alusel, seega lisan masse igal katsel sama moodi võimalikult roboti lähedale ja aluse kujutletava telje lähedale. Pinnaks on võistlusväljaku pind, mis idee poolest tagab sama hõõrdeteguri kogu katse vältel. Mootoritele antavad suurused on konstantsed – koodis on nad suurusega 50 (255-st), mis sisuliselt tähendab ülimalt vaid seda, et mootorite tegevus katse ajal ei muutu. Iga katseetapi tulemuse saab märkida, kas läbis või ei läbinud, vastavalt tabelis „ok“ ja „ei“. Absoluutset tingimuste konstantsust ei ole võimalik tekitada, kuid piisava täpsusega saab asja lahendada mitme katse näol. Iga massi juures on robotil kolm katset alust massidega liigutada, sest piirmassidel tulevad mängu muud tundmatud tegurid, mille tõttu robot kas suudab või ei suuda alust liigutada.

Tabel 4.1. Rattamustrite katsetulemused

| | Rehv 1 | Rehv 2 | Rehv 3 |
|----------|--------|-------------|--------------|
| | Sile | Pikitriibud | Ristitriibud |
| Tühimass | ok | ok | ok |
| | ok | ok | ok |
| | ok | ok | ok |
| +500g | ok | ok | ok |
| | ok | ok | ok |
| | ok | ok | ok |
| +700g | ok | ok | ok |
| | ok | ok | ok |
| | ok | ok | ei |
| +900g | ok | ok | ei |
| | ok | ok | ok |
| | ok | ok | ei |
| +1000g | ei | ei | ei |
| | ei | ok | ei |
| | ok | ei | ei |
| +1050g | ok | ei | ei |
| | ei | ok | ei |
| | ei | ok | ei |

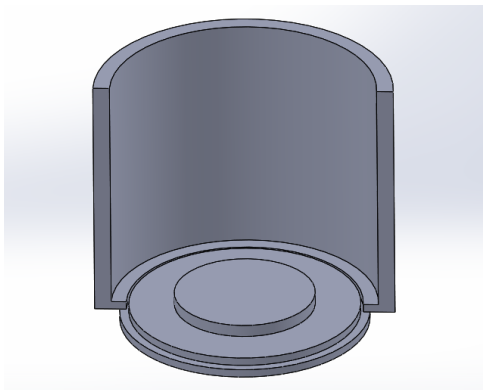
Tabelis 4.1 on näha kuut erinevat katseplokki, milles on 3 alamkatset iga rehvimustri kohta, kus „ok“ tähendab massi lükkamist ja „ei“ tähendab seda et mass jäi paigale. Täheledata võib piirmasside juures tekkivat ebapüsivust masside liigutamisel, mis on võrdluseks hea tingimus.

Piirmassi võib katsetulemuste põhjal lugeda rehvi 1 ja rehvi 2 puhul samaks ~1000 g lisaraskuse juures. Katse positiivseks väljundiks on rehvi 3 kaudu näha, et rehvimuster mõjutab lükkamisjõudu selle läbi, et ristitriipudega rehvimustri piirmass tekib kuskil 700 g ja 900 g lisaraskuse kandis. Katse käigus oli rehvi libisemist rehvi 3 puhul näha väiksemate masside juures kui teistel katserehvidel.

Et katsetulemused poleks kindlasti mõjutatud rehvide katsetamise järjekorrast, siis tegin katsed uuesti läbi sileda rehvidega, mille tulemused võib lugeda võrdseks esialgsetega. Selline tegevus on kontrolliks mõistlik teostada, sest katse hõlmas endast mootorite pikaajalist kurnamist. Reaalne põhjus, miks rehvi 3 tulemused madalamad olid, oleks võinud olla tingitud nõrgematest mootoritest või raja määrdumisest, kuid lisakatse esimese katsepaariga välistas sellise võimaluse.

4.2. Valmistamise tehnoloogia

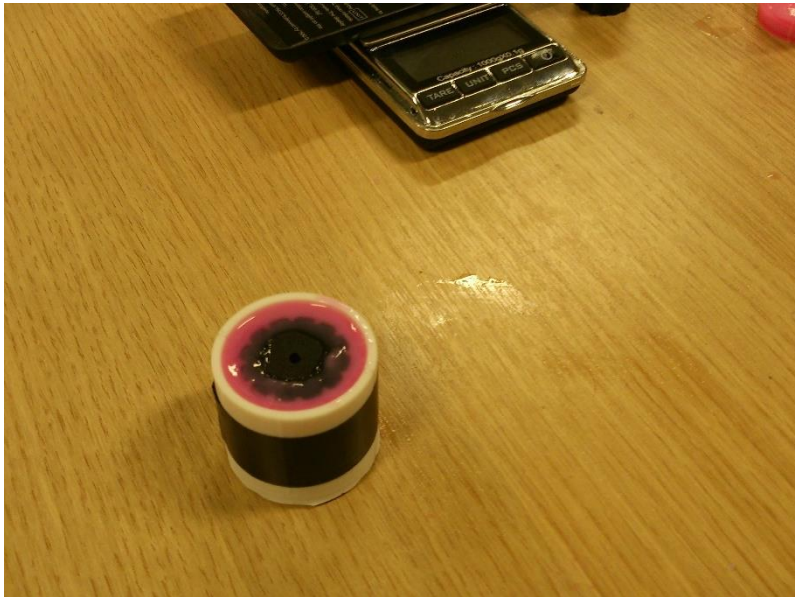
Rataste saamiseks kasutan roosa silikooni valamist negatiivvormi kasutusse mineva velje ümber. Silikooniks on tehniline kahekomponendiline silikoon Elite Double 8. Kasutatav silikoon koosneb alusest ja katalüsaatorist, mille segu massivahekord on 1:1. Segu töötlemisaeg on 10 minutit [20]. Vormi küljed koosnevad lihtsamaks detaili eemaldamiseks kahest poolest (joonis 4.1), mis vormimisel on lihtsuse eesmärgil kinnitatud teibiga. Valamise tulemusi on kujutatud seel 4.2 ja 4.3.



Joonis 4.1. Vormi pool



Sele 4.2. Vormid ja velg enne valamisprotsessi



Sele 4.3. Ratas pärast valamist tahkumise etapis

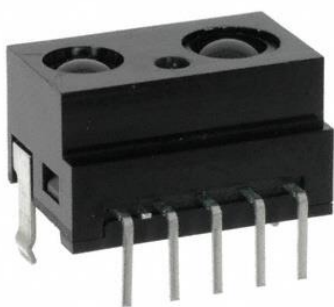
4.3. Lõplik valik

Lõplik valik rataste disainis tekib katsetulemuste ja praktilise lihtsuse põhjal. Siledapinnalisi rattaid on lihtsam toota – vormida on lihtsama moodustajaga pindu kergem kui näiteks süvenditega pindu. Kuna tulemused võib lugeda sarnaseks, siis ei näe põhjust, miks peaks olema keerulisema disaini poolt. Ratta pikkuse jätan 30 mm. Ratta läbimõõtu otsustasin tõsta 34 mm peale, kuna see lubab kasutada olemasolevaid magnetrõngaid (32 mm diameeter), et enkoodri abil laiendada robotit selle näol, et saaks rataste kiiruseid jälgida ja mootoreid juhtida tahetud pöörlemiskiiruse kaudu.

5. ELEKTROONIKAKOMPONENDID

5.1. Kaugusandurid

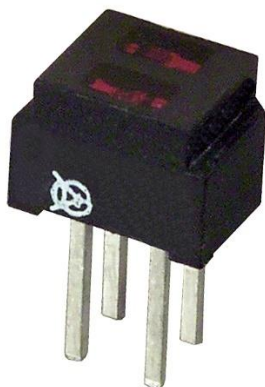
Kaugusanduritel on oluline osa roboti käitumise mõjutamisel, need on ainukesed komponendid, mis teavitavad robotit vastase asukohast. Mini sumo väljak on 77 cm diameetriga ring, sellest tulenevalt piisab andurist, mis tuvastab objekti 40 cm kauguselt. Põhjusel, et kui kumbki robot on võistlusringi ääres, ei ole tarvis veel vastase asukohta fikseerida. 40 cm on piisav ringi keskkohast objekti tabamiseks. Kiiruse vaatenurgast on anduritel olulisemaks omaduseks kiirus, mis on infrapuna kaugusanduritel tunduvalt suurem kui sonaritel. Lihtsal põhjusel, et valguskiirus on suurem kui helikiirus. Lisaks pole vajadust analoogandurite järgi, mille eeliseks digitaalandurite üle on kauguse mõõtmine. Reaalselt pole vaja teada, kas vastane on 20 cm või 30 cm kaugusel, sellise väikse vahemaa juures piisab teadmisest, et mingi objekt on 40 cm ulatuses anduri vaateväljas. Valiku teostan Sharp infrapuna kaugusandurite hulgast. Sharpi toode GP2Y0D340K on digitaalse väljundiga infrapuna kaugusandur, mis reageerib kaugusele 32 cm kuni 48 cm ja on 8 ms pikkuse mõõtettsükliga. Sellised andmed sobivad antud tingimustega (kiirus ja mõõtekaugus). Neid andureid on plaanis roboti peal kasutada 4 tükki – 2 vaatavad ette lauge nurga all ja 2 täisnurga all kõrvale [2, 17].



Joonis 5.1. Sharp GP2Y0D340K digitaalne kaugusandur

5.2. Jooneandurid

Jooneandurid on ainukesed andurid, mis tuvastavad väljaku piirjooni ja takistavad robotit väljakult välja sõitmast. Sellised andurid põhinevad valguse peegeldamisel lähedal olevalt pinnalt ja üldiselt fototransistori reageerimisel sellele peegeldunud valgusele. Optek pakub oma toodete nimistus mitmeid fotoelemente, millest OPB seerias olevad tooted on valmis korpuses olevad saatja ja vastuvõtja. Neist sobivamad on OPB606 ja OPB607, mis erinevad teineteisest transistori pingetaluvuse võrra. OPB606 talub 30 V, OPB607 15 V asemel. Seega valin OPB606, mida on plaanis kasutada 2 tükki, roboti eesotsas vasakul ja paremal võimalikult maaligi [18].



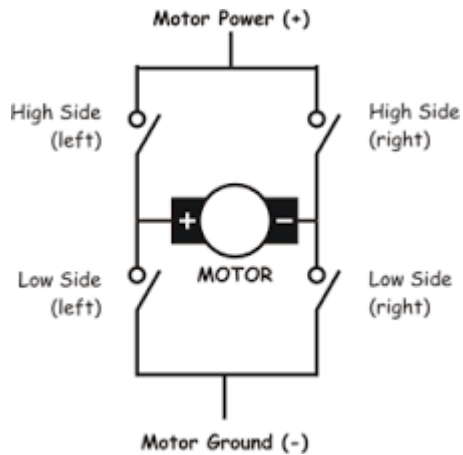
Joonis 5.2. jooneandur OPB606

5.3. Akumulaator

Aku on roboti energiaallikas, mille oluline näitaja on väljundpinge. Loogika töötab üldiselt 5 V peal aga Silver Spark mootorid töötavad 3-18,5 V pinge juures. Mootori jõudlust silmas pidades on mõistlik kasutada 11,1 V 3S liitium-polümeer akut, 7,4 V 2S asemel. Aku valikul pole üldiselt tähtis tema mahutavus kuna võistluse hinnatav kestus pole üldiselt nii pikk, et kogu mahutavust ära kasutada. Väiksema mahutavusega käib üldiselt kaasas ka väiksem mass ja ruumala. Hobbyking pakub 180 mAh mahutavusega 3S liitium-polümeer akut Turnigy nano-tech 180 mAh 3S 25~40C Lipo Pack mõõtmetega 35x20x15 mm [24].

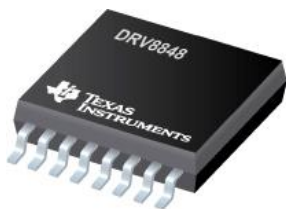
5.4. H-sild

H-sild töötab põhimõttel, mis on näidatud joonisel 5.1 [27].



Joonis 5.3. H-silla skeem

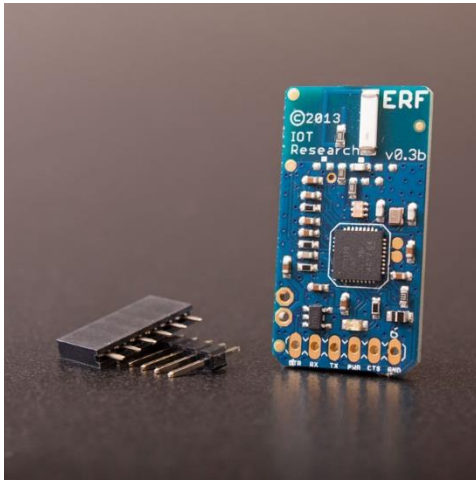
H-sild võimaldab muuta mootori polaarsust või seda lühistada seismajäämise eesmärgil kasutades 4 lülitit. H-sildade üldine piirang on maksimaalne vool, mis tuleneb mootori parameetritest. Mabuchi FK-050SH-13125 suurim tarbitav vool on 1,3 A, mille puhul on ohutu kasutada 2 A piiranguga H-silda. Texas Instruments pakub H-silda, mis sobib 2 mootori kontrollimiseks piiranguga 2 A [19].



Joonis 5.4. DRV8848

5.5. Raadiomoodul

Raadiomoodulit saab kasutada peamiselt edasiarendusena, see võimaldab koguda sõitmise ajal informatsiooni ning selle kaudu on mugavam programmeerida, kui iga kord juhtmeid külge ühendada. Selliseks sobib ERF raadiomoodul, mida müüb Ciseco [21].



Joonis 5.5. ERF raadiomoodul

5.6. Mikrokontroller

Mikrokontrolleri valiku teostan Atmeli toodete seast, kuna Atmeli tooted on olnud töökindlad ja lihtsasti programmeeritavad. Parameetrid, mille alusel valida, on flash mälu suurus, väljaviikude arv, EEPROM suurus, SRAM suurus, protsessori taktsagedus.

Mini sumo robot ei vaja tegelikult võimast kontrollerit, sest informatsioon, mille põhjal tegevused vastu võetakse, on küllaltki lihtne. Andurid on digitaalsed, nii et nende poolt edastatav info piirdub 1 baidiga. Küll aga tasub mõelda edasiarenduste võimaluste peale, et kontroller saaks potentsiaalselt suuremate andmehulkadega hakkama ja ka võimalusel võistlusinformatsiooni flash mällu talletada.

Tingimuste kohapealt peaks olema piisav Atmel ATxmega128A3U, flash mälu 128 Kb, väljaviike 64, 8-bit AVR protsessor, taktsagedus 32 MHz [22].



Joonis 5.6. ATxmega128A3U mikrokontroller

5.7. Komponentide tabel

Tabel 5.1. Komponentide tabel [12, 21-24]

| Komponent | Tarnija | Hind EUR/tükk | Kogus |
|--|-----------|-------------------|-------|
| Sharp GP2Y0D340K | Farnell | 10,39 | 4 |
| OPB606A | Farnell | 1,36 | 2 |
| Turnigy nano-tech 180 mAh 3S 25~40C Lipo Pack | Hobbyking | 5.50 | 1 |
| DRV8848 Dual H-Bridge Motor Driver | Digi-key | 3,93 | 1 |
| ERF raadiomoodul | Ciseco | 19,43 | 1 |
| ATxmega128A3U | Atmel | 2,4 | 1 |
| | | Hind kokku EUR | 75,54 |

5.8. Trükkplaat

Trükkplaadi asukoht robotil lähtub sätestatud põhimõtetest, et andurid ja muud komponendid saaks paigutada ilma liigse juhtmestuseta. Selleks on kasutada järele jäänud ruum roboti keskosas. Trükkplaat kinnitub alusplaadi külge plastikpukside kaudu ohutule kaugusele 2 mm.

6. JUHTIMINE

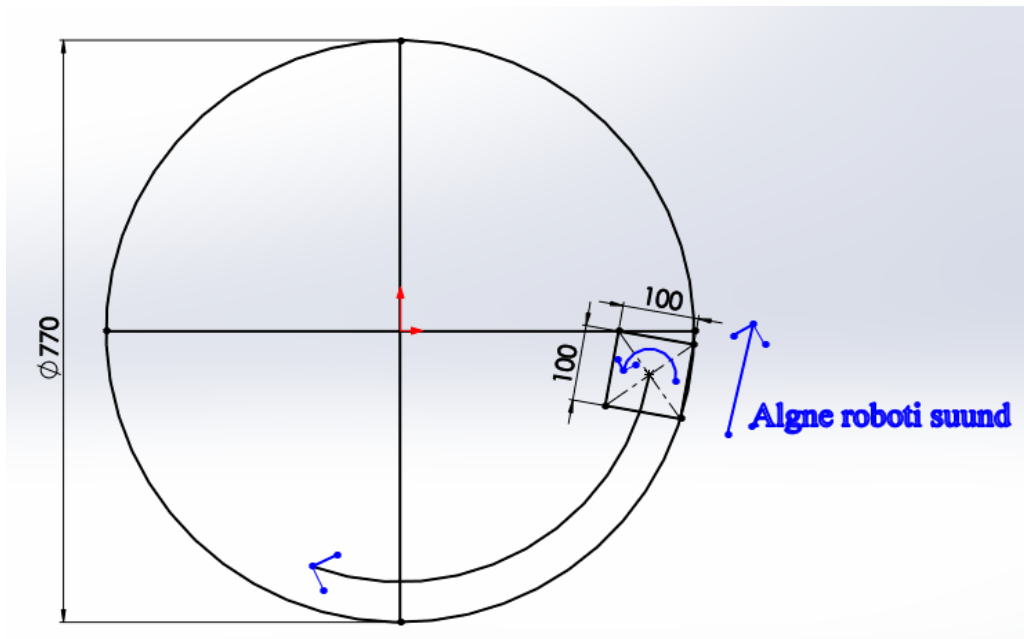
Roboti juhtimiseks on kasutada valitud mikrokontroller Atmel ATxmega128A3U, mille programmeerimiseks on Atmeli poolt pakutav Atmel Studio tarkvara. Programmeerimine käib keeles C [25].

6.1. Strateegiad

Mini sumo võistlusel on kasulik kasutada erinevaid strateegiaid, et ära kasutada vastase nõrkuseid ja vältida vastase tugevustele kaotamist. Strateegia kujutab endast roboti ettedefineeritud käitumist startsignaalist umbes kaks sekundit. Selline süsteem aitab suurendada võiduvõimalusi vastase roboti nõrkuste ärakasutamisel. Selleks tuleb hinnata vastast vaadates tema eelmisi võistlusi või nende puudumisel lihtsalt roboti väljanägemise järgi. Strateegiate realiseerimine on sisuliselt lihtne, lihtsalt hoitakse mootorite väärtuseid mingi aeg mingil väärtusel, mis tähistab ühte manöövrit. Algusstrateegias võib olla ka mitu manöövrit. Näiteks Robot Challenge 2015 võistlusel Viinis osutus võidukaks strateegia, milles robot muutis algul suuna vastupidiseks ja jätkas sõitmist hoopis teisele poole.

Kuna robotite paigutusereeglid erinevad võistluseti, siis on võimalik, et kõik strateegiad ei sobi iga formaadiga. Näiteks Robot Challenge 2015 reeglites on sätestatud, et robot peab alguses osaliselt katma piirjoont ja asetsema vastasest vastassektoris [26]. Kui teised võistlused lähtuvad ühtlustatud mini sumo reeglitest [2]. Strateegiate kujutamisel kasutan Robot Challenge 2015 reegleid, sest neid saab kasutada teiste reeglite järgi, aga vastupidi ei pruugi lubatud olla.

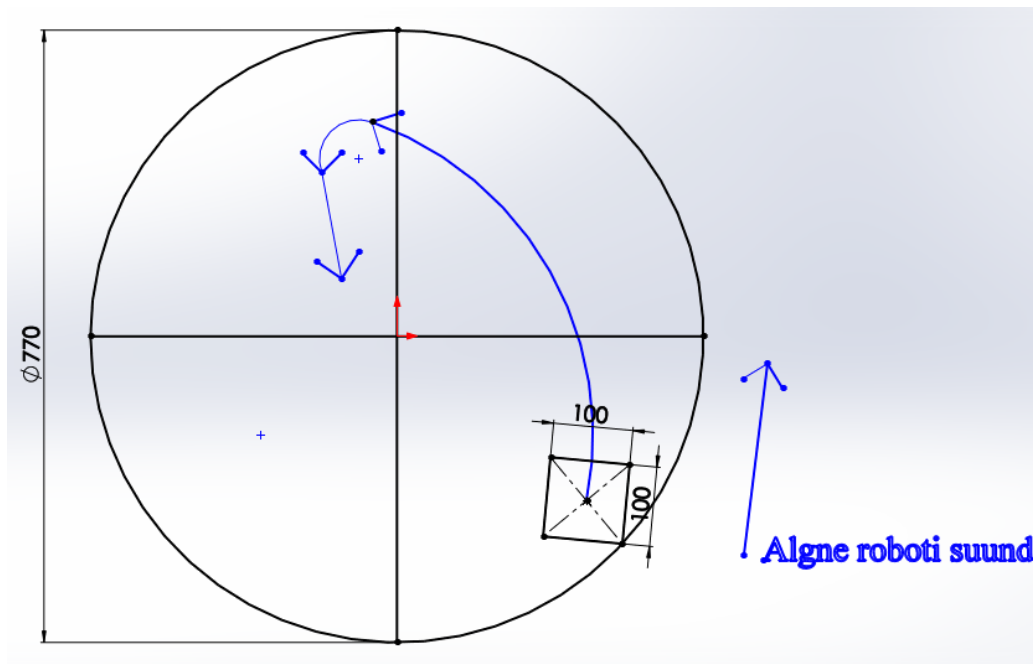
6.1.1. Otstarbekad strateegiad



Joonis 6.1. Strateegia 1

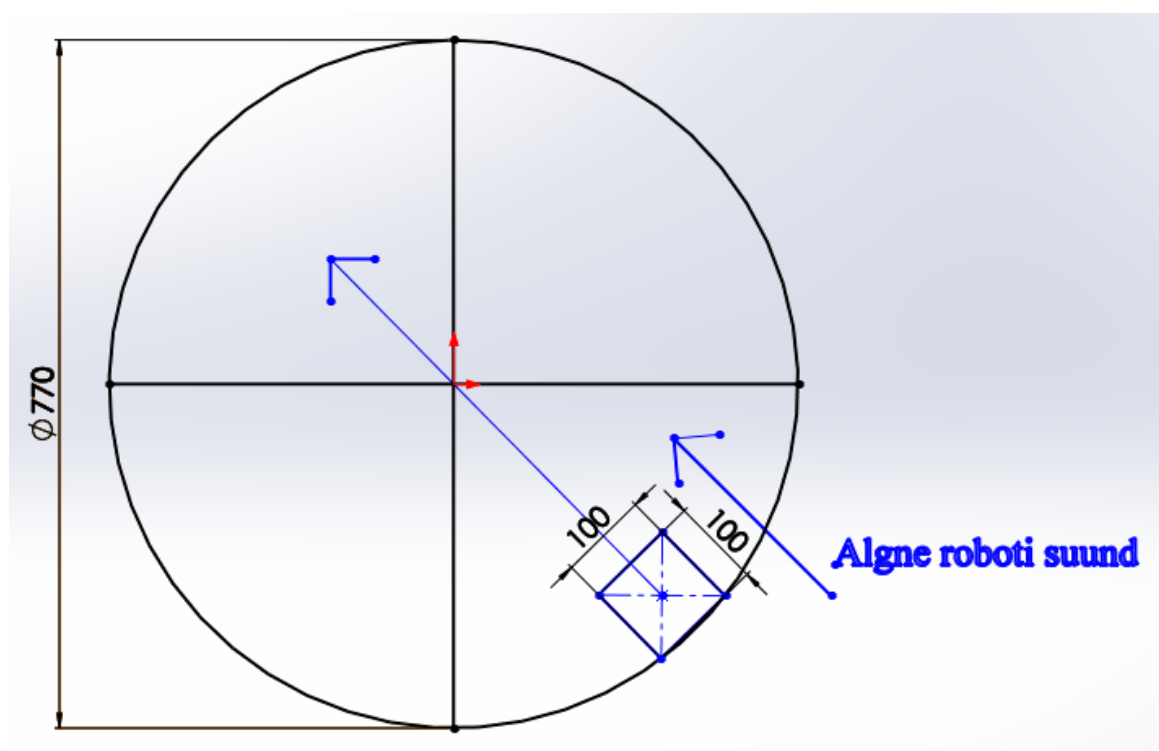
Strateegia 1 (joonis 6.1) kujutab endast sisuliselt petustrateegiat, milles robot ei alusta võistlust liikumisega otse edasi vaid pöörab otsa ringi ja jätkab liikumist vastassuunas algele roboti suunale. Sellist strateegiat võiks olla kasulik kasutada vaheldusena, kui on tehtud mitu võistlust ja vastane võib roboti käitumist ette aimata. Sellisele strateegiale vastav kood lisas 1.

Lisades toodud koodides kasutatavate funktsioonide, muutujate ja lugemite seletused on tabelites 6.1, 6.2 ja 6.3.



Joonis 6.2. Strateegia 2

Strateegia 2 (joonis 6.2) kujutab endast strateegiat, milles robot üritab kiiruse-eelisega vastase taha saada ja seejärel teda tagant poolt rünnata. Nagu mainitud, siis tuleb hinnata vastase robotit ja kasutada tema nõrkuseid. Kui vastane osutub hinnanguna aeglaseks, siis võib selline strateegia ära tasuda. Näitekkood lisis 2.



Joonis 6.3. Strateegia 3

Strateegia 3 (joonis 6.3) kujutab endast kõige lihtsamat strateegiat, mis on mõeldud ära kasutamaks vastase halvemat disaini, või kui lihtsalt mingi muu strateegia ei tasu ära.

Koodi näide lisas 3.

6.2. Roboti üldine tegutsemine väljakul

Pärast valitud algustrateegia lõppu peab robot kuidagi ühtlustatult edasi käituma. Eesmärk oleks sealt nüüd vastase asukoht kindlaks määrata, lihtsamad variandid selleks on koha peal keerutamine või vasakule paremale pendeldamine kuni infrapuna-andurid midagi märkavad.

Koodi näide lisas 4.

Tabel 6.1. Lisades 1-4 olevate funktsioonide seletused

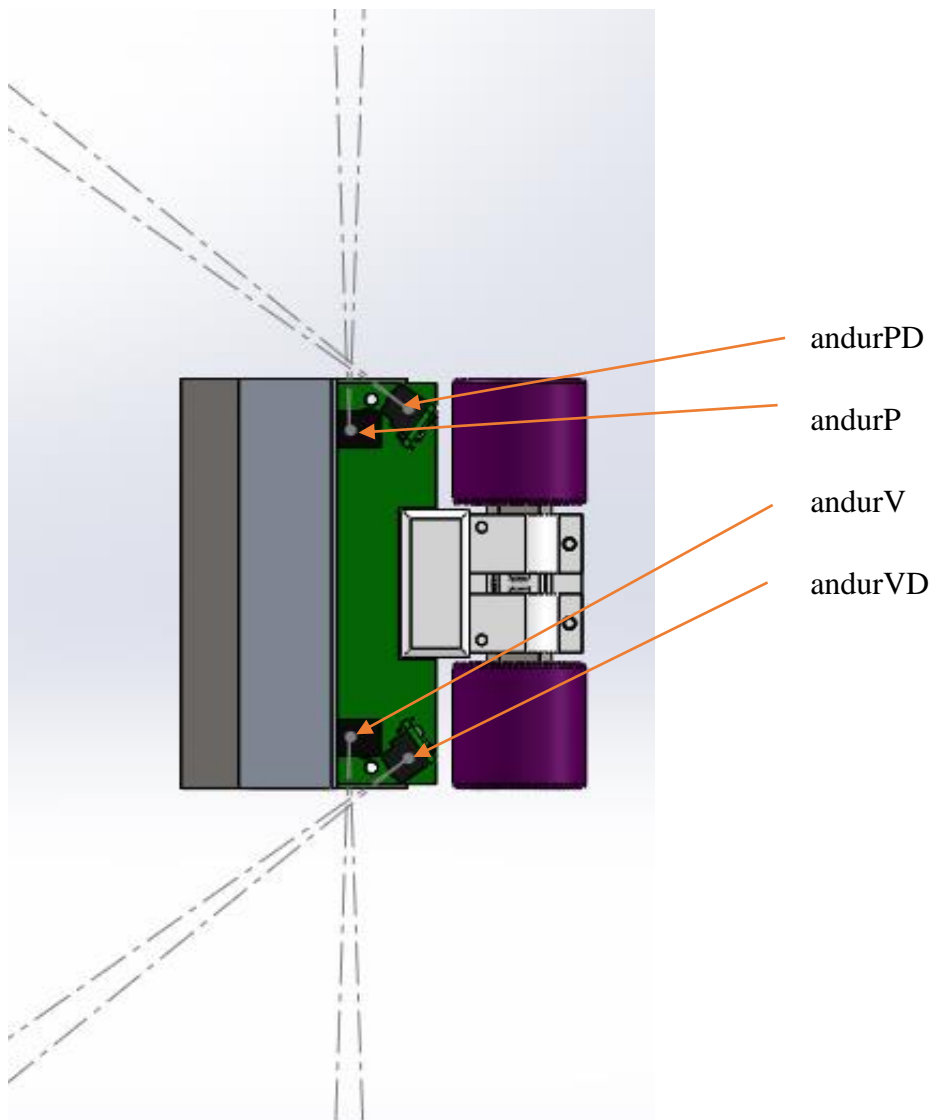
| Funktsiooni tüüp | Funktsiooni nimi | Seletus |
|------------------|------------------|---|
| void(int, int) | MotorsSpeed | Funktsioon, mille parameetrid tähistavad vastavalt vasakule ja paremale mootorile antavaid väärtused kiiruse juhtimiseks. Väärtused on vahemikus -255 kuni 255. |
| void(int) | delay_ms | Viivitusfunktsioon, kus parameetrina sisendatav arv on viivitus millisekundites. |

Tabel 6.2. Lisas 4 olevate muutujate seletused

| Muutuja tüüp | Muutuja nimi | Seletus |
|--------------|--------------|---|
| static int | loendur | Muutuja, mis loendab põhitsükli läbimist ning sellele vastavalt pöörab robotit skännimise osas. |
| bool | flagPD | Lipumuutuja, mis tähistab märgatava objekti viimast asukohta. Kasutatakse aimamaks, kus vastane hetkel asub (kui kaugusandurid hetkel midagi ei märka) ja vastavalt robotile käskluste andmiseks. |
| bool | flagP | |
| bool | flagVD | |
| bool | flagV | |

Tabel 6.3. Lisas 4 olevate lugemite seletused

| Lugemi tagastatava väärtuse tüüp | Lugemi nimi | Seletus |
|----------------------------------|-------------|--|
| bool | paremJoon | Jooneandurite lugemid väärtustel 0 ja 1. Nende põhjal määratakse roboti käitumine raja piirjoone märkamisel. |
| bool | vasakJoon | |
| bool | andurPD | Infrapuna kaugusandurite lugemid väärtusel 0 ja 1. Nende põhjal saadakse teada objekti hetkeline asukoht roboti suhtes. Vastavalt parem diagonaal, parem, vasak diagonaal ja vasak kaugusandur (joonis 6.4). |
| bool | andurP | |
| bool | andurVD | |
| bool | andurV | |

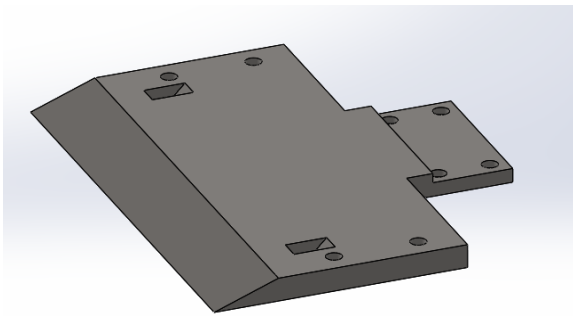


Joonis 6.4. Andurite nägemisväljad

7. KERE DISAIN

7.1. Alusplaat

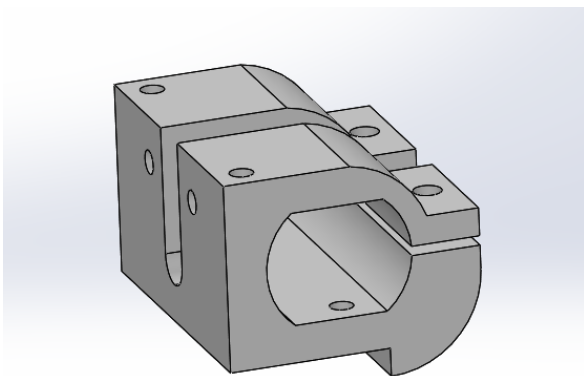
Olemas on terasest alusplaat, mida on mõistlik kasutada, sest sisuliselt selline plaat on hea alus, millele komponendid peale monteerida ja täidab ka masskeskme langetamise ülesannet. Lisaks säästab ka tootmise kulusid, kui kasutada olemasolevat ja sobivat detaili.



Joonis 7.1. Kasutatav alusplaat

7.2. Mootorite kinnitus

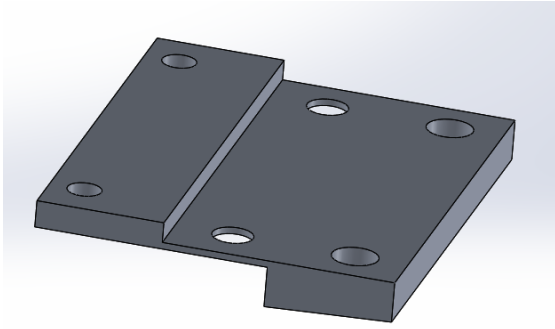
Mootorite kinnitus on fikseerimaks mootorid paigale aluse külge. Tootmistehnoloogiks on 3D printimine materjalist PLA. Joonisel 7.2 on näha mootorite kinnituse disain. Fikseerimine toimub kinnipitsitamise teel, kuna valitud mootoritel pole muid arvestatavaid variante kinnitamiseks.



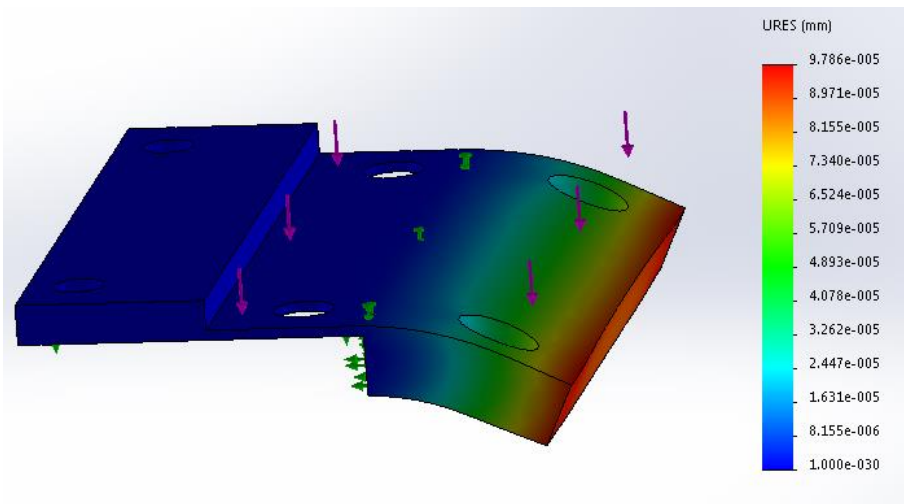
Joonis 7.2. Mootorite kinnituse disain

7.2.1. Vaheplaat mootorite kinnitusele

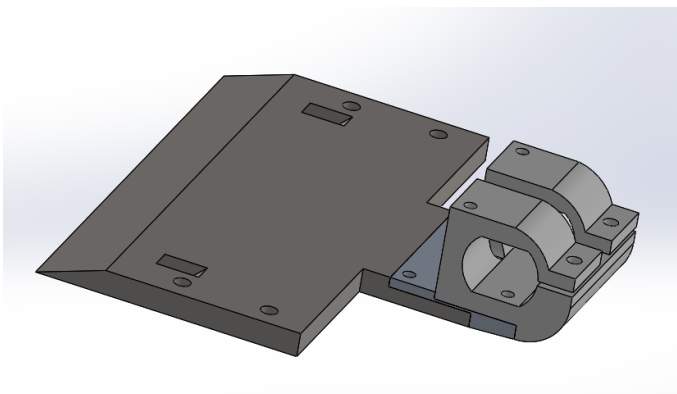
Et kasutada kogu lubatavat pikkust, siis jääb alusplaat veidi lühikeseks. Seda pikendan vaheplaadiga, mille valmistustehnoloogia ja materjal on alumiinium ja freesimine.



Joonis 7.3. Vaheplaat alusplaadi pikenduseks



Joonis 7.4. Simuleeritud deformatsioonid 10 N suuruse jõu korral



Joonis 7.5. Peatükkide 7.1 ja 7.2 detailid koostus

8. OHUTUS

Ohutuse kohapealt on väiksemad ohud mõne komponendi läbipõlemine, mis tekitab sisuliselt ainult majanduslikku kahju või terava alusplaadi servaga sisse lõikamine, mida saab ära hoida ettevaatlikul käsitlemisel või kaitsekinnaste kasutamisel.

Ilmselt kõige ohtlikum detail roboti juures on liitium-polümeer aku, millega ohutuks ümberkäimiseks tuleb silmas pidada järgmiseid nüansse [28].

- Kasutada ainult nende akude jaoks ette nähtud laadijaid – vältida NiCd või NiMh laadijaid.
- Laadida järelevalve all, et tekkivat õnnetust võimalusel ära hoida. Paisuma hakkavat akut tuleb eemaldada laadijast ning umbes 15 minutit jälgimise all hoida – võib tekkida viivitatud keemiline reaktsioon.
- Lühis klemmide vahel võib põhjustada süttimise. Sellisel juhul tasub samuti jälgida akut umbes 15 minutit.
- Mehaaniline kahjustus võib samuti süttimist põhjustada, selleks on jällegi mõistlik hinnanguliselt suure põrutuse tagajärjel hoida akul silma peal.
- Kõrged temperatuurid võivad põhjustada aku süttimise.

KOKKUVÕTE

Töö eesmärk oli disainida TTÜ Robotiklubile mini sumo robot, mis oleks eelnevatest võimekam. Uuest disainist parema jõudluse saavutamiseks oli arendus suuresti põhinev varemalt kasutusel olnud disainide plussidest ja miinustest, mehaanilistest arvutustest ja praktilistest katsetest.

Disaini valikut mõjutasid suuresti ka sätestatud piirangud mini sumo reeglitest. Üldiselt oli teostuse idee lihtsus ja praktilisus.

Elektroonika seisukohalt tähendas see võimalikult väheste juhtmete olemasolu ja ainult ühe trükkplaadi kasutamist. Mehaanilise disaini seisukohalt sai valitud lihtsaim kontseptuaalne disain, mis tundus ka uuendustele vastuvõtlikum olevat. Roboti juhtimise seisukohalt on lihtsam juhtida korraga kaht mootorit kui rohkemaid, eesmärgiga, et robotit manöövreid teostama saada.

Teostatud sai valik optimaalse DC mootori osas. Valik põhines suuresti hinnal, kuid ka eelnevatel kogemustel sama mootori kasutamisel.

Rataste valik põhines lükkamiskatsel, mille käigus selgus parim rattamuster. Katse käigus olid muutujateks lükatava aluse mass ning rattamuster. Ülejäänud tingimused olid teatud piirides konstantsed.

Töö eesmärk sai täidetud ja saavutatud tulemused kajastuvad tulevasel TTÜ Robotiklubi mini sumo robotil.

SUMMARY

The aim of this thesis was to design a Mini Sumo robot that would outperform its predecessors by Tallinn University of Technology Robotics Club. In order to get better performance out of the new design, the development was based on the pros and cons of preexisting designs, mechanical calculations and practical tests.

Getting the most out of the robot by limiting parameters such as the physical size and mass of the robot also affected the design choice. In general, the idea was simplicity.

Considering electronics, it meant having few to no wires to deal with, other than the necessary battery wires and having only one circuit board. Considering mechanical design, it resulted in having the simplest concept choice which seemed also the best for upgrading purposes. In the point of view of controlling the robot, simplicity resulted in having just two motors and wheels for which to be controlled, only two numbers need to be assigned.

The choice for the optimal DC motor was made. The decision was mostly based on the cost of the drive and also knowing the reliability and properties from using it beforehand.

The optimal wheel pattern was chosen based on a test which involved pushing a certain mass in constant conditions. The best solution turned out to be the one being used thus far which was the slick wheel.

The aim of the thesis was successfully accomplished and the results will surely see use in the next Mini Sumo robot created by Tallinn University of Technology Robotics Club.

KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] FingerTech "Silver Spark" 16 mm Gearmotor [WWW]
<http://www.fingertechrobotics.com/proddetail.php?prod=ft-Sspark16> (01.05.2015).
- [2] Unified Robot Sumo Rules [WWW] <http://robogames.net/rules/all-sumo.php>
(01.05.2015).
- [3] Sumo mini finaal [WWW] <http://competition.tsoor.ee/et/node/775> (18.04.2015).
- [4] FAULHABER Drive Systems – Global [WWW] <http://www.faulhaber.com/en/global/>
(03.05.2015).
- [5] Portescap [WWW] www.portescap.com (03.05.2015).
- [6] Mabuchi Motor [WWW] <http://www.mabuchi-motor.co.jp/> (03.05.2015).
- [7] Series 1727 ... C [WWW]
https://fmcc.faulhaber.com/resources/img/EN_1727_C_DFF.PDF (04.05.2015).
- [8] Series 1724 ... SR [WWW]
https://fmcc.faulhaber.com/resources/img/EN_1724_SR_DFF.PDF (04.05.2015).
- [9] 16N78 Athlonix [WWW]
http://www.portescap.com/sites/default/files/16n78_athlonix_specifications.pdf (05.05.2015).
- [10] 17N78 [WWW] http://www.portescap.com/sites/default/files/17n78_specifications_0.pdf
(05.05.2015).
- [11] FK-050SH [WWW] http://www.mabuchi-motor.co.jp/cgi-bin/catalog/e_catalog.cgi?CAT_ID=fk_050sh (05.05.2015).
- [12] Series 15/10 [WWW] https://fmcc.faulhaber.com/resources/img/EN_15-10_FMM.PDF
(04.05.2015).
- [13] R16 [WWW] http://www.portescap.com/sites/default/files/r16_specifications.pdf
(05.05.2015).
- [14] Glockenankermotor shop [WWW] <http://www.glockenankermotor.com/> (04.05.2015).

- [15] Digi-key electronics [WWW] <http://www.digikey.ee/> (04.05.2015).
- [16] RS [WWW] <http://uk.rs-online.com/web/p/gearboxes/1926032/> (04.05.2015).
- [17] Sharp gp2y0d340k [WWW] <http://www.sharpsme.com/download/gp2y0d340k-epdf> (07.05.2015).
- [18] Reflective object sensor [WWW] <http://optekinc.com/datasheets/opb606-607.pdf> (12.05.2015).
- [19] DRV8848 Dual H-Bridge Motor Driver [WWW] <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/drv8848.pdf> (08.05.2015).
- [20] Elite Double 8 [WWW] <http://en.zhermack.com/Technical/Silicones/Duplication/C400820.kl> (08.05.2015).
- [21] Ciseco [WWW] <http://shop.ciseco.co.uk/erf-0-1-pin-spaced-radio-module/> (09.05.2015).
- [22] Atmel [WWW] <http://www.atmel.com/devices/atxmega128a3u.aspx> (10.05.2015).
- [23] Farnell element14 [WWW] <http://ee.farnell.com/> (10.05.2015).
- [24] Hobbyking [WWW] http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/__23339__Turnigy_nano_tech_180mah_3S_25_40C_Lipo_Pack.html (10.05.2015).
- [25] Atmel Studio [WWW] http://www.atmel.com/microsite/atmel_studio6/ (14.05.2015).
- [26] RobotChallenge - Robot Sumo Rules [WWW] http://www.robotchallenge.org/fileadmin/user_upload/_temp_/RobotChallenge/Reglement/R_C-Sumo.pdf (10.05.2015).
- [27] H-Bridges: Theory and Practice [WWW] <http://www.mcmanis.com/chuck/robotics/tutorial/h-bridge/> (10.05.2015).
- [28] Lithium Polymer Batteries [WWW] <http://www.horizonhobby.com/pdf/EFL-LiPoSafetyWarnings.pdf> (13.05.2015).

LISAD

Lisa 1

```
MotorsSpeed(-100, 100); //vasakule mootorile seatakse suurus -100 ja paremale 100,
                        //ehk teostab koha peal ringi pööramist suunaga vasakule
delay_ms(20);          //suurus tähistab millisekundites viivituse aega,
                        //täpne väärtus selgub katsetuste käigus konkreetsetel
                        //tingimustel
MotorsSpeed(150,120); //toimub kaares liikumine paremale,
                        //täpsemad mootorite kiiruse väärtused selguvad samuti
                        //katsetuse käigus
delay_ms(500);        //sellist liikumist peab teostama robot pikemat aega,
                        //kuigi täpsem optimaalne aeg selgub samuti katsetustega
```

Lisa 2

```
MotorsSpeed(200;240); //kiirelt kaares liikumiseks vastavad numbrid
delay_ms(200);        //viivitus kaare liikumise sooritamiseks
MotorsSpeed(30; 100); //mootorite kiirused kitsama kaare sooritamiseks
                        //ringi pööramise eesmärgil,
                        //tuleb ka arvestada seda, et mootorite polaarsuse
                        //vahetamiseks kulub rohkem aega,
                        //kui lihtsalt kiiruse langetamiseks,
                        //seega ei ole alati mõtet
                        //ümberpööramiseks ühele mootorile
                        //tagurpidine liikumine määrata
delay_ms(50);         //viivitus ümberpööramise teostamiseks
MotorsSpeed(200;200); //otseliikumine, eeldatavasti vastase taha
delay_ms(100);        //otseliikumise viivitus
```

Lisa 3

```
MotorsSpeed(255,255); //mootoritele maksimaalsed väärtused
delay_ms(200);        //viivitus, mis rahuldaks ka tingimust,
                        //et robot ei sõida ringilt suure kiirusega välja
```

Lisa 4

```
while()
{
    static int loendur;
    bool flagPD, bool flagP, bool flagVD, bool flagV;
    if (paremJoon) //jooneandurite kontroll ja vastav tegevus
    {
        MotorsSpeed(0;0);
        MotorsSpeed(-50;0);
        delay_ms(50);
    }
    if (vasakJoon)
    {
        MotorsSpeed(0;0);
        MotorsSpeed(0;-50);
        delay_ms(50);
    }
    if (andurPD) //kaugusandurite kontroll ja vastav tegevus
    {
        MotorsSpeed(100,70); flagPD=1;
        flagVD=0; flagP=0; flagV=0;
    }
    if (andurVD)
    {
        MotorsSpeed(70,100); flagVD=1;
        flagPD=0; flagP=0; flagV=0;
    }
    if (andurP)
    {
        MotorsSpeed(100,20); flagP=1;
        flagVD=0; flagPD=0; flagV=0;
    }
    if (andurV)
    {
        MotorsSpeed(20,100); flagV=1;
        flagVD=0; flagP=0; flagPD=0;
    }
    if (!andurPD && flagPD)
    {
        MotorsSpeed(100,100);
    }
    if (!andurVD && flagVD)
    {
        MotorsSpeed(100,100);
    }
    //skännimine
    if loendur<500
    {
        MotorsSpeed(50,-50);
        loendur++;
    }
    else if loendur<1000
    {
        MotorsSpeed(-50,50);
        loendur++;
    }
    else loendur=0;
}
```