



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
MEHAANIKATEADUSKOND

Mehhatroonika Instituut  
Mehhaanosüsteemide Komponentide Õppetool

MHE40LT

*Nikita Anissimov*

## **Automatiseeritud avamisega riidekapp**

BSc Lõputöö

Autor taotleb  
tehnikateaduse bakalaauruse  
akadeemilist kraadi

Tallinn  
2016

## 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..... juhendamisel

“.....” ..... 2016 a.

Töö autor

..... allkiri

Töö vastab lõputööle esitatavatele nõuetele.

“.....” .....2016a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele.

.....õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

“.....” ..... 2016 a.

..... allkiri

## SISUKORD

BAKALAURUSETÖÖ ÜLESANNE .....	5
EESSÕNA.....	6
SISSEJUHATUS.....	7
1. Mehaanilised arvutused.....	9
1.1 Takistus liikumisele.....	9
1.2 Mootorireduktori valik.....	9
1.3 Vajalik mootori võimsus staatilisest takistusest liikumisele.....	10
1.4 Ratta pöörlemiskiiruse arvutamise valem.....	11
2. Hammasratta arvutus .....	12
3. Mootor .....	13
3.1 Mootori valik.....	13
3.2 Kuidas alalisvoolu mootor töötab .....	14
4. Elektroonika .....	16
4.1 Pesad .....	16
4.2 SPI.....	16
4.3 Enkooder .....	17
4.4 Loogika pesa.....	17
5. Toiteplokid.....	18
5.1 Mootori toiteplokk.....	18
5.2 Kontrolleri plaadi toiteplokk .....	19
6. Ekooder .....	20
7. Nupud.....	22
7.1 Nuppu valik.....	22
7.2 Ühendamise skeem.....	22
8. Kapi materjal ja laagrid.....	23
8.1 Materjal.....	23
8.2 Laagrid.....	23
9. Kapi kokkupanek.....	24
10. Tarkvara.....	25
10.1 Ühendamine.....	25
10.2 Atmel Flip 3.4.7.....	26
11. Hammaslati ja hammasratas.....	27
12. Programmeerimine.....	28
12.1 Programmeerimise lühikirjeldus.....	28
12.2 Nupu programm.....	29
13. Projekti maksmus.....	30
14. Kapi vaade.....	31
KOKKUVÕTE.....	32
SUMMARY.....	33
Kirjanduse loetelu.....	34

## Tabelite loetelu

Tabel 1. Mootori andmed.....	13
Tabel 2. Alalisvoolu mootori eelised ja puudused.....	15
Tabel 3 . Toiteploki parameetrid 1.....	18
Tabel 4. Toiteploki parameetrid 2.....	18
Tabel 5. Toiteploki parameetrid.....	19
Tabel 6. Enkoodri sisendid.....	20
Tabel 7. Puitlastplaadi info.....	23
Tabel 8. Projekti maksmus.....	30

## Jooniste loetelu

Joonis 1. Alalisvoolu mootori skeem.....	14
Joonis 2. Kontrolleri plaadi pesad.....	16
Joonis 3. Plaadi toite skeem.....	17
Joonis 4. Toite kontrolleri plaadist mootorile.....	17
Joonis 5. Mootori toiteplokk.....	18
Joonis 6. Kontrolleri plaadi mini USB.....	19
Joonis 7. Kontrolleri plaadi toiteplokk.....	19
Joonis 8. Enkooder.....	20
Joonis 9. Ostsiloskoopi vaade.....	21
Joonis 10. Nupp.....	22
Joonis 11. Nuppu ühendamise skeem.....	22
Joonis 12. Lager rattaga.....	23
Joonis 13. Konfirman.....	24
Joonis 14. Kruvi.....	24
Joonis 15. Draiveri uuendamine.....	25
Joonis 16. Atmel Flip.....	26
Joonis 17. Hammaslati.....	27
Joonis 18. Hammasratas.....	27
Joonis 19. Kapi vaade.....	32

## Lisad

Lisa 1. Kapi joonis koos mõõtmatega.....	35
Lisa 2. Hammasratase joonis koos mõõtmatega.....	36
Lisa 3. Hammaslati joonis koos mõõtmatega.....	37
Lisa 4. Mootori joonis koos mõõtmatega.....	38

TTÜ mehhatroonikainstituut

Mehhanosüsteemide komponentide õppetool

## BAKALAUREUSETÖÖ ÜLESANNE

2016. aasta kevadsemester

Üliõpilane: Nikita Anissimov, 123768MAHB

Õppekava: MAHB09

Juhendaja: dotsent Igor Penkov

Konsultandid:

**LÕPUTÖÖ TEEMA (eesti ja inglise keeles):**

Automatiseeritud avamisega riidekapp

**Wardrobe with automatic opening**

Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1	Üldist materjali kogunemine. Ülesanne püstitus.	22.02.2016
2.	Mehaanilised arvutused	07.03.2016
3.	Cad projekteerimine, mehaaliniline disain	21.03.2016
4.	Elektrimootorid ja ülekanne	04.04.2016
5.	Elektrimootorite juhtimine	18.04.2016
6.	Lõputöö vormistamine	16.05.2016

**Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid:**

Elektrimootorite juhtimine, mehhanismi loomine, majanduslik odavus.

**Esitav graafiline materjal:**

Kaitsmistaotlus esitada dekanaati hiljemalt 16.05.2016  
20.05.2016

**Lõputöö esitamise tähtaeg**

**Üliõpilane** Nikita Anissimov /allkiri/ ..... 3.03.2016

Kontakttelefon 58191936

E-mail: nikitaanissimov@gmail.com

**Juhendaja** Igor Penkov

/allkiri/ ..... kuupäev 3.03.2016

Konfidentsiaalsusnõuded ja muud ettevõttepoolsed tingimused formuleeritakse pöördel

## EESSÕNA

Olen valinud sellist töö teemat selle tõttu, et oli plaanitud teha projekti, kus oleks nii teooria kui praktika. Mul oli mõte ehitada kappi, mis oleks huvitava funktsionaalsusega ja võimalikult odava hinnaga, et kõik huvitatud saaksid muuta oma interjääri automatiseeritud süsteemiga. Selles lõputöös on kirjeldatud kõik komponendid, mis on vajalikud automatiseeritud avamisega riidekapi ehitamiseks, selle projekti elektrilised komponendid, kontrolleriplaadile vajalik tarkvara ning see, kuidas erinevaid komponente kokku panna.

Lõputöö teema valik on inspireeritud minu ideest, et selline kapi lahendus oleks mugav kasutamisel.

## SISSEJUHATUS

Lõputöö ülesandeks on projekteerida kappi, mida oleks võimalik avada nupu vajutamisel. Kapis on kaks ust ja ühte neist on võimalik avada nupu abil. Teine uks avaneb manuaalselt. Nupu vajutamisel avaneb vaid üks uks, kuna tavaliselt igapäeva riideid hoitakse ühes kapi osas, teises osas hoitakse neid asju, mida kasutatakse harva. Avamiseks on kapi seinal kaks nuppu. Kui vajutatakse esimest nuppu, uks läheb avatud asendisse, kui vajutatakse teist, siis uks sulgeb.

Alguses on arvutatud ukse kaalu, selle järgselt on valitud komponendid ukse liikumiseks. Järgmiseks sammuks on mehaanilised arvutused. Mehaanilistest arvutustest saab juba teada, mis mootorit ja mis reduktorit on vaja valida. Edaspidi on valitud ülekanne ja on arvutatud, mis mõõtudega hammasratas tuleb kasutusele. Pärast on saadud ka ligikaudne töö kiirus.

Edaspidi on valitud suurema võimsusega elektrimootor koos kontrolleriplaadiga ja on kirjutatud, mis on selle tüüp, mis parameetrid on sellel mootoril ning mis on selle eelised. Lisaks on seletatud, mis kontrolleri pesad olid kasutatud elektrimootori juhtimiseks, kuidas on ühendatud toiteallikad ning mis on toiteplokkide valik.

Pärast on seletatud, mis tüüpi andur oli kasutatud, kuidas see andur töötab ja kus see asub. On kirjeldatud, kuidas andur ühedub kontrolleriplaadile. On seletatud, mis nupp oli kasutatud ja mis on selle nupu ühendusskeem.

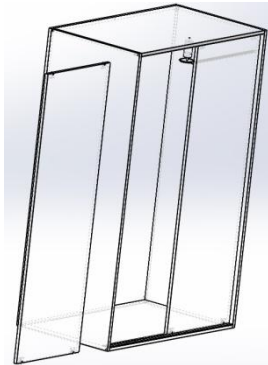
Hiljem on kirjeldatud kapi materjali valiku kriteeriumid, mis tootja ning mis laagrid ja rattad olid valitud selle projekti jaoks. On kirjeldatud kapi kokkupanekut ja on täpsustatud, mismoodi kinnitusega on tegemist. On koostatud tabel, mis annab ülevaadet projekti maksumusest.

Edaspidi on kirjeldatud, mis tarkvara kasutatakse selle kontrolleriplaadiga. On seletatud, mida on vaja paigaldada arvutile, mis tarkvaraga on tegemist, kuidas ühendada kontrolleriplaati arvutiga, kuidas saata käskusid kontrollerile.

Projekti kirjeldamisel on seletatud, mis materjalist oli tehtud hammasratas ja hammaslatt ja kuidas neid saab teha ja kuidas saab neid komponente kinnitada.

Lõpuosas on kirjeldatud programmeerimise põhilised osad, on näidatud, kuidas programmeeritakse mootorit, mis aspektid on olulised mootori liikumise programmeerimisel, kuidas kirjutakse mootori juhtimise koodi, et see töötaks koos nupuga.

Kapp tuleb välja selline.





# 1. Mehhaanilised arvutused

## 1.1 Takistus liikumisele

Materjali kaal

$$1 \text{ m}^2 = 11,39 \text{ kg.}$$

Ukse pindala

$$1,458 * 0,490 = 0,714 \text{ m}^2$$

Ukse kaal

$$0,714 * 11,39 = 8,14 \text{ kg.}$$

Ukse omakaal

$$G = mg = 8,14 \cdot 9,81 \approx 79,85 \text{ N.}$$

Takistus liikumisele.

$$W_h = \frac{2G}{D_r} (\mu + f_t r) k + F_h,$$

kus  $F_h$  – hõõrdejõud rattaääriku ja roopa vahel, N,

$D_r$  – vedava ratta läbimõõt, m,

$r$  – tapi raadius, m,

$\mu$  - veeremise hõõrdetegur,  $\mu \approx 0,0007$  m ,

$f_t$  – tapi hõõrdetegur, veeremise laagreid kasutades  $f_t = 0,01$ ,

$k$  – ratta rummul ja äärikul hõõrdetakistuse arvestatav tegur,  $k = 2$ .

Hõõrdejõud

$$F_h = F_w \cdot f_h$$

kus  $f_h$  – ratta ja roopa vaheline hõõrdetegur,  $f_h = 0,1$ .

Siis

$$F_h = F_w \cdot f_h = 79,85 \cdot 0,1 \approx 7,985 \text{ N}$$

Võrrandist (19) saame

$$W_h = \frac{2G}{D_r} (\mu + f_t r) k + F_h = \frac{2 \cdot 79,85}{0,07} (0,0007 + 0,01 \cdot 0,003) \cdot 2 + 7,985 \approx 11,32 \text{ N.}$$

## 1.2 Mootorireduktori valik

Maksimaalne lubatav kiirendus mootori käivitamisel

$$a_{\max} = \left[ \frac{n_v}{n} \left( \frac{\varphi}{1,2} + f_t \frac{d}{D_r} \right) - (2\mu + f_t d) \frac{k}{D_r} \right] g,$$

kus  $n_v$  – vedava rataste arv,

$n$  – rataste üldarv,

$d$  – tapi läbimõõt, m,

$\varphi$  - ratta ja roopa haardetegur,  $\varphi = 0,12$ ,

$g$  – raskuskiirendus,  $\text{m/s}^2$ .

$$a_{\max} = \left[ \frac{n_v}{n} \left( \frac{\varphi}{1,2} + f_t \frac{d}{D_r} \right) - (2\mu + f_t d) \frac{k}{D_r} \right] g =$$

$$= \left[ \frac{1}{2} \left( \frac{0,12}{1,2} + 0,01 \cdot \frac{0,006}{0,07} \right) - (2 \cdot 0,0007 + 0,01 \cdot 0,006) \frac{2}{0,07} \right] \cdot 9,81 \approx 0,45 \text{ m/s}^2$$

Mootori käivitusmoment

$$M_k = M_t + 1,2 \frac{G_m D_m^2 n_m}{375 t_k} + \frac{G D_r^2 n_m}{375 t_k i^2 \eta}$$

kus  $M_t$  – takistusmoment, Nm,  
 $G_m D_m^2$  – mootori inertsi,  $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ ,  
 $n_m$  – mootori pöörlemisagedus,  $\text{min}^{-1}$ ,  
 $t_k$  – käivitamise aeg, s,  
 $i$  – ülekandearv,  
 $\eta$  – üldkasutegur.

Üldkasutegurit saame võrrandist

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3^6$$

kus  $\eta_1$  – reduktori kasutegur, valime  $\eta_1 = 0,8$ ,  
 $\eta_2$  – ülekande kasutegur,  $\eta_2 = 0,94$ ,  
 $\eta_3$  – laagri kasutegur,  $\eta_3 = 0,99$ .

Siis  $\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3^6 = 0,8 \cdot 0,94 \cdot 0,99^6 \approx 0,74$

### 1.3 Vajalik mootori võimsus staatilisest takistusest liikumisele

$$P_{st} = \frac{W_h v}{\eta}$$

kus  $v$  – liikumiskiirus,  $v \approx 1,14 \text{ m/s}$ .

Siis

$$P_{st} = \frac{W_h v}{1000 \eta} = \frac{11,32 \cdot 1,14}{0,74} \approx 17,44 \text{ W}.$$

Reaalne mootori võimsus

$$P = \frac{M \cdot p}{9549} = 31 \text{ W}.$$

$p = 500 \text{ rpm}$ .

$M = 0,59317 \text{ Nm}$ .

9549 – koefitsient

Lähtudes antud võimsusest valime tigu mootorreduktorit 18,75:1. Mootori pöörlemissagedus  $n_m = 500 \text{ min}^{-1}$ , rootori inerts  $G_m D_m^2 = 0,05 \text{ kg m}^2$ , reduktori ülekandearv  $i_R = 18,75$ , väljundvõlli pöörlemissagedus  $n_p = 62,5 \text{ min}^{-1}$ .

Vedava ratta pöörlemissagedus

$$n_r = \frac{n_p}{i_K} = \frac{62,5}{1} = 62,5 \text{ min}^{-1},$$

kus  $i_K$  – hammasratate ülekandearv.

Käivitamise aeg maksimaalse lubatava kiirendusega.

$$t_k = \frac{v}{a_{\max}} = \frac{1,14}{0,45} \approx 2,53 \text{ s.}$$

Takistusmoment.

$$M_t = \frac{W_h D_r}{2 \cdot i \eta},$$

kus  $i = i_R \cdot i_K = 18,75 \cdot 1 = 18,75$

Siis

$$M_t = \frac{W_h D_r}{2 \cdot i \eta} = \frac{11,32 \cdot 0,007}{2 \cdot 18,75 \cdot 0,74} \approx 0,0028 \text{ Nm.}$$

#### 1.4 Ratta pöörlemiskiirus.

$$W_{cyc} = \frac{62,5}{18,75 \cdot 64} \cdot W\alpha$$

kus

$W_{cyc}$  – pöörlemiskiirus (pööret sekundis);

$W\alpha$  – pöörlemiskiirus mootoriplaadi ühikutes;

62,5 – kiiruse mõõtmise sagedus (Hz);

18,75 – reduktori ülekandetegur;

64 – kiiruse lugemite arv ühe mootori pöörde kohta.

Kiirusele 100 vastab pöörlemiskiirus 5,2 pööret sekundis. 70mm diaametriga ratta joonkiiruseks sellel pöörlemiskiirusel on ligikaudu 1,14 m/s.

## 2. Hammasratta arvutus.

Esimeseks küsimuseks hammasratta ehitamisel on õige hamba profiili ehitamine.

Algandmeteks on hammasratta moodul ( $m$ ), hammasratta hammaste arv ( $z$ ), standartiseeritud nurk ( $\alpha$ ) ja hammasratta läbimõõt  $D = 70$  mm.

$$m = 1;$$

$$z = 20; (1.)$$

$$\alpha = 20^\circ;$$

$$D = 70\text{mm}.$$

Siin arvutustel arvutatakse kõik vajalikud andmed hammasratta valimisel:

- Hammasrataste arvu arvutamise valem.

$$D = m * z$$

$$D = 1 * z, \text{ sealt } z=70 \text{ (tk) (1.)}$$

- Hammaste haripunkti läbimõõdu saab valemist:

$$D_a = D + 2 * m$$

$$D_a = 70 + (2*1) = 72 \text{ mm}.$$

- Hammaste läbimõõdu alampunkt.

$$D_f = D - 2*(c+m)$$

$c$  on kontuuri paaride radiaalne vahe, seda saab valemist

$$c = 0,25 * m = 0,25 * 1 = 0,25.$$

siis

$$D_f = 70 - 2 (0,25+1) = 67,5 \text{ mm}.$$

- Pea übermõõdu läbimõõt.

$$D_b = \cos \alpha * D$$

$$D_b = \cos 20^\circ * 70 = 65,78 \text{ mm}.$$

### 3. Mootor

#### 3.1. Mootori valik

Mootorit tuleb valida niimoodi, et seda võiks timmida, sest kapi ukse avamiseks ja sulgemiseks on vaja kirjutada koodi niimoodi, et ukse sulgemisel ja avamisel mootor ei liiguks edasi. Konkreetse ülesande jaoks on vajalik selline mootor, mida oleks võimalik timmida konkreetsele pöörete arvule. Ukse algasendist lõppasendini seda kalkuleeritakse, arvestades ratta ülekannet. Mootor peab olema madala hinnaga, kuna ei ole mõistlik teha kallist riidekappi. Samal ajal elektrimootor peab olema väikese suurusega, et ruumi kokku hoida. Mootori kasti valitakse niimoodi, et uks ei peaks avama ja sulgema liiga kiiresti või vastupidi liiga aeglaselt.

Valitud mootor on käigukastiga mootor 37Dx68L mm ülekandearvuga 18.75:1. See on jõuline 12V harjudega DC mootor mis töötab koos 18.75 metallist käigukastiga, mis annab vastupidavust võrreldes plastikust kastidega ja integreeritud enkooderi mis annab resolutsiooni 64 lugemist mootori võlli ühe pöörast (1200 lugemist käigukasti lõpp võlli pöörast.). Mootor valitud prototüüpina, sest võimalik otsida ka teist tüüpe mootoreid.

Tehniline info tabelis 1.

Tabel 1. Mootori andmed

Mootori nimetus	Ülekandearv	Kiirus ilma koormuseta (kasutades 12V)	Pöördemoment käivitamisel	Vool käivitamisel	Mootori kaal
37Dx68L mm	18.75:1	500 RPM	0.59317 Nm	5.0 A	210 g

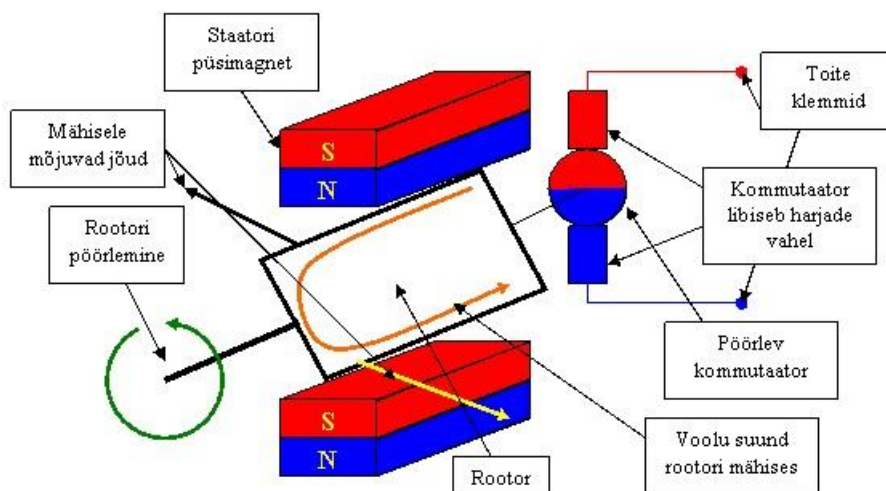
Neid mootoreid kasutatakse 12V pingega allikatena, aga saab kasutada ka väiksema pingega nominaalpingest. Mootor saab pöörduda ainult kui vool on 1V. Suurem pinge vähendab mootori eluiga.

### 3.2. Kuidas alalisvoolu mootor töötab.

Kasutatud mootor on alalisvoolu mootor (ehk DC-Direct Current). Mootor on üks kõige lihtsam mootor. Tema mehaaniliseks väljundiks on võlli pidev pöörlemine. Võrreldes servo- või sammootoriga on alalisvoolu mootor üpris juhitamatu, tema kahel elektriklemmil polaarsusi vahetades saab muuta pöörlemise suunda. Veojõud sõltub toite pingest, nagu ka kiirus. Kiirus sõltub oluliselt ka sellest, kui suur on koormus.

Alalisvoolu mootori puudus on see, et nende jõud on väike aga pöörlemiskiirus väga suur, seega praktilistes rakendustes on vaja kasutada jõudu suurendavat ülekannet (käigukasti). Eeliseks ka see, et võrreldes sammootori ees, on suur erivõimsus (suur võimsus oma massi ja suuruse kohta) ja see, et nad on kõige odavamad mootorid.

Sellise mootori peamiseks koostisosadeks on seisev staator ja pöörlev rootor. Stator koosneb püsिमagnetitest, rootor mähistest ja kommutaatorist. Kui mootorile on rakendatud nõrk koormus (kui väliselt koormust pole, siis on selleks hõõrdejõud laagrites ja kommutaatori ning harjade vahel) siis kasvab kiirus väga suureks, mis võib mõnedele mootorile kahjulik olla, tugev kulumine ja harjade ning kollektori kuumenemine. Samas on ka täielik kinni kiilumine enamikele alalisvoolumootoritele kahjulik – kasvab vool ja mähised kuumenevad. Mootor mis on kasutatud tühikäik on 300 mA.



Joonis 1. Alalisvoolu mootori skeem

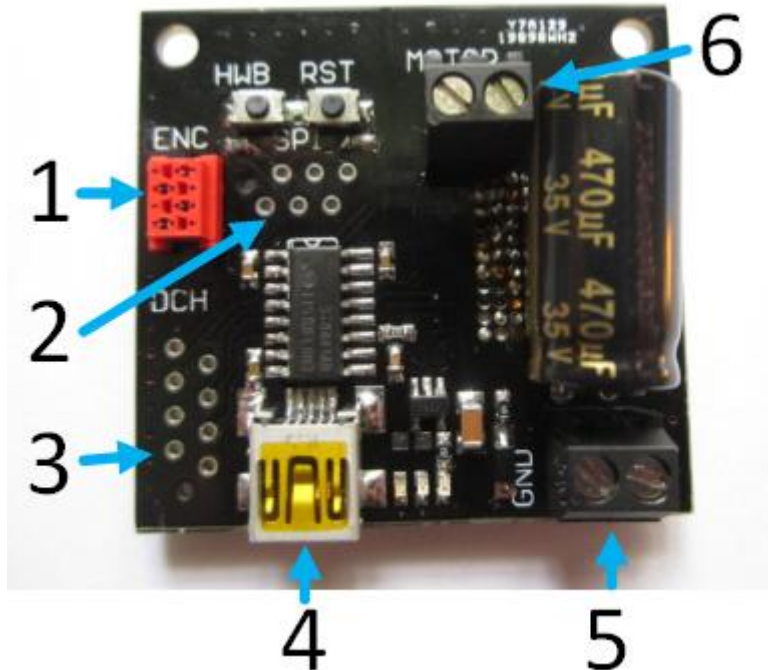
Tabel 2. Alalisvoolu mootori eelised ja puudused

Tüüp	Eelised	Puudused	Tavalised rakendused	Kasutatav toide
Alalisvoolu mootor	Lihtne kiiruse kontroll	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hooldus (harjad)</li> <li>• Keskmine eluiga</li> <li>• Kallis kommutator ja harjad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mänguasjad</li> <li>• Jooksulindid</li> <li>• Autode lisaseadmed</li> </ul>	Alalisvool või pulsilaiusmodulatsioon

## 4. Elektroonika

- Kasutatakse kontrolleri plaadi Atmega32U2.

### 4.1. Pesad



Joonis 2. Kontrolleri plaadi pesad

1. Enkooderi pesa
2. SPI pesa
3. Loogika pesa
4. USB pesa (kontrolleri/plaadi ühendus toimib läbi USB)
5. AKU/Toite ühenduspesa
6. Mootori ühenduspesa

**4.2 SPI-** kasutatakse USB toe puudumisel (Hetkel ei ole realiseeritud SPI pesa suhtlus, puudub tarkvaraline realisatsioon)

1. GND
2. Vcc
3. SS
4. SKC
5. MOSI
6. MISO



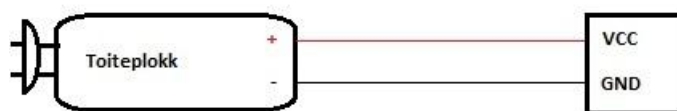
### 4.3 Enkooder

1. GND
2. Vcc
3. ENCA- enkooderi kanal A väljund
4. ENCB- enkooderi kanal B väljund

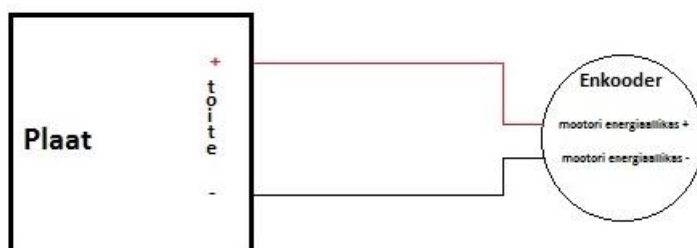
Plaat on ühendatud elektrimotoriga läbi integreeritud magnetanduri ühenduspesa, mille nimeks on enkooder.

### 4.4 Loogika pesa (draiveri juhtimiseks ilma mikrokontrollerita)

1. GND
2. Vcc
3. FAULT – mootoridraiveri veaoleku pesa
4. DIR2 – mootoridraiveri DIR2 sisend
5. DIR1 – mootoridraiveri DIR1 sisend
6. PWM – mootoridraiveri PWM sisend
7. ENCA – enkooderi kanal A väljund
8. ENCB – enkooderi kanal B väljund



Joonis 3. Plaadi toite skeem



Joonis 4. Toite kontrolleri plaadist mootorile

## 5. Toiteplokid

### 5.1 Mootori toiteplokk

Toiteplokinä mootori jaoks valisin Power Pax SW3101D. Selle toiteploki võimsus on 60W. Maksimumvool on 5A. Plokk töötab 220V peal.

Toiteplokk ise on väike, mis võimaldab saada väikest kaalu lõpptoodel, ning paigaldada seda kapi alla või ehitada sisse korpusesse. Uksed liiguvad eraldi ja ei liigu samal ajal, mootori võimsus on 32W, ja selle toiteploki võimsus võimaldab kasutada seda väikel koormusel.

Kuna toiteplokk töötab väikesel koormusel, töötemperatuur jääb mõistliku piires.

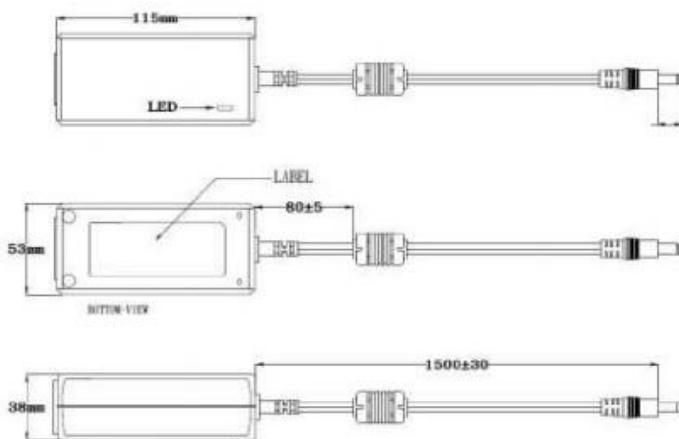
Tabel 3 . Toiteploki parameetrid 1

Nimetus	Väljund	Võimsus	Sisendi ühenduspesa	Väljundi Ühenduspesa	Müra
SW3101D	12vdc 5A	60W	C8 2pin	2,1*5,5*12	120mV

Teiste toiteploki parameetrite tabel.

Tabel 4. Toiteploki parameetrid 2

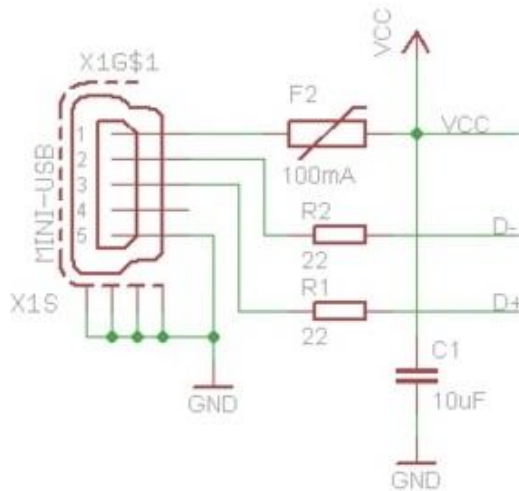
Kaal	Kasti mõõdud	Sisend pinge	Temperatuur kui töötab	MTBF	Energiatarve, kui ei ole koormust
310g	115*53*38mm	100-240Vac (90-264vac maks.)	0°C-40°C	≥ 50,000 tundi.	0,21W



Joonis 5. Mootori toiteplokk

## 5.2 Kontrolleri plaadi toiteplokk.

Plaadi energiaallikana selles projektis kasutasin sisseehitatud mini USB juhtmega toiteplokki. Toiteplokk on ise kompaktne ja sellele ei ole vaja paigaldada lisajuhtmeid.



Joonis 6. Kontrolleri plaadi mini USB

Mini USB juhe toiteplokkist ühendatakse plaadi mini USB pordile



Joonis 7. Kontrolleri plaadi toiteplokk

Tabel 5 Toiteplokki parameetrid

Elektro kontaktide tüüp	Sisend pinge	Väljund pinge	Väljund vool	Kaabli pikkus
EU	100 - 240V	5V	2A	1,05 m

## 6. Enkooder



Joonis 8. Enkooder

Kahekanaline „Hall effect“ enkooder on kasutatud, et tunda magnetketast mootori võlli tagaosas. Kvadratuur kodeeria (encoder) annab resolutsiooni 64 lugemist mootori võlli ühe pöörast kui loendab (counting) mõlemat serva mõlemat kanalit. Et arvutada loendamist võlli väljumist ühe pööre kohta, ülekanearvu korrutakse 64-ga.

Mootoril/kodeerial on 6 erineva värvidega juhet.

Tabel 6. Enkoodri sisendid

Värv	Funktsioon
Punane	Mootori energiaallikas „+“
Must	Mootori energiaallikas „-“
Roheline	Kodeeria GND
Sinine	Kodeeria Vcc(3.5-20V)
Kollane	Kodeeria „A“ väljund
Valge	Kodeeria „B“ väljund

Hall sensor vajab sisendpinget Vcc 3.5-10 V vahemikus ja juhib maksimaalselt 10 mA.

A ja B väljundid on täisnurklained (90°) 0 (null voldist) Vcc-ni umbes 90° faasist. Sagedus üleminekuid annab teada mootori kiirusest ja ülemineku järjekord ütleb mootori pöörlemise suunda.

Kasutades ostsilloskoopi, saab näha A ja B (kollast ja sinist värvi) kodeerija väljundit, kasutades mootorit pingel 12 V ja Hall sensorit Vcc 5 V peal (joonis 2.)



Joonis 9. Ostsiloskoopi vaade

Lugedes mõlemad tõusvad ja langevad servad mõlemast A ja B väljunditest, võimalik saada 64 loendust mootori võlli pöörlemise kohta. Kasutades ainult ühe serva ühest kanalit tulemuseks on 16 loendust mootori võlli pöörlemise kohta.

## 7. Nupud

### 7.1 Nuppu valik

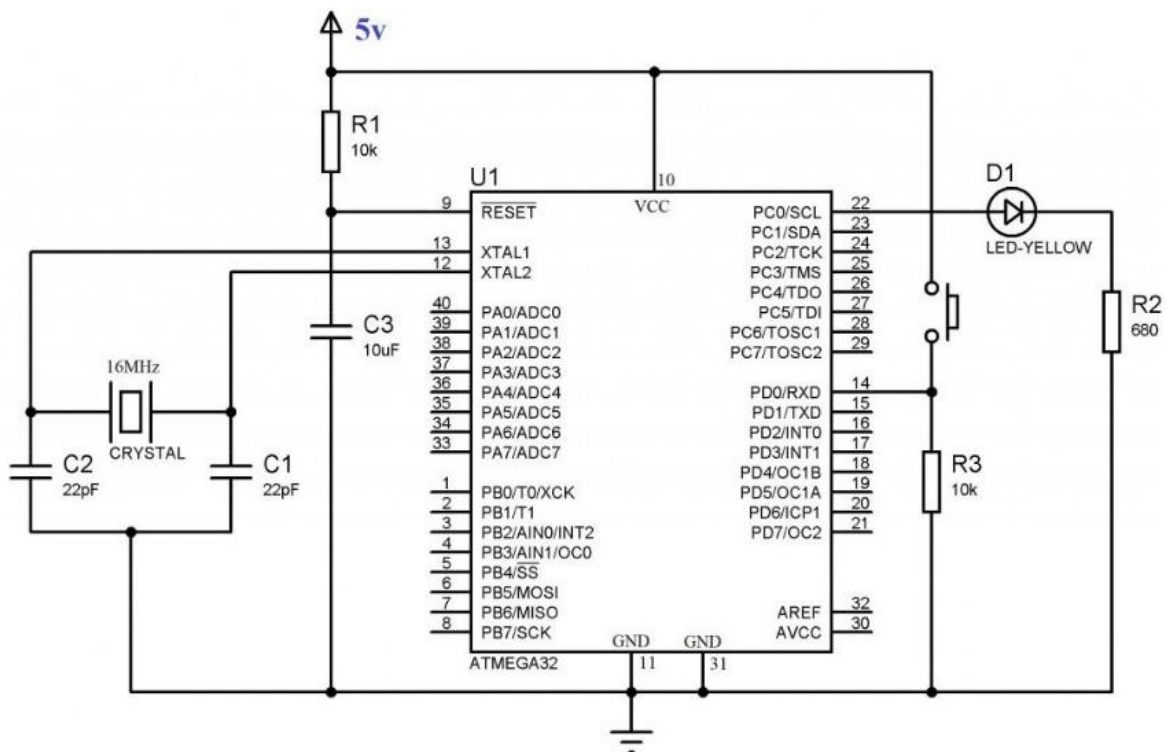
Ukse avamiseks ja sulgemiseks valisin nuppu, mis annab signaali kontrolleriplaadile vajutamisel, ja mis lülitub välja kohe pärast vajutamist. Tekib signaal ja kontrolleriplaat lülitab programmi sisse. Kui ust on vaja kinni panna, nuppu vajutatakse uuesti ja uks sulgeb.



Joonis 10. Nupp

### 7.2 Ühendamise skeem

10  $\mu$ F kondensaator ja 10K $\Omega$  takisti on kasutatud, et varuda Power On Reset (POR) samal ajal kui kontrolleriplaat hakkab töötama. LED on ühendatud esimesele mikrokontrolleri pin-iga PORTC (PC0), ja takisti on kasutatud, et piirata voolu. Nupp on ühendatud mikrokontrolleri esimese pin-iga PORTD (PD0), ja tambimise alla takisti on mõeldud selleks, et teha sisendit madalaks (LOW), kui nupp ei ole vajutatud.



Joonis 11. Nuppu ühendamise skeem

## 8. Kapi materjal ja laagrid.

### 8.1 Materjal

Kapi materjaliks on valitud lamineeritud puitlastplaat (16 mm).

Lamineeritud puitlastplaat on puitplaat, mis on valmistatud kõrgel temperatuuril ja survel kokku pressitud puitlaastust ja sideainest. Pärast plaadi valmistamist kaetakse puitplaati lamineeritud kihiga, mis annab puitplaadile vastupidavust, veekindlust ja lubab valida tekstuuri, mis oleks kõige sobilikum konkreetsele interjööri.

Lamineeritud puitlastplaadi paksus jääb enamasti vahemikku 6-28mm. Valitud paksus on 16 mm, mis on optimaalne lahendus kapi jaoks. Enamus kappidest on tehtud just 16 mm lamineeritud puitlastplaadist, mis annab suurt tugevust konstruktsioonile ja head väljanägemust.

Plaadi tihedus on kuni 700kg/m<sup>3</sup>, niiskussisaldus jääb vahemikku 5-13%.

Tabelist on näha, et erinevad tootjad pakuvad erineva kaaluga plaate, see sõltub tootmisprotsessist, materjali tihedusest, kasutatud liimi kogusest ja plaadi sisse jäänud niiskusest. Liiga suur kaal võib põhjendada plaadi kuivamise tehnoloogia rikkumist, aga liiga väike kaal võib mõjuda negatiivselt konstruktsiooni tugevusele. On calitud Swisspan tootja, sest selle tootja lamineeritud puitlastplaatidel on suurem tugevus ja on võimalik valida plaadi suurust.

Tabel 7. Puitlastplaadi info

Tootja	Puitlastplaadi mõõdud, mm	Kaal, kg	
		1m <sup>3</sup> kohta	Plaadi kohta
Swisspan	2440*1830*16	11,39	50,9
	2750*1830*16	11,39	57,3
Egger	2800*2070*16	10,36	60,00

### 8.2 Laagrid

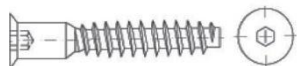
Kuna kapi konstruktsioonil ei esine suurt koormust ega suurt laagrite kulumist, valisin nailon kattega laagreid, mis on odavad, kannatavad vajalikku koormust, ja nende eeliseks on see, et need on valmistoode, mis koosneb laagrist ja nailonist rattast. Üks ratas maksab 0.8€. Nailon ratas näitab ennast väga hästi mööbli valmistamisel. Nailon kattega ratta liikumine on vaikne, mis on ideaalne lahendus kapi ukse liikumiseks.



Joonis 12. Laager rattaga

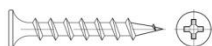
## 9. Kapi kokkupanek

- Kapi korpus on tehtud puitlastplaadist, kapi korpuse detailide kokku pannekul kasutasin konfirmante. Konfirmantide mõõdud on 7 \* 50 mm, lõikudega CH3.



Joonis 13. Konfirmant

- Kapi ukсед on samuti tehtud puitlastplaadist, ja ukselele on sisseehitatud rattad koos laagritega. Korpuses on puuritud avad laagri võlli jaoks. Võllid on fikseeritud epoksiidliimiga. Võllid liimitakse, et tagada uksele hea välimuse. Liimi kasutamisel ei ole vaja puurida lisauuke, ja võll on ühel tasemel paki uksega.
- Kapi ukсед liiguvad juhtliistude abil. Juhtliistud on tehtud vineerist ja firseeritud kruvidega. Kruvide mõõdud on 5 \* 15 mm.



Joonis 14. Kruvi

- Mootorile on projekteeritud kast, mis kinnitub korpusele poldiga. Poldi mõõt on M6 \* 35 mm, mutter on M6, tefloon tugevusega.
- Kontrolleriplaat on fikseeritud kapi korpuse ülemise osale ja kinnitatud nelja poldiga M2\* 10 mm.
- Toiteplokid ei ole fikseeritud, need asuvad seal, kus on mugavam neid panna.
- Hammaslati kinnitakse parema ukse tagaseinale epoksiidliimiga.

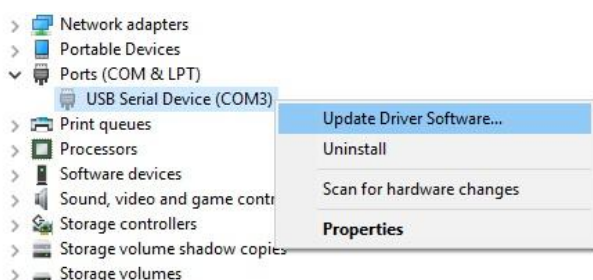


## 10. Tarkvara

Tarkvara, mis on vajalik kontrolleri kasutamiseks, sobib mitte ainult konkreetsele siin kasutatud kontrolleri, vaid ka arduino plaadile. Atmega32U2 kontrolleriplaadi töötamiseks on vajalik järgmine tarkvara:

- Atmel Flip 3.4.7
- HTerm
- Driveri tarkvara

Oli kasutatud arvuti Windows 10-ga (x64). Mooduli kasutamiseks Windows operatsioonsüsteemiga on vaja paigaldada Windows Driver Inttallerit. See driver võimaldab otsida arvuti seadmehalduses tundmatut seadet ja uuendada vajaliku driveri tarkvara. Driveri tarkvara otsitakse C:\Program Files (x86)\Atmel\Fliip 3.4.7\usb kaustast ja paigaldatakse manuaalselt läbi seadmehalduse. Paigaldamisel valitakse kausta, kus see driver asub, edasi „InstallShield“ paigaldab driveri automaatselt.



Joonis 15. Draiveri uuendamine

### 10.1 Ühendamine

USB kaabli ühendamisel mooduli ja arvutiga tekib arvutisse virtuaalne jadaliidese port (COM). Ühenduste loomiseks võib kasutada programmi HTerm järgmise seadetega:

- Modulatsiooni kiirus (Baud rate): 115200
- Andmebiiti (Data bits): 8
- Stoppbitti (Stop Bits): 1
- Paarsus ja muud kontrollid väljas
- Send on enter: CR-LF

Pärast ühendamise loomist saab moodulile saata käske Hterm tarkvaras.

## 10.2 Atmel flip 3.4.7

Atmel flip tarkvara on vaja, et liita arvutit kontrolleriplaadiga, teha ühendust, et saaks edasi koodi plaadile laadida.

1) Esimeks sammuks on laadida tarkvara. Tarkvara versiooniks oli valitud 3.4.7, kuna seadmete valiku menüüst saab valida ATmega32U2, mis on vajalik selle plaadi kasutamiseks. Vanemates tarkvara versioonides valikus olid vaid vanad plaadid (Atmel Flip versioon 2.4.6). Atmel Flip vajab ka Java-t. On pandud Java versioon 7 (uuendus 45, build 1.7.0\_45-b18).

2) Teiseks sammuks on sisenemine ATmega bootloaaderisse, selleks on vaja:

- Hoida HWB nuppu plaadil.
- Vajutada RST nuppu plaadil.
- Lasta lahti HWB nuppu.

Kui Atmegale ei olnud varem paigaldatud püsivara, siseneb ATmega kohe bootloaaderisse, paigaldasin seda, kuna ei olnud kasutanud seda varem.

3) Bootloaaderi driver paigaldatakse läbi seadmehalduse. Driveri leitakse kaustast C:\Program files (x86)\Atmel\FliP 3.4.7\usb

4) Avatakse Atmel Flip.

5) Valitakse sobiv Atmega (Ctrl+S, siis valitakse Atmega32U2)

6) Laetakse hex fail (Ctrl+U), hex fail enne laaditud.

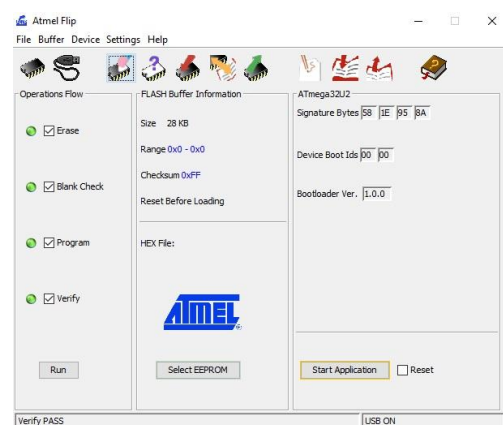
7) Valitakse USB bootloaaderi ühendust (Ctrl+U)

8) Eemaldatakse linnuke Reset valiku ees (nupu start application kõrvalt)

9) Püsivara paigaldamiseks vajutatakse Run.

10) ATmega programmi käivitamiseks vajutatakse „Start Application“ nuppu.

Nüüd ATmega alustab programmi täitmist kohe pärast reseti või toite ühendamist.



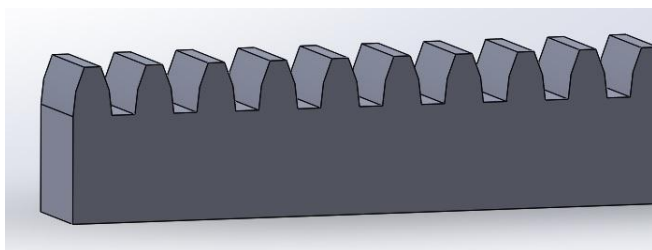
Joonis 16. Atmel Flip

## 11. Hammaslati ja hammasratas

Selleks, et liigutada uksi, valisin hammaslati ja hammasratast. Kui otsida internetist, ei saa leida sellist hammaslati ja hammasratast, et need sobiksid hästi konkreetsele projekte. Pärast otsimist sain teada, et parem on teha mudeli Solid Works tarkvaras ja pärast printida detailid 3D printeriga. Ukse liikumisel tekib väike koormus ja plastikust detailid kannatavad seda hästi. 3D printeri printimise platvorm on piiratud mõõduga, mille pärast tuleb detaili (hammaslati) printida osadena.

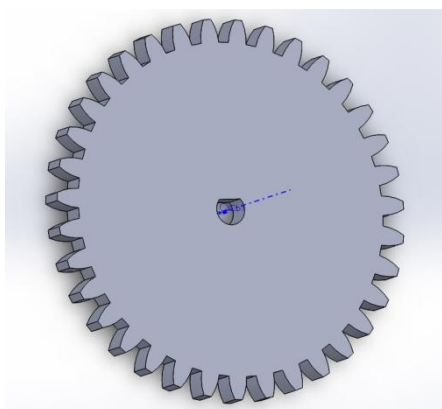
Hammasrattaga on sama lahendus, tehakse mudeli Solid Works tarkvaras ja prinditakse plastikust.

Plastiku materjaliks valisin ABS, sest seda tüüpi plastikut kasutatakse printimiseks auto tootmises ja selline plastik on tugevam teistest plastikutest, mis on kasutatud printimiseks.



Joonis 17. Hammaslati

Hammasratas on ühekordse kasutamise paigaldamise võimalusega, kuna see on kinnitatud mootorivõllile epoksiidliimiga. Kui tekib olukord, et on vaja vahetada hammasratast, prinditakse 3D printeriga uut ja vahetatakse ära.



Joonis 18. Hammasratas

## 12. Programmeerimine

### 12.1 Programmeerimise lühikirjeldus

Programmi kirjutamine koosneb neljast osast. Lisaks on nupu programm.

- Esimene liide.

Esimesel osal on vaja anda mootorile teada, kuidas plaat ühendub mootoriga. Selleks on olemas valmis kood (hex failina). See kood tuleb koos plaadiga, see on baas.

Koodi näide

```
:100000000C94A2000C94F5040C9419050C94BF00F8
:100010000C94BF000C94BF000C94BF000C94BF0064
:100020000C94BF000C9466050C94BF000C945E0108
:100030000C9498010C94BF000C94BF000C94BF006A
:100040000C94BF000C94BF000C94BF000C943D05B1
:100050000C94BF000C94BF000C94BF000C94BF0024
:100060000C94BF000C94BF000C94BF000C94BF0014
```

- Teine liide.

Teine abstraktsioon on kood, kus on vaja programmeerida mootori kiirust, kus Tavalised käsud mis on andud tabelis

Koodi osad

```
o s =
    serial.Serial("/dev/ttyACM"+str(i),timeout=1,parity=serial.PARITY_
    NONE,baudrate=115200)
```

dev/ttyACM: valitakse COM port ühendust, mis port tuleb kasutada.

Modulatsiooni kiiruseks pannakse 115200

```
o def go_pid(self,dev,speed):
    #Motor speed -190..190
    if self.battery:
        self.send_command(dev,"sd"+str(speed)+"\n")
```

See osa koodist vastab kiiruse käskudele. "sd" on mootori pöörlemise kiirus.

- Kolmas liide.

Eesmärgiks on luua liides, mis võimaldab kontrollida mootorit kauguste järgi. See liidese implementatsioon sisaldaks loogikat: kuidas muuta mootori kiiruseid ajas nii, et kapiukse liikumine oleks sujuv

Koodi kirjutamisel arvestatakse neid faktoreid: on vaja teada, kui palju mootor peab pöörlema, selleks kasutatakse enkoodrit. Enkoodri andur annab teada iga kord pärast pöörlemise loendust, et mootor pöörlenud ühe korra. Mootorile paigaldatakse hammasratast ja mõõdetakse, kui suur distants on läbitud. Edasi arvutatakse, mitu pööret on vaja ja pannakse seda arvu koodile.

- Neljas liide.

Neljanda abstraktsiooni koodi mõte on see, et kirjutatakse käskusid ukse avamiseks ja sulgemiseks.

## 12.2 Nupu programm

```
#include <avr/io.h>
#include <util/delay.h>

int main(void)
{
    DDRC |= (1<<PC0); // Seadistub esimene pin pordis C (PORTC) väljundiks.
    // OR DDRC = 0x01;
    DDRD &= ~(1<<PD0); // Seadistub esimene pin pordis D (PORTD) nagu sisend.
    // OR DDRD = 0x00; // Seadistub kõik pin pordis D (PORTD) nagu sisend.

    while(1) //infinite loop
    {
        if(PIND & (1<<PD0) == 1) // Kui nupp on pressitud
        {
            PORTC |= (1<<PC0); // Lülitub sisse LED
            _delay_ms(3000); //3 second delay viivitus, kui pikaks ajaksviivitus (sekundites).
            PORTC &= ~(1<<PC0); //Lülitub välja LED
        }
    }
}
```

### 13. Projekti maksmus

Tabel 8. Projekti maksmus

Detaili nimetus	Kogus (tk.)	Hind (eur.)
Mootor koos encoordiga ja redukoriga	1	35
Nupud	2	2
Rattad koos laagritega	4	5
Hammasratas	1	5
Hammaslati	1	10
Plaat	1	~20
Mootori toiteplokk	1	16,6
Puitlastplaadi materjal	2	~60
Toiteploki lisajuhe	1	5
Epoksiid liim	1	8
Mootori fikseerimise plaat	1	10
Konfirmat; kruvid	16; 18	4,8 ; 1,8
Polt, mutter ( korpus )	1, 1	1
Kontrollei toiteplokk	1	0,96
<b>Projekt kokku:</b>	<b>1</b>	<b>185,16</b>

Tabelist on näha, et projekti hind jääb väikeseks, kui tegemist on konkreetselt selle kapi mudeliga. On võimalik, et projekti valmistamisel tekivad lisakulud. See lõplik summa võib erineda arvutatud summast 50 euri võrra. Kui see oleks kapp kahe automaatselt avatava uksega, siis hind tuleb ka kõrgem, sest oleks vaja kasutada veel ühte mootorit koos enkoodri ja redukoriga, ühte hammasratas koos ammaslatiga, juhtplaati, kahte nuppu.

Kui tehakse teist mudelit, muudetakse ka kapi konstruktsiooni. Seega saab järeldada, et maksumus muutub kõrgemaks (ligikaudu 90 – 120 euro võrra).

Kapp on tühi, et igaüks saaks integreerida just neid riidehoidjaid, mis on vajalikud konkreetsele inimesele. Näiteks kui inimene töötab kontoris, siis ta saab valida riidehoidjaid klassikaliste riiete hoidmiseks. Kui inimene on mootorrattur, siis ta saab panna kappi tugevamaid riidehoidjaid, mis on samal ajal ka teise konstruktsiooniga, lisaks ka mootosaabaste hoidjat.

Seda projekti võiks nimetada baaskappiks, mis on universaalne.

## 14.Kapi vaade



Joonis 19. Kapi vaade

## KOKKUVÕTE

Olen valinud seda ideed enda bakalauruse töö teemaks, kuna selle lõpp-produks tundus huvitav ja kasulik suurele hulgale inimestele ning selle maksumus pole suur. Hakkasin tegelema just selle teemaga, kuna siin on olemas nii teoreetilised kui ka praktilised aspektid. Bakalauruse töö oli tehtud Igor Penkov juhendamisel.

Kapi ehitamisel selgus, et on võimalik kasutada väikest elektrimootorit, mida kasutatakse enamasti robotitel. Samal ajal automatiseeritud kapi ehitamine nullist ei ole kõige raskem asi ja komponentide valik on absoluutselt reaalne selleks projektiks.

Komponentide valikut alustasin mootorist ja leidsin mootorit, mida kasutatakse robotitel. Leidsin, et mootorit on võimalik tellida koos anduriga, mis asub mootori võlli tagaosas. Järgmiseks etapiks oli kontrolleri. Sain informatsiooni, et seda mootorit kasutati Robotika 2012 projektis, ja oli selge, et praktiliselt kõik töötab. Pärast kontrolleri valimist kirjeldasin, kuidas ühendada seda arvutiga, kirjutasin ka kuidas ühendada nuppu.

Hakkasin tegelema ülekannetega, valisin kõige mõistlikumat ja täpsemat ülekannet selle projekti jaoks - hammasratas ülekannet. Kuna selliste mõõdudega hammasratas minna pole leidnud turul, hakkasin valmistada mudelit Solid Works tarkvaras, et saaks printida seda 3D printeriga.

Lõpuks oli vaja paigaldada süsteemi liikumiseks mõeldud komponendid korpuse sisse. Kapi projekteerimisel arvestasin, et mõõdud peavad olema standartsed, nagu enamus tooteid turul. Projekteerimine oli tehtud Solid Works tarkvaras, ja on olemas kõik komponendid lõpptoote ehitamiseks.

Kokkuvõtteks, sai tehtud palju tööd, et saaks kappi realiseerida. Kõik komponendid on kirjeldatud niimodi, et ei tekkiks probleeme kokkupanekul. On antud andmed, mis elektroonikat kasutada, kust neid komponente saab leida ja lõplik ligikaudne projekti hind.



## **SUMMARY**

I have selected this idea to be my bachelour work topic, as its end result seemed to be interesting and useful for a big ampunt of people and its cost isn't high. I started dealing with that topic because there are both theory and practice aspects. Bachelour work was done by the guidance of Igor Penkov.

In the process of building the automatic wardrobe I understood, that it is possible to use small electrical motor, which is mainly used in robots. In the same time building automatic wardrobe from zero is not the hardest thing to do, and selection of the components is absolutely realistic for that project.

Selection of components started from motor, and I found motor, which is used in robots. I found, that it is possible to order motor with a sensor, which is located in the back of the motor shaft. Next thing to find was controller. I got information, that this motor was used in Robotika 2012 project, and it was clear that all works in practice. After microcontroller was chosen I described how to connect it to computer, also wrote how to connect push button to microcontroller.

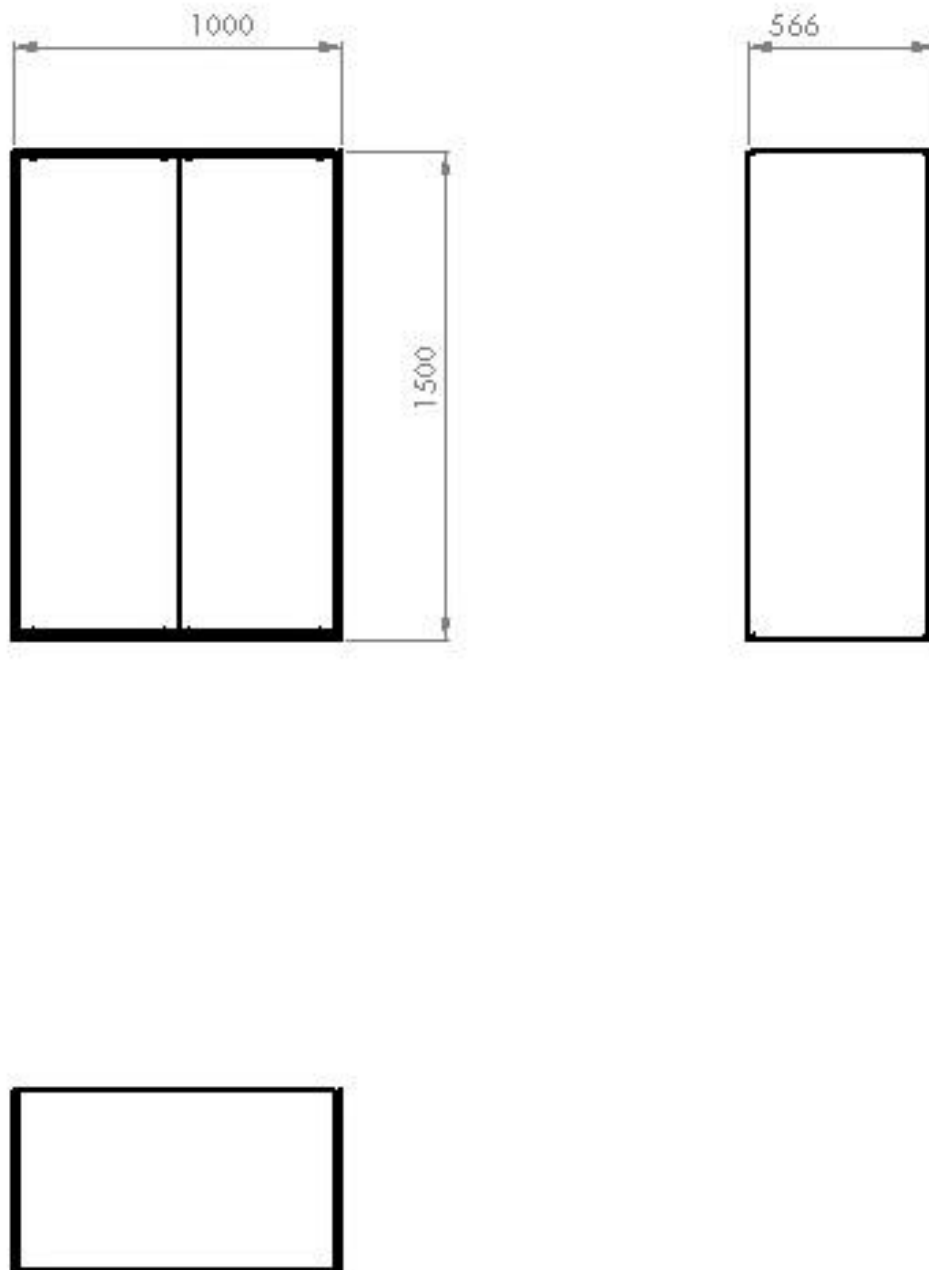
Having started dealing with gears, I have chosen the most suitable and accurate transmission for that project - geared transmission. As I haven't found needed geared pulley, I started doing a model in Solid Works software to print it later with a 3D printer.

Finally I needed to install components of moving door to a trunk. When wardrobe trunk was designed I thought that I should do it with standart dimentions, as the most products on markets. Designing was done in Solid Works software and there are all components needed for builduing the end product.

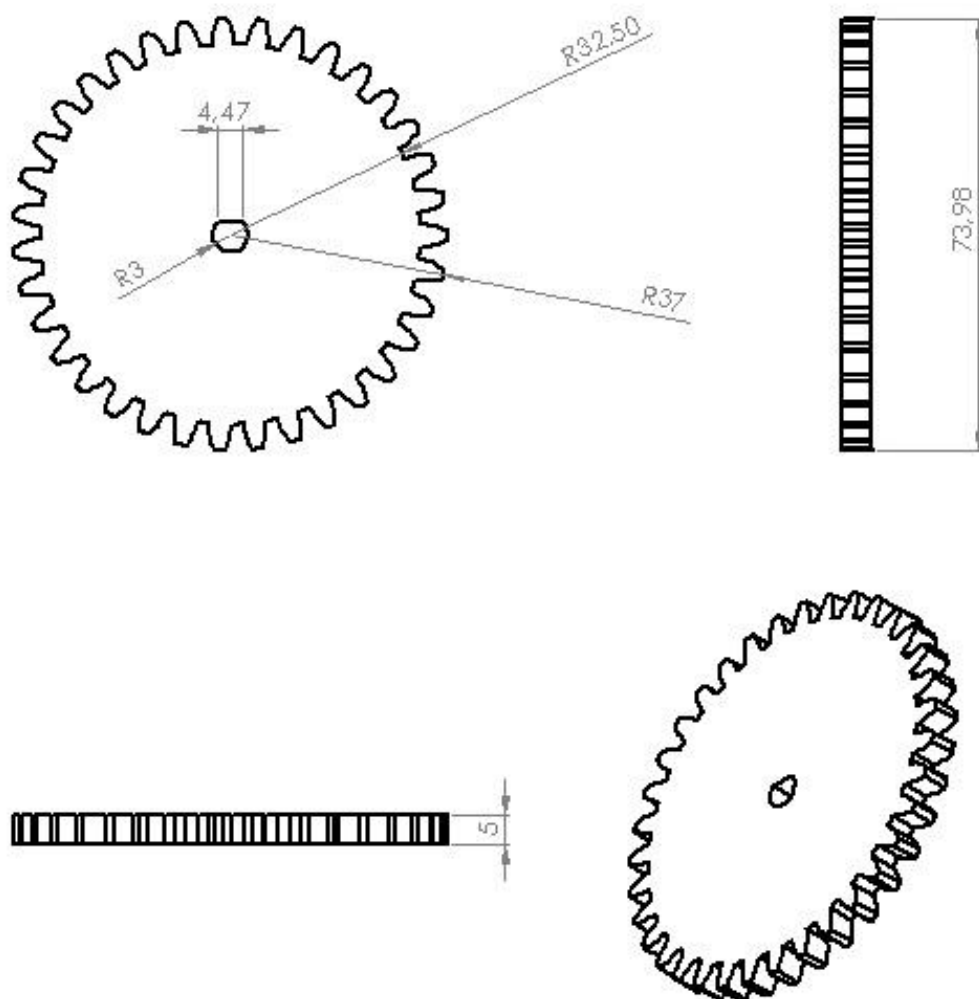
In conclusion, a lot of work was done to make realisation of the wardrobe with automatic opening possible. All components are described so that problems with assembly would be avoided. There is given the data which electronics to use, where to find these components, and the approximate price of the project.

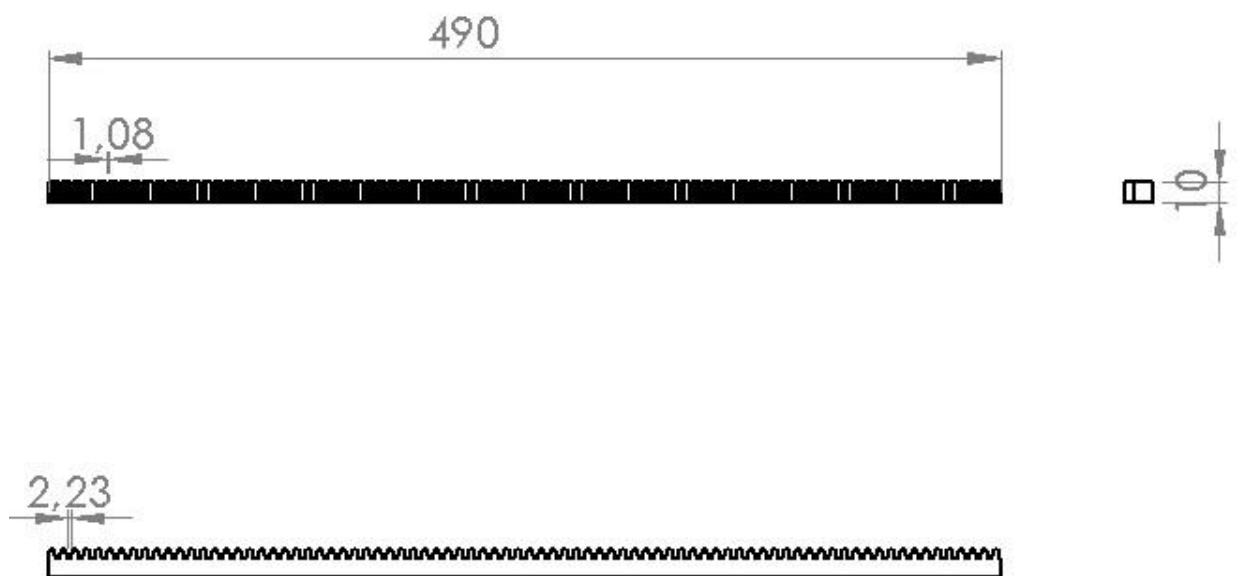
## 14. Kirjanduse loetelu

1. Neiloonist ratased laagriga. <http://www.ebay.com/itm/10pcs-Nylon-Roller-Wheel-Plastic-Bearings-6-19-6mm-Guide-Pulley-Flat-Belt-Idler-/141829786370?hash=item2105b6cb02:g:LgoAAOSwEgVWSah0>
2. Alalisvoolu mootor. <http://digi.physic.ut.ee/rvp/stuff/html/DC-Mootor.html>
3. Mikrokontrolleri plaaat, tarkvara, ühendamine. <http://digi.physic.ut.ee/mw/index.php/Liikumismoodul>
4. Mootor, kodeerija. <https://www.pololu.com/product/2822>
5. Puitlastplaat. [http://www.mebeldok.com/mebel\\_school/materials\\_skolko-vesit-list-dsp.html](http://www.mebeldok.com/mebel_school/materials_skolko-vesit-list-dsp.html)
6. Mootori toiteplokk. <http://cpc.farnell.com/1/1/59346-powerpax-ptd-1250p-ac-dc-power-supply-12v-5a-iec.html>
7. Nupp. <http://www.ebay.com/itm/10x-Mini-Momentary-Push-Button-Switch-On-Off-for-Model-Railway-Hobby-Red-/121642121608?hash=item1c526f7988:g:lvwAAOSwBLIVSHjz&vxp=mtr>
8. Hammasratta arvutus. [http://data.vk.edu.ee/RDER/RDER51/Masinamehaanika/PROJEKT\\_SAMM\\_KONVEJER/Hammasratta\\_Arvutus.pdf](http://data.vk.edu.ee/RDER/RDER51/Masinamehaanika/PROJEKT_SAMM_KONVEJER/Hammasratta_Arvutus.pdf)
9. Nuppu ühendamine. <https://electrosome.com/push-button-switch-atmega32-microcontroller-atmel-studio/>
10. Kontrolleri plaadi toiteplokk. [http://www.ebay.com/itm/5V-2A-Micro-USB-Charger-Adapter-Cable-Power-Supply-for-Raspberry-Pi-B-B-SE-/222105897351?var=&hash=item33b68b0987:m:mf\\_VIRuMAtbvxSTUwbfM\\_Ow](http://www.ebay.com/itm/5V-2A-Micro-USB-Charger-Adapter-Cable-Power-Supply-for-Raspberry-Pi-B-B-SE-/222105897351?var=&hash=item33b68b0987:m:mf_VIRuMAtbvxSTUwbfM_Ow)

**Lisad****Lisa 1. Kapi joonis koos mõõtmetega**

Lisa 2. Hammasratase joonis koos mõõtmetega.



**Lisa 3. Hammaslati joonis koos mõõtmetega**

### Lisa 4. Mootori joonis koos mõõtmetega.

