

TARTU ÜLIKOOL
LOODUS- JA TEHNOLOOGIATEADUSKOND
FÜÜSIKA INSTITUUT

Georgi Olentšenko

ELEKTROAKTIIVSETE POLÜMEERIDE TESTIMISE STEND

Bakalaureusetöö (12 EAP)

Juhendaja: teadur Andres Punning

Kaitsmisele lubatud

Juhendaja

allkiri, kuupäev

Tartu 2012

Sisukord

1. Sissejuhatus	4
2. Ioonjuhtivate elektroaktiivsete polümeeride ülevaade	4
2.1. Ioonjuhtivad elektroaktiivsed polümeerid.....	4
2.2. Ioonpolümeer-metall komposiit	5
2.3. Süsinik-polümeerkomposiit	6
2.4. Juhtivad polümeerid	6
2.5. Ioonjuhtivate elektroaktiivsete polümeeride rakendused	7
3. Töökindlate ioonjuhtivate elektroaktiivsete polümeeride väljatöötamise projekt.....	7
3.1. Töökindlate materjalide väljatöötamise vajadus	7
3.2. Projekti tähtsaimad eesmärgid	7
3.3. Projekti kirjeldus	8
4. Elektroaktiivsete polümeeride testimise stand	8
5. Stendi fiksaator	10
5.1. Stendi fiksaatori vajaduse põhjused	10
5.2. Nõudmised stendi fiksaatorile.....	11
5.3. Võimalikud lahendused.....	11
5.4. Fits.Me projekti lineaarne täitur	14
5.4.1. Täituri kirjeldus.....	14
5.4.2. Mehaanika.....	14
5.4.3. Elektroonika.....	15
5.5. Lahendus I.....	17
5.5.1. Kirjeldus.....	17
5.5.2. Mehaanika.....	18

5.5.3. Elektroonika.....	18
5.5.4. Automaatika.....	20
5.6. Lahendus II.....	23
5.6.1. Kirjeldus.....	23
5.6.2. Automaatika.....	23
6. UPS-i kasutamine	25
7. Arutelu	26
8. Kokkuvõte	27
9. Kasutatud kirjanduse loetelu	28
10. ABSTRACT	29
Lisa 1. Stendi foto	30
Lisa 2. Fits.Me täituri elektroonikaskeem.....	31
Lisa 3. Esimese lahenduse programmi plokkskeem	33
Lisa 4. Teise lahenduse programmi plokkskeem.....	34
Lisa 5. Lõplik stendi fiksaatori lahendus	35
Lisa 6. Lahenduste tarkvara ja skeemid elektroonilisel kujul.....	35

1. Sissejuhatus

Elektroaktiivsed polümeerid (EAP-d) on materjalid, mis võivad muuta oma kuju kui neile on rakendatud pinge. Kuigi sellised materjalid ei arenda suurt jõudu, siis tänu kujumuutmisomadustele on EAP-dele leitud palju rakendusi Maal. Kosmoseprojektid on aga tagasihoidlikumad selliste materjalide rakendamisega. Põhjus on EAP-de teadmata töökindluses. Neid materjale ei ole piisavalt testitud. Sellise olukorra muutmiseks on algatatud töökindlate ioonjuhtivate elektroaktiivsete polümeeride väljatöötamise projekt (ESTPECS-13), mille üheks osaks ongi erinevate EAP-de testimine. Projekti jooksul ehitatakse elektroaktiivsete polümeeride testimise stand, mis võimaldab automatiseeritult testida EAP-e.

Käesoleva töö eesmärgiks on paigaldada elektroaktiivsete polümeeride testimise stendi alla fiksaator, mis toetab stendi elektrikatkestusel, kuid ei sega stendi tööd. Lisaks peab stand olema võimeline tuvastama elektrikatkestusi ja vajadusel jääma fiksaatori peale seisma.

Käesolev töö tutvustab elektroaktiivseid polümeere ja nende rakendusi. Siis räägitakse töökindlate ioonjuhtivate elektroaktiivsete polümeeride väljatöötamise projektist. Edasi tutvustatakse elektroaktiivsete polümeeride testimise stendi ülesehitust ja tööpõhimõtet. Töö põhiosa on stendi fiksaatori kahe lahenduse kirjeldus. Mõlemal lahendusel on oma tööalgoritm. Lõpuks kirjeldatakse kasutatud elektrikatkestuse tuvastamise meetodit ja stendi seiskamist katkematu toiteallika abil.

2. Ioonjuhtivate elektroaktiivsete polümeeride ülevaade

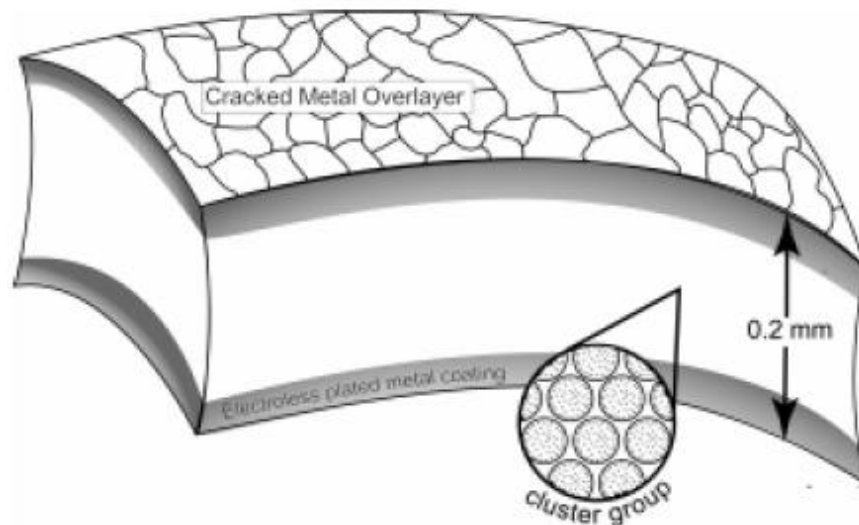
2.1. Ioonjuhtivad elektroaktiivsed polümeerid

Elektroaktiivsed polümeerid (EAP-d) on materjalid, mis muudavad oma kuju või suurust kui neile on rakendatud pinge. Selline käitumine meenutab looduslikke lihaseid, seega kutsutakse EAP-e ka kunstlihasteks (*artificial muscles*). EAP-d võib jagada kaheks liigiks: elektronjuhtivateks ja ioonjuhtivateks EAP-deks. Käesolev töö keskendub ioonjuhtivatele EAP-dele. Ioonjuhtivate EAP-de kuju muutmist põhjustab ionide liikumine materjali sees. Tavaliselt põhjustab ioonjuhtivate polümeeride deformatsiooni juba madalpinge (1-10 V). Kuid selline

materjal ei suuda hoida oma kõverdatud kuju (v.a juhtivad polümeerid), kui seda pingestatakse alalisvooluga. Mõningaidioonjuhtivaid EAP-e on vaja pidevalt hoida vesikeskkonnas, kuna materjalide kuivades nende omadused muutuvad. Ioonjuhtivate EAP-de all kuuluvad ioonpolümeer-metall komposiit, juhtivad polümeerid, süsinik-polümeerkomposiit ja teised ^[1].

2.2. Ioonpolümeer-metall komposiit

Ioonpolümeer-metall komposiit – IPMC (*Ionomeric Polymer-Metal Composite*) – on painduv täitur ja samaaegselt ka andur. Tüüpiline IPMC koosneb õhukesest (200 µm) ioonpolümeermembraanist, mille mõlemal poolel on metallelektroodid (Joonis 2.1). Polümeermembraaniks kasutatakse tavaliselt Nafioni, Flemioni või Aciplexi.

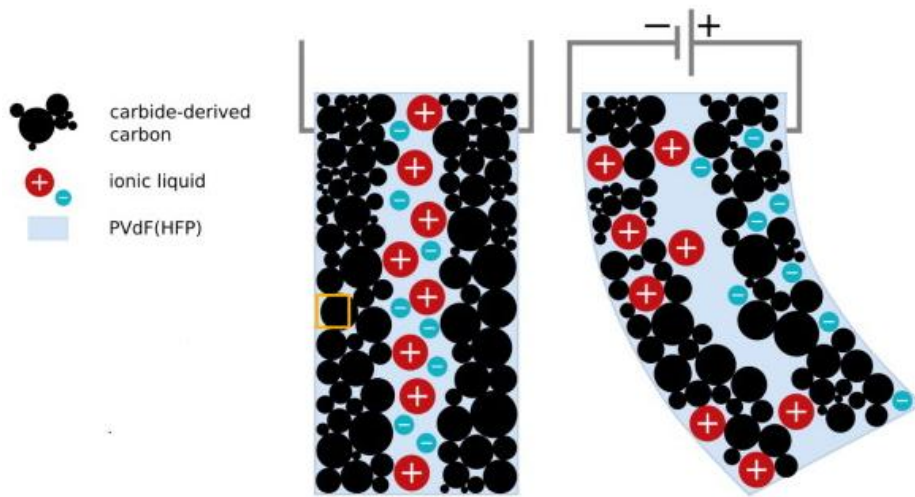


Joonis 2.1. IPMC-i ehitus, metallelektroodi kuju ja sisene struktuur ^[2]

IPMC-i elektrootide pingestamisel (1-5 V) toimub komposiidi kiire füüsiline paindumine ühe elektrooti suunas, millele järgneb materjali vastassuunaline lõtvumine. Paindumise ulatus ja kiirus sõltub elektrooti struktuurist, polümeermembraani omadustest ja teistest omadustest. Ka vastupidine protsess on võimalik. Membraani painutamisel elektrootide vahel tekib madalpinge (suurusjärgus alla 10 mV). Seega võib IPMC-d rakendada nii täiturina kui ka liikumisandurina ^[2].

2.3. Süsinik-polümeerkomposiit

Süsinik-polümeerkomposiit – CPC (*Carbide-derived carbon*) – on plastiline elektromehaaniline täitur, mis koosneb kahest eraldi sünteesitud elektroodist ja neid eraldavast membraanist. Elektroodide valmistamisel kasutatakse ioonvedeliku, karbiidse süsiniku ja polümeeri lahust solventis. Membraan valmistatakse polümeeri ja ioonvedeliku lahusest ^[5]. Kui komposiiti pingestatakse, siis sarnaselt IPMC-ga, materjal paindub anoodi poole (Joonis 2.2). Lamineeritud CPC ei nõua vesikeskkonda, vaid töötab ka õhus madalpingete (1-3 V) rakendamisel. CPC on oma ehituselt väga sarnane elektrokeemilise kondensaatoriga ^[3].



Joonis 2.2 CPC täituri tööpõhimõte ^[3]

2.4. Juhtivad polümeerid

Juhtivad polümeerid – CP (*Conductive polymers*) – erinevalt teistestioonjuhtivatest EAP-dest, on võimelised töötama nii õhus kui ka vedelikus väikse võimsuse (1 V, 15-20 mA) ja kõrge paindumissagedusega (kuni 400 Hz). Veel üks erinevus teistestioonjuhtivatest EAP-dest on CP-de omadus säilitada oma deformeeritud olekut. Materjali pingestamisel toimub elektrokeemiline reaktsioon, mille käigul polümeerkihid saavad ja kaotavad oma laenguid, vahetades ioone ioonvedelikuga. Selline elektrokeemiline reaktsioon põhjustab polümeerkihide pundumist ja kontraheerumist, teiste sõnadega kogu materjali paindumist. Reaktsiooni kiirus ja ulatus sõltuvad nii materjali omadustest kui ka potentsiaali suuruselt. Juhtivate polümeeridega täiturite

paindumise kiirus sõltub materjali takistusest ja mahtuvusest. Mida väiksem on kogu takistus, seda kiirem on täituri toimimine ^[4].

2.5. Ioonjuhtivate elektroaktiivsete polümeeride rakendused

Ioonjuhtivad EAP-d leiavad tänu oma omadustele rakendusi paljudes erinevates valdkondades. Üks valdkondadest on bioloogiast inspireeritud rakendused robootikas, kuna EAP-dega saab väga hästi imiteerida looduslikke lihaseid. Samal põhjusel on võimalik kasutada ioonjuhtivaid EAP-e meditsiinis. Pehmed manipulaatorid, mikrotäiturid, lineaarsed täiturid ja bioonilised silmad on ainult mõned võimalikkudest rakendustest ^[1,6].

3. Töökindlate ioonjuhtivate elektroaktiivsete polümeeride väljatöötamise projekt

3.1. Töökindlate materjalide väljatöötamise vajadus

Kuigi ioonjuhtivatele EAP-dele on juba leitud väga palju rakendusi Maal, ei ole selliseid materjale veel kasutatud kosmoseprojektides. Selle põhjuseks on nende materjalide teadmata töökindlus, kuigi ioonjuhtivatest EAP-dest koostatud täituriel on mitu eelist võrreldes tavaliste täituritega. Ioonjuhtivaid EAP-de kasutades on võimalik teha kosmoselaevade seadmeid väiksemaks ja kergemaks. Samuti vähendaks EAP-dega mikrosüsteemide kasutamine kosmoseprojektide maksumust. Kosmose karm ja kaugel keskkond nõuab kõlblikke ja töökindlaid seadmeid, seega EAP-de töökindlus on kriitiline. Kaasaegsed kosmoseprojektid on huvitatud nii ioonjuhtivaid EAP-e rakendavate mikroseadmete kohandamisest kui ka uute seadmete teatud eesmärkideks väljaarendamisest.

3.2. Projekti tähtsaimad eesmärgid

- Uurida äärmusliku keskkonna mõjusid ioonjuhtivatele elektroaktiivsetele polümeeridele.
- Välja töötada seadmete kavandamise ja tootmise meetodeid eesmärgiga luua ioonjuhtivate EAP-dega töökindlaid seadmeid.
- Välja töötada ioonjuhtivate EAP-de äärmuslikes tingimustes testimise meetodid.

3.3. Projekti kirjeldus

Ioonjuhtivate EAP-de vastupidavuse testimine toimub materjali tõrke alusel. Polümeerid allutatakse gamma-, röntgen- ja ultraviolettkiirgusele. Projekti eesmärgiks on uurida materjali toimimist ning radiatsiooni mõju EAP-de elektrilistele ja mehaanilistele omadustele. Oluline on ka katsetada polümeeride järsu külmutamise, soojendamise ja ülekuumenemise tagajärgi.

Ioniseeritavat kiirgust peetakse üheks peamiseks tõrgete põhjuseks. Seega projekti üheks eesmärgiks ongi uurida, kuidas minimeerida kiirguse mõjude tagajärgi. Selleks testitakse erinevate kujude ja ülesehitustega polümeere erineva radiatsiooni intensiivsusega. Et radiatsiooniga põhjustatud tõrgetest aru saada ja tuvastada potentsiaalsed materjalide nõrkusi, tuleb läbi viia materjali analüüs tõrgete alusel.

On teada, et ioonjuhtivad EAP-d ei tööta, kui keskkonna temperatuur langeb alla $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, kuid ei ole teada, kuidas materjal toimib pärast külmutamise ja ülessoojendamise tsüklit. Projekti kestel uuritakse kiirete külmutamis- ja soojendamistsüklite mõju EAP-de elektromehaanilistele omadustele. Materjalid allutatakse kuni 4 K külmutamisele ja uuritakse ka temperatuuri sujuva muutuse tagajärgi. Samuti uuritakse materjalide omadusi pärast pikaajalist (vähemalt 1000 tundi) külmas keskkonnas või vaakumis hoidmist.

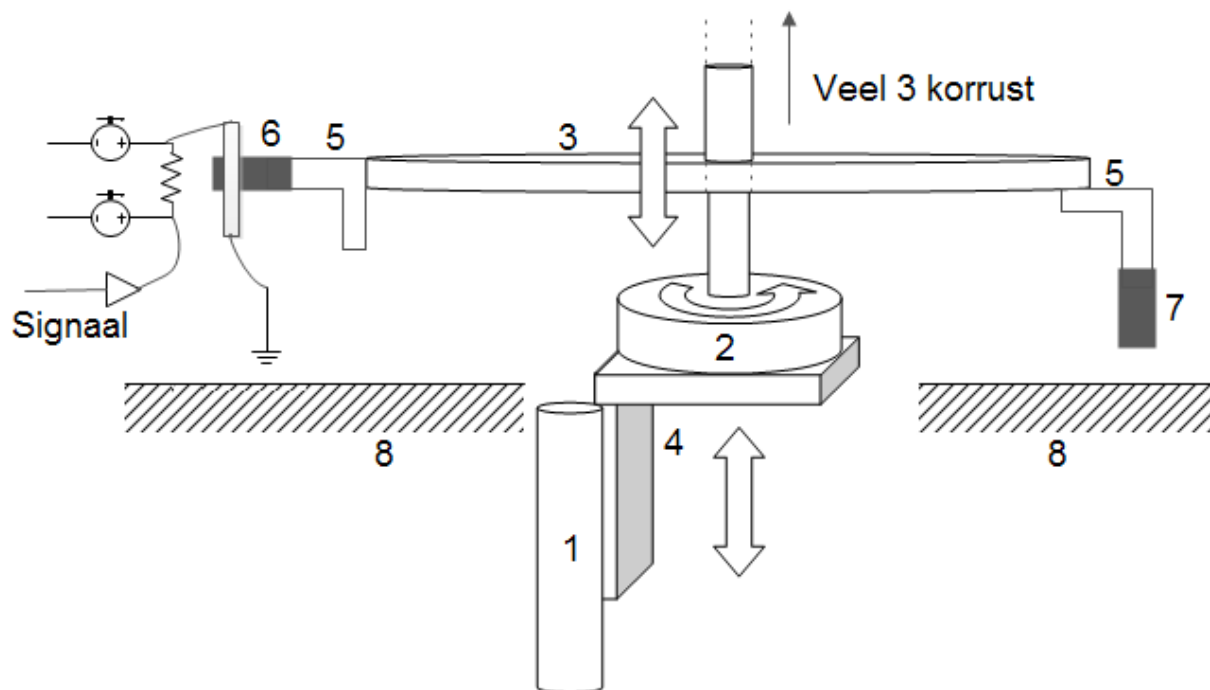
Projekti järgmiseks ülesandeks on vastavalt testimise tulemustele parandada ioonjuhtivaid EAP-e, nende kavandamise ja tootmise tehnoloogiat. Tuleb välja töötada materjalide mudeleid tõrgete alusel ja kavandada laiendatud omadustega seadmeid äärmuslikkude keskkondade jaoks.

Tänapäeval üritatakse enam kui varem ioonjuhtivaid EAP-e kosmose rakendustes kasutada, seega on hädavajalik välja töötada materjalide testimise ja kehtivaks tunnistamise meetodeid kosmosekeskkonna jaoks ^[7].

4. Elektroaktiivsete polümeeride testimise stand

EAP-de testimine on kõige olulisem osa töökindlate ioonjuhtivate EAP-de väljatöötamise projektist. EAP-de testimine on väga ajakulukas tegevus. Teadur Andres Punning disainis ja hakkas ehitama EAP-de testimise stendi. Seadme ehitamine osutus väga keeruliseks, kuna oli vaja lahendada mitu esialgselt varjatud probleemi. Kuigi stendi ehitamine võttis palju rohkem

aega kui oli esialgselt planeeritud, siis see seade on praeguseks valmis. Järgmistes lõikudes kirjeldatakse lühidalt stendi ülesehitust ja tööpõhimõtet.



Joonis 4.1 Stendi ülesehitus. 1 – tõstev mootor, 2 - pöörav mootor, 3 – liikuva osa ratas, 4 – liikuva osa alus, 5 – tehislhase kinnitus, 6 – tõstetud tehislhas, 7 – algasendis tehislhas, 8 – paigalseisev stendi osa.

EAP-de testimise stend (Lisa 1) koosneb kahest põhilisest osast: paigalseisvast osast, mis moodustab stendi välist struktuuri, ja liikuvast osast, mis asub paigalseisva osa sees. Joonisel 4.1 on kujutatud stendi ülesehituse lihtsustatud skeem. Mõlemad osad moodustavad 4 korrust. Liikuv osa koosneb neljast rattast, mille peale on kinnitatud tehislhased. Iga ratta peal on 60 tehislhase kinnitust, mis on paigaldatud võrdsete vahemikega ümberringi. Iga kinnitus on liigutatav. Tehislhas saab olla suunatud kas alla või rattast väljapoole. Töö alguses ja mõõtmiste vahel kõik tehislhased on suunatud alla. Paigalseisva osa igal korrusel on samasugused tehislhase mõõtekontaktid, kus mõõdetakse EAP-de elektrilisi omadusi. Igal mõõtekontakti kohal on kavalalt väljamõeldud fiksaator, mis tõstab tehislhase üles, kui stendi liikuvat osa langetatakse, ja seatakse tehislhas algasendisse, kui stend tõstetakse esialgsele kõrgusele. Lisaks

mõõtekontaktidele on igal korrusel kaamera, mille abil saab jälgida ja salvestada tehislühase kuju muutmist ajas.

Stendi juhtimine toimub kahe mootori abil. Üks mootor liigutab stendi kogu liikuvat osa üles ja alla. Teine mootor pöörab korraga kõiki tehislühaste rattaid. Järelikult kõiki tehislühaseid fikseeritakse erinevatel mõõtekontaktidel üheaegselt. Mootorid peavad olema väga täpsed, kuna iga vale liigutus võib tähendada millegi murdumist. Kõiki seadmeid juhib arvuti LabVIEW vahendusel.

Stendi tööalgoritm sisaldab kahte osa. EAP-de mõõtekontaktidel fikseerimine ja mõõtmiste läbiviimine. Esiteks tuleb pöörata stendi liikuva osa järgmised uurimisobjektid mõõtekontaktideni. Siis tuleb neid fikseerida, mis tähendab, et stendi liikuvat osa tuleb langetada täpselt määratud kõrgusele, mis üheaegselt fikseerib kõiki mõõtekontaktide ees asuvaid tehislühaseid. Järgmiseks sammuks on mõõtmine ja tehislühaste kujumuutmise jälgimine.

Kuigi stendi jaoks oli välja valitud väga täpsed mootorid, on neil mootoritel üks oluline juhendis kirjeldamata puudus: elektri väljalülitamisel need mootorid ei säilita oma positsiooni, mis tähendab, et stendi liikuv osa võib lihtsalt alla kukkuda. Kahjuks ei ole stendil ohutut asendit, milles see saaks seista elektri väljalülitamisel. Kuigi kasutusele on võetud UPS, mis võimaldab pikendada tööaega, on vaja stendi jaoks välja töötada kogu liikuva osa fikseerimise viis.

5. Stendi fiksaator

5.1. Stendi fiksaatori vajaduse põhjused

Põhimõtteliselt on kaks põhjust, miks stendile on vaja fiksaatorit. Esiteks see aitab vältida stendi rikkeid juhusliku elektrikatkestuse ja inimliku vea korral. Teiseks põhjuseks on stendi kasutamise mugavus.

Stend on ülesehitatud nii, et kogu aparaat toetub töö ajal alusele, mida on võimalik liigutada üles ja alla. Liigutusi kontrollib mootor, mis peab olema pidevalt sisse lülitatud selleks, et säilitada oma asendit. Kui juhuslikult toimub elektrikatkestus, siis stend kukub alla ja tõenäoliselt lõhub sel moel tehislühaste kinnitusi ja tehislühaseid. Samuti võivad rikki minna ka tehislühaste fiksaatorid koos mõõtmisseadmetega. Lõhkumise vältimiseks on vaja stendi liikuva osa

fikseerida. Siiski, kuna stendi sisemine liikuv osa liigub üles ja alla, siis see ei saa olla pidevalt fikseeritud. Fiksaator peab olema eemaldatav selleks, et ta ei segaks stendi tööd.

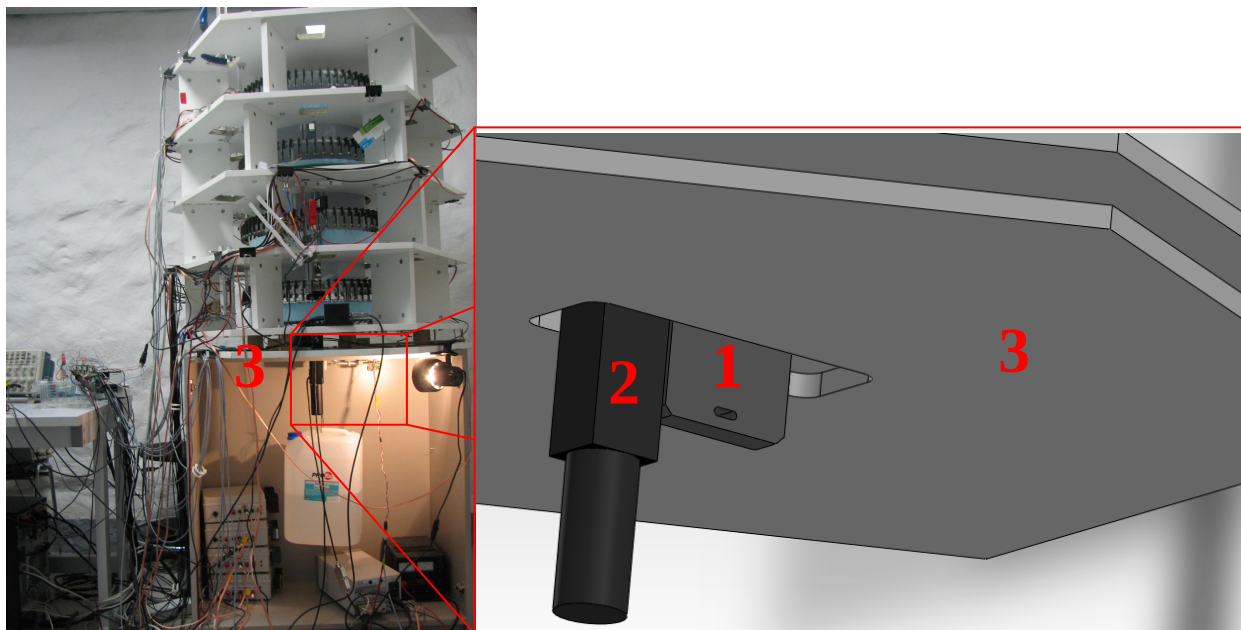
Käesoleva töö järgmised peatükid kirjeldavad nõudmisi stendi fiksaatorile, ning võimalikke ja teostatud probleemi lahendusi. Töö käigus on väljatöötatud kaks iseseisvat lahendust. Kuigi esimene teostatud lahendus oli omaette täiesti töötav, siis katsete käigus osutus, et see lahendus segas kaamerate tööd. Sel põhjusel töötati välja uus lahendus.

5.2. Nõudmised stendi fiksaatorile

- Fiksaatori peal peab seisma kogu stendi liikuv osa, seega fiksaator peab olema piisavalt tugev, et kannatada vähemalt 10 kg koormust.
- Fiksaator ei pea olema väga kiire. Fiksaatori allaseadmine ei pea toimuma väga kiiresti, kuna elektrikatkestuse korral katkematu toiteallikas võimaldab stendil töötada veel kümneid minuteid. Mõistlik fiksaatori sisselükkamise aeg võiks olla kuni 3 minutit.
- Fiksaatori voolutarve peab olema nii väike kui võimalik, kuna stend kasutab väga palju seadmeid, mida toidetakse samalt UPS-ilt.
- Fiksaator peab olema juhitav LabVIEW programmiga, kuna kogu stend on automatiseeritud kasutades LabVIEW-d.
- Fiksaatori automaatika peab olema töökindel.
- Fiksaator peab stendi töö käigus mitte segama teisi seadmeid.

5.3. Võimalikud lahendused

Kogu probleemi võib jagada mitmeks alamprobleemiks: kus paigaldada fiksaatorit, millist seadet kasutada, kuidas alus fikseerida, kuidas fiksaatorit liigutada ning kuidas teha seda juhtivaks ja töökindlaks. Oli läbi mõeldud mitu võimalust, kuid ühel või teisel põhjusel enamik nendest ei sobinud. Vaatleme probleemide lahendusi ühekaupa.

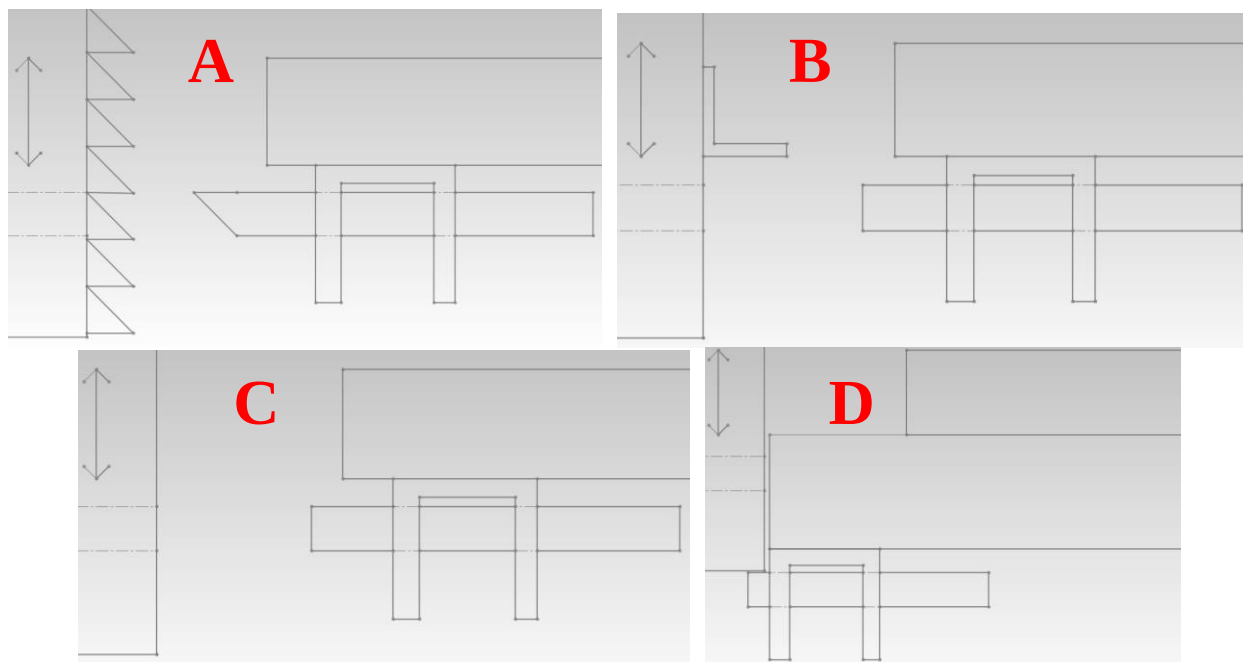


Joonis 5.1 Vasakul on testimise stand. Paremal on vaade alt aluse peale, eemaldades ebavajalikke osasid. 1 – stendi liikuva osa alus, 2 – tõstev mootor, 3 – paigalseisva osa alus.

Esiteks oli vaja otsustada, kus ja kuidas paigaldada stendi fiksaatorit. Kuna stand oli fiksaatori väljatöötamise ajaks juba osaliselt ehitatud, siis võimaluste hulk vähenes. Stendi all on stendi liikuva osa alus, mis käib üles ja alla läbi stendi paigalseisva osa aluse sees oleva avause (Joonis 5.1). Otsustati, et fiksaator tuleb paigaldada stendi paigalseisva osa aluse alla. Stendi paigalseisva osa alus on tehtud lamineeritud saepuruplaadist, seega oleks vaja fiksaatori kinnitust tugevdada. Selleks on otsustatud monteerida kinnituse ja aluse vahele metallplaadi.

Siis oli vaja otsustada, kuidas fikseerida stendi liikuv osa. Loomulikuks ideeks oli kasutada riivi. Suuremaks probleemiks osutus leida sobivat aluse väljaastet või sisselõiku, mida saaks kasutada aluse fikseerimiseks. Üheks ideeks oli liikuva osa külge paigalda mitu väljaastet (Joonis 5.2 A). Siis oleks võimalik saavutada mitu erinevat fikseerimise kõrgust. Selline lahendus ei sobinud, kuna liikuva osa peale ei saanud midagi kinnitada. Samal põhjusel langes välja ka teine idee – kinnitada üks väljaaste liikuva osa peale (Joonis 5.2 B). Prooviti kasutada ka liikuva osa sees tehtud auku stendi fikseerimiseks (Joonis 5.2 C), kuid selline lahendus ei töötanud, kuna stendi põhimootori sisselülitamisel mootor otsib algseisundit ja selleks ta peab liigutama alust üles, kuid sellist liikumist takistab riiv augu sees. Veel üks probleem kõigi kolme lahenduse korral on liigne kaugus riivi kinnitusest liikuva osani, mis võib põhjustada rikkeid. Otsustati, et metallplaat

peaks täitma augu kahe aluse vahel ja fiksaator tuleks paigaldada nii, et stendi liikuv osa saaks seista riivi peal vähemalt oma kõrgeimal asendil (Joonis 5.2 D). Selline lahendus võib samuti osutuda liiga nõrgaks, seega otsustati, et riivi kinnitus peab olema liikuva osa aluse kahelt poolt. Lõplik lahendus on kirjeldatud käesoleva töö järgnevates peatükkides.



Joonis 5.2 Võimalikude stendi liikuva osa fikseerimise visandid. Iga pildi peal on stendi liikuva osa alus vasakul ja paigalseisva osa alus paremal üleval nurgal. A – mitu väljaastet, B – üks väljaaste, C – riiv läbi augu, D – alus riivi peal.

Kui fiksaator ja selle kinnitus oli läbi mõeldud, oli vaja leida sobiv liikumismehhanism. Üheks võimaluseks oli kasutada elektrilist lukku, kuid osutus, et ukseluku voolutarve on liiga suur ja toiteks on peamiselt 12 või 24 V. Teiseks võimaluseks oli kasutada solenoidtäiturit, kuid kätte saadavate täiturite liikumisulatus oli liiga väike (5-10 mm). Veel oli kauplusest leitud lihtne lukutäitur, kuid selle käitumine oli ebasobiv - alalisvoolu rakendamisel täitur liikus pidavalt edasi tagasi. Sobiv lineaarne täitur leiti Fits.Me projektist. Pikemalt on täiturit kirjeldatud järgmises peatükis.

Lõpuks oli vaja välja mõelda, kuidas automatiseeritud stendi fiksaatorit juhtida. Esimeseks ideeks oli ehitada juhtimissüsteem, mis koosneb mehaanilistest anduritest: kui täitur sõidab nupu vastu, siis täitur lülitab end välja. Osutus, et andurite mehaaniline kinnitus oli liiga keeruline

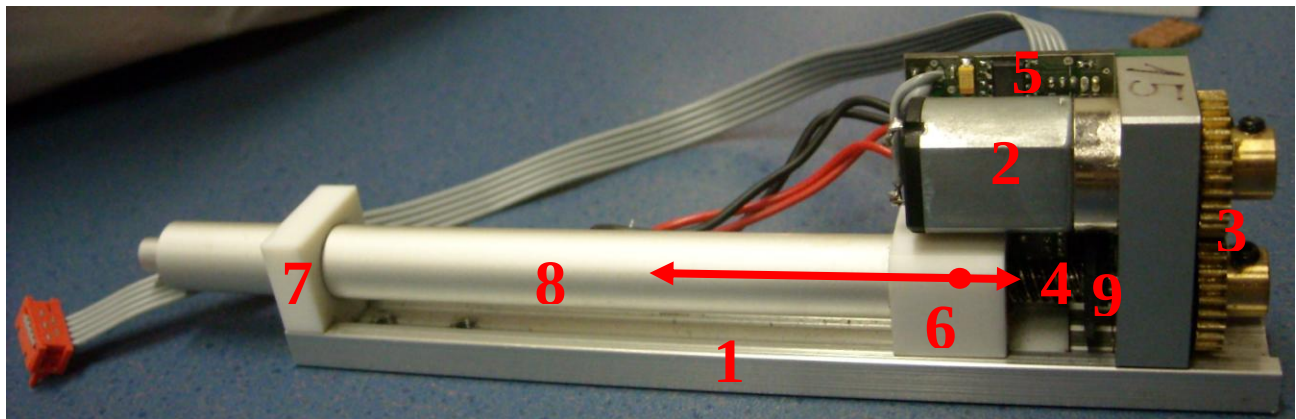
olemasolevale täiturile. Fits.Me täitur sisaldab ka seda juhtivat elektroonikat, seega oleks mõistlik kasutada seda. Probleem oli selles, et otseselt arvutiga täiturit juhtida ei saa, kuna see kasutab *controller area network* (CAN) protokoll. Järelikult oleks vaja andmeside konverterit, mida saaks kasutada täituri arvutiga juhtimiseks. Veel üheks ideeks oli samuti kasutada täituri elektroonikaplaati, kuid CAN liidese asemel kasutada juhtimiseks ühte andmebitti, mille saaks ühendada plaadiga. Mõlemad ideed sobisid, kuid esialgu valiti USB – CAN konverteri ehitamine, kuna see võimaldas saada piisavat tagasisidet täituri poolt.

5.4. Fits.Me projekti lineaarne täitur

5.4.1. Täituri kirjeldus

Täitur oli välja töötatud Arukate Materjalide ja Süsteemide Laboris projekti Fits.Me jaoks. Kuju muutev mannekeen töötab paljude selliste lineaarsete täiturite abil. Ühte nendest on kasutatud stendi automatiseeritud fiksaatori konstrueerimiseks. Järgmistes peatükkides kirjeldatakse nii täituri mehaanikat kui ka elektroonikat.

5.4.2. Mehaanika



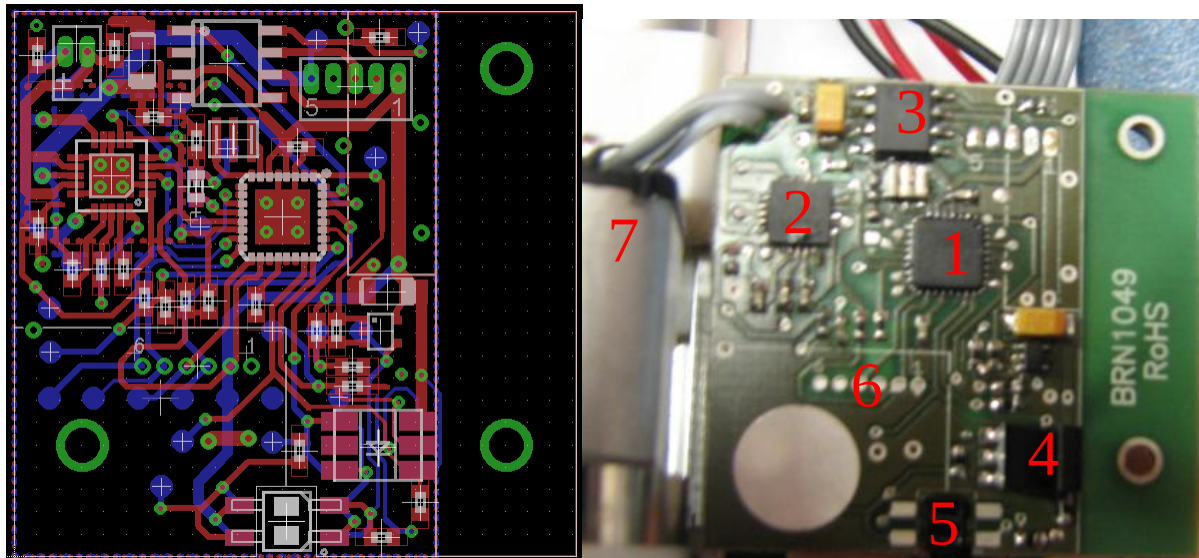
Joonis 5.3 Fits.Me täitur. 1 – alumiiniumprofiil, 2 – mootor, 3 – hammasrattad, 4 – käigukruvi acme keermega, 5 – elektroonikaskeem, 6 – torule paigutatud PET'ist osa, mis koos toruga liigub juhtplaadi kaudu, 7 – stabiliseeriv PET'ist tükk, 8 – alumiiniumtoru, 9 - koodiratas

Joonisel 5.3 on kujutatud kirjeldatav täitur. Mootori liikumiseks on kasutatud GM16-030PA reduktoriga mikromootorit. Mootori tööpingeks on 5 V ja nominaalseks kiiruseks on 300 rpm. Mootori nominaalseks koormuseks on 0.21 A ja arendatav jõud on 11.8 mN/m. Täituri

lineaarseks liikumiseks on kasutatud käigukruvi, mis on ühendatud mootoriga kasutades kaht hammasratast. Käigukruvi läbimõõt on 5 mm ja selle acme keerme samm on ka 5 mm. Täituri liikuvaks osaks on alumiiniumtoru. Selleks, et toru liiguks sirgjooneliselt, on toru otsale paigaldatud PET'ist (Polyetüleen tetraftalaat) väljalõigatud osa, mis sobib NS-01-17 Drylin profiiliga lineaarsele juhtplaadile. Juhtplaadilõigu ühelt poolt on paigaldatud mootor, teiselt poolt stabiliseeriv PET'ist tehtud tükk.

5.4.3. Elektroonika

Fits.Me täituri elektroonika skeem asub käesolevatöö lõpus (Lisa 2) ning elektroonikaplaadi joonis ja foto on joonisel 5.4. Täiturit juhib Atmega168 mikrokontroller. Lisaks AVR kiibile plaadi peal on MAX3057 kiip ja mootori draiver A3906. Plaadi peal on ka täituri juhtimiseks vajalikud kaks fotoandurit koos sisseehitatud valgusdiodidega. Kogu skeem töötab +5 V toitel. Toite ja maanduse vahel on kondensaatoreid mahtuvusega 22 µF selleks, et vältida pingelühiajalisi hüppeid ehk vältida signaali müra.



Joonis 5.4 Fits.Me elektroonikaplaat. 1 – Atmega168 mikrokontroller, 2 – A3906 mootori draiver, 3 – MAX3057 kiip, 4 – EE-SX1131 fotomikroandur, 5 – ITR8307 fotoandur, 6 – mikrokontrolleri ISP liides, 7 - mootor

Elektroonikaskeemis (Lisa 2) on kasutatud Atmega88-PA kiip, sest erinevatel versioonidel kasutati kahte erinevat mikrokontrollerit. Antud ülesande jaoks mikrokontrollerid on

samasugused, kuna ainuke nende vaheline erinevus on flash mälu andmemahus. Atmega168 ja Atmega88 kiipidel on vastavalt 16 ja 8 KB-ine mälu ^[8]. Mikrokontrolleri toiteks kasutatakse kolm viiku: VCC(4,6) ja AVCC(18). Maaga on ühendatud samuti 3 viiku: GND(3,5) ja AREF(20) läbi kondensaatori mahtuvusega 0.1 nF müra vähendamiseks. Mikrokontrolleri kiiruse määramiseks on kasutatud resonaatorit, mille sagedus on 20 MHz. Resonaator on ühendatud XTAL1(7) ja XTAL2(8) viikudega. RESET(29) viik on välja toodud plaadi kättesaadavale kohale koos MOSI(15), MISO(16) ja SCK(17) viikudega selleks, et mikrokontrollerit oleks võimalik ümber programmeerida. Viimased neli viiku koos toite ja maandusega moodustavad plaadi peal mugava *In-system programming* (ISP) liidese.

PB0(12) viigule on ühendatud kaks valgusdiodi ja jadamisi nendega 180 Ω takisti selleks, et vähendada diodidele rakenduvat pinget. PC0(23), PC1(24) ja PD3(1) viikudele on ühendatud ühekaupa andurite väljundid. Andurite toiteks on PC4(27) viik, seega neid andureid saab sisse lülitada ainult siis kui on vaja. Jadamisi anduritega on ühendatud 150 Ω takisti, sest andurid sisaldavad sees valgusdioode. PC0-le(23) ja PC1-le(24) on ühendatud EE-SX1131 mikrovalgusandurid. Koos koodirattaga, mis on paigaldatud käigukruvi peale, võimaldavad mikrovalgusandurid määrata kui palju on mootor käigukruvi keernud.

PD3-le(1) on ühendatud ITR8307 valgusandur läbi NCS2001 operatsioonvõimendi. Operatsioonivõimendi on seadistatud takistitega nii, et juhul kui valgusandurist väljub vool, siis mikrokontrolleri vastavas sisendis on 0, vastasel juhul 1.

Mootori juhtimiseks kasutab mikrokontroller 3 bitti. PD7(11) on ühendatud mootori draiveri inverteeritud *sleep* viiguga. Juhul kui mootor draiverit pole vaja kasutada, on seda võimalik välja lülitada kogu seadme voolutarbe vähendamiseks. PB1(13) ja PB2(14) kasutatakse mootori liikumise suuna valimiseks (10 või 01), mootori peatamiseks (11) ja mootori väljalülitamiseks (00). Juhtbittidel on *pull-up* 100 k Ω takistid selleks, et vältida soovimatu mootorite liikumist. Vastavalt mootordraiveri andmelehele CP1 ja CP2, CP3 ja CP4 ning VBB ja VCP viikude vahele on ühendatud 0.1 μ F kondensaatorid. Mootori draiveril on eraldi toide, selle toite ja maa vahel on 22 ja 0.1 μ F kondensaatorid müra vältimiseks. Samal põhjusel on 0.1 μ F ühendatud erinevate jalgade ja maa vahele ^[9].

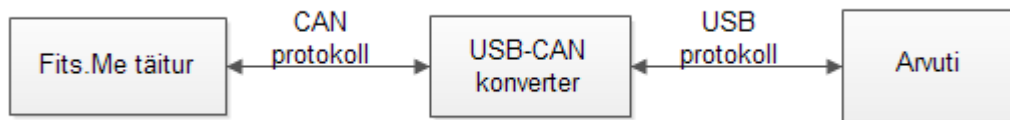
Mikrokontrolleri ja MAX3057 kiibi andmevahetuseks kasutatakse kahte signaali. TX on andmete edastamiseks ja DX on andmete vastuvõtmiseks. MAX3057 kiibi RS viigule on ühendatud 22 k Ω *pull-down* takisti selleks, et kiip ei teeks juhuslikult *reset*-i. Kiip omab välist CAN liidest, mis sisaldab kaht ühendust: CANH ja CANL ^[10].

Täituri ühendus sisaldab 5 kontakti. Esimene on mikrokontrolleri toide, teine ja kolmas on CAN liidese ühendused, neljas on maandus ja viies on mootordraiveri ja mootori toide.

5.5. Lahendus I

5.5.1. Kirjeldus

Esimese lahenduse eripäraks on USB – CAN konverteri kasutamine täituri arvutiga juhtimiseks. Joonisel 5.5 on kujutatud lihtsustatud andmevahetuse skeem. Fits.Me täituri juhtimiseks kasutatakse CAN liidest. Kuna arvutis sellist liidest ei olnud, pidi ehitama konverteri, mille abil saaks täituri arvutiga ühendada. Üheks võimaluseks oleks ehitada RS-232 – CAN konverteri, kuid jadaväratit enamikus tänapäevastest arvutitest ei ole, järelikult sellel juhul oleks vaja kasutada RS-232 – USB konverterit. Kahe konverteri asemel oli otsustatud ehitada üks USB – CAN konverter, mis emuleerib RS-232 andmevahetust.



Joonis 5.5 Andmevahetuse skeem

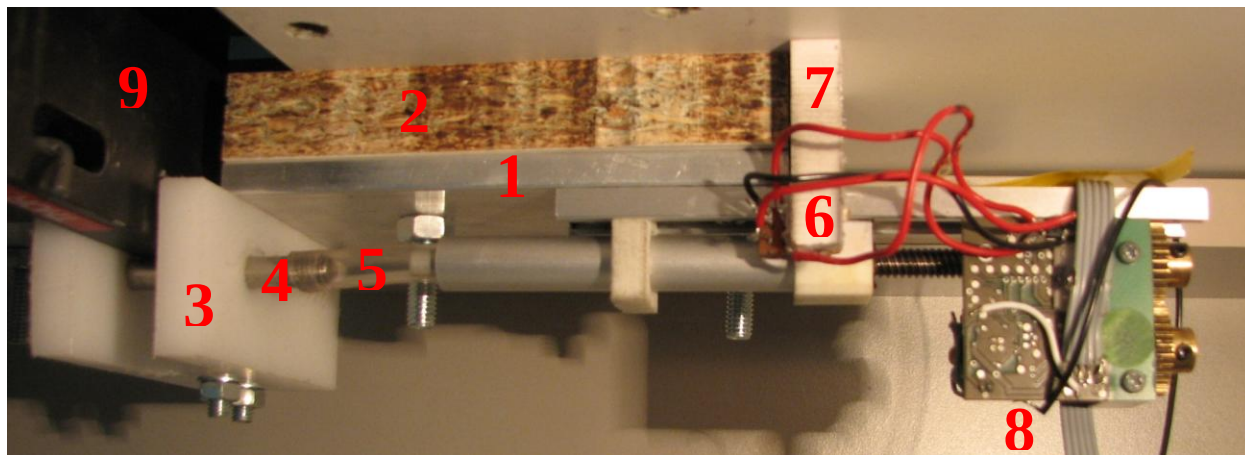
Kuigi lihtsam oleks kasutada üht I/O biti täituri juhtimiseks, siis USB – CAN konverteri kasutamisel on kaks eelist.

- Virtuaalne jadavärat võimaldab kasutada tagasisidet. Täituri tööd on võimalik jälgida läbi jadaväratite andmevahetusside.
- CAN liidese kasutamine võimaldab ühendada sama USB liidese kaudu mitut seadet. Esialgu oli planeeritud ehitada kaks samasugust stendi, seega teine stand vajaks samasugust toetust.

Järgmistes peatükkides on kirjeldatud fiksaatori esimene lahendus. See sisaldab mehaanilist kinnitust, USB – CAN konverteri koostamist ja tööalgoritmi kirjeldust.

5.5.2. Mehaanika

Fiksaatori kinnituseks stendi alla on valitud 1 cm paksune metallplaat. Kuna metallplaadi kinnitamine otseselt stendi alla pole võimalik, sest sellel juhul fiksaator osutub liiga kõrgeks, siis paigaldati stendi ja metallplaadi vahele lisaks 2,5 cm paksune puuklots, mis võimaldas kinnitada metallplaati sobivale kõrgusele. Metallplaadi peale on kinnitanud U-kujulise väljalõiguga plastplokk. Ploki materjaliks oli valitud polüpropüleen, sest koormuse all see paindub, kuid ei purune. Läbi U-kujulise väljalõigu käib stendi liikuv osa. Plastploki sees on tehtud läbiv auk metallriivi jaoks. Elektri väljalülitamisel peaks stendi liikuv osa seisma selle pulga peal. Pulka liigutatakse täituriga. Riiv ja täituri toru on ühendatud painduva liigendiga selleks, et juhul kui pulk hakkab liikuma valel hetkel, täitur ei rikuks iseennast. Olemasolevale täituri elektroonikale lisati veel üks ITR8307 andur selleks, et määrata täituri liikumise alg- ja lõpppunktid.



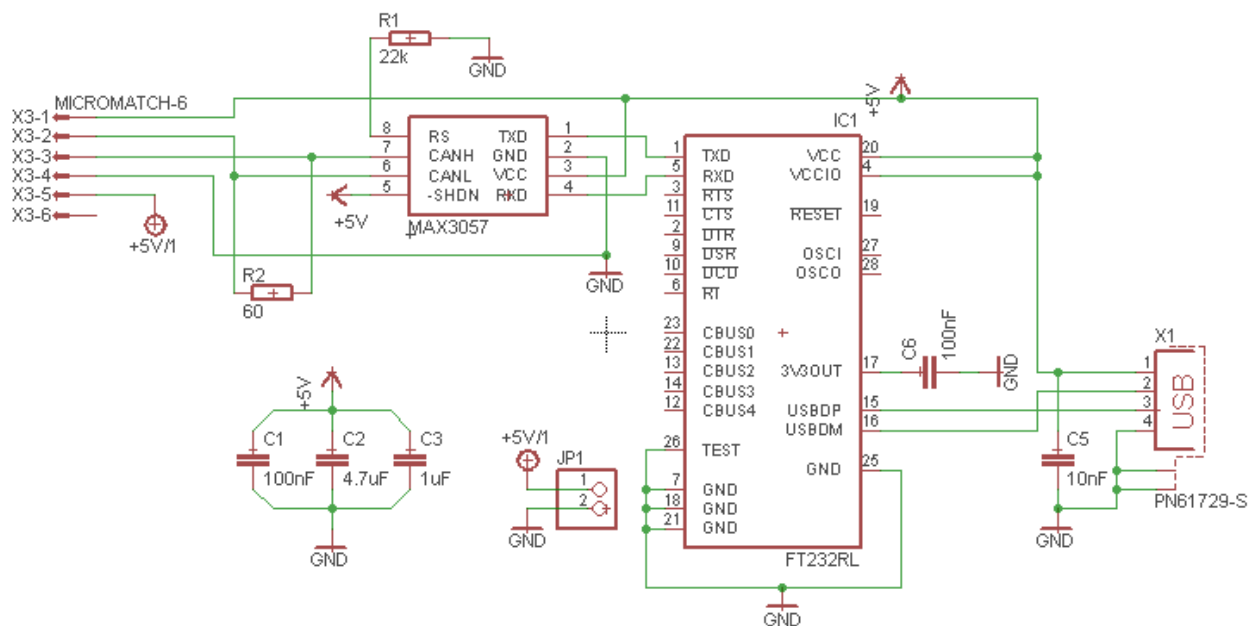
Joonis 5.6 Lahenduse kirjeldus. 1 – metallplaat, 2 – puuplaat, 3 – plastplokk U-kujulise väljalõikega, 4 – metallriiv, 5 – painduv liigend, 6 – lisatäitur, 7 – täituri kinnitus, 8 – lisajuhe teise lahenduse jaoks (peatükk 5.6), 9 – stendi liikuva osa alus

5.5.3. Elektroonika

Uus ITR8307 andur ühendati täituri olemasoleva plaadiga paralleelselt esimese samasuguse anduriga. Andur on aktiveeritud juhul, kui selle ees on PET'i tükk, mis peegeldab valgust. Kuna täituri peegeldav ala on piisavalt lühike selleks, et mõlemad andurid oleksid aktiveeritud, siis

täitur on kas esimese anduri ees, teise anduri ees või nende vahel. Selline ühendus võimaldab kasutada välistava või loogikaprintsiipi programmi kirjutamisel.

USB - CAN konverteri väljatöötamine algas elektroonikaskeemi tegemisest (Joonis 5.7). Skeemis on kaks kiipi: FT232RL ja MAX3057. USB liidese (PN61729-S) kolmas ja teine kontaktid on ühendatud FT232RL kiibi USBDP(15) ja USBDM(16) viikudega, mille vahendusel toimub andmevahetus. USB liidese esimene kontakt on toide. Seda toidet kasutavad nii konverter kui ka täituri loogika. Toitega on ühendatud FT232RL VCC(20) ja VCCIO(4) viikud. Selleks, et USB ühenduse mitte üle koormata, mootordraiveri ja mootori jaoks kasutatakse eraldi seisevat toidet (JP1). USB neljas kontakt on maandus. Maaga on ühendatud FT232RL kiibi viis viiku: GND(7,18,21,25) ja TEST(26), kuna TEST kontakt peab olema maandatud kiibi kasutamisel ^[11]. Toide ja maa vahel on pandud mitu erinevat kondensaatorit selleks, et vähendada toite müra.

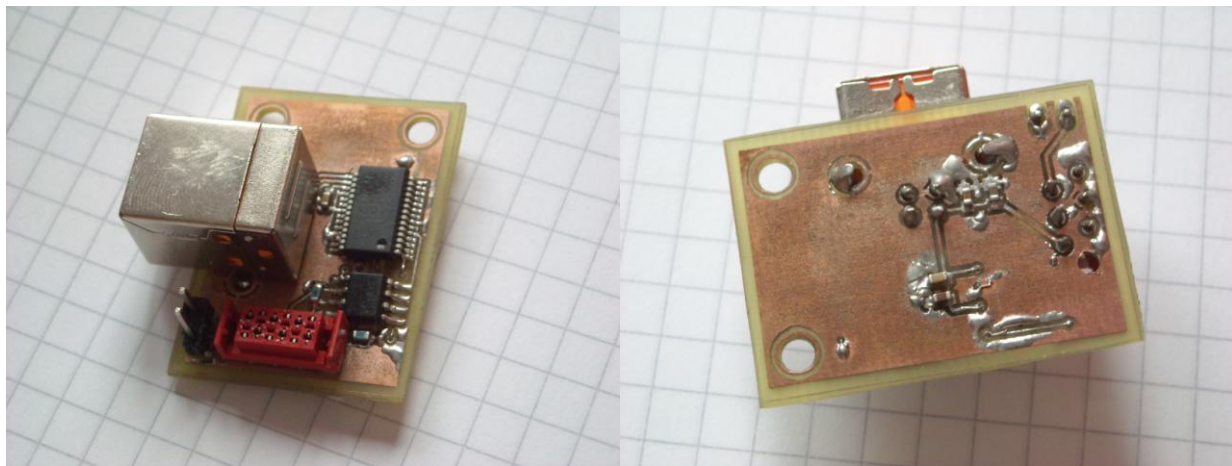


Joonis 5.7 USB - CAN konverteri elektroonika skeem

MAX3057 ja FT232RL on ühendatud omavahel läbi TXD (mõlemal esimene jalg) ja RXD (vastavalt viies ja neljas viikud) kontakte. Kiipidevaheline suhtlus toimub TTL loogika tasemel. MAX3057 on toidetud läbi VCC(3) viiku. Inverteeritud SHDN(5) kontakt on samuti ühendatud toitega, sest selle kontakti madala seisundi rakendamine lülitab kiipi välja. Maaga on ühendatud GND(2) ja RS(8) viikud, kuigi RS kontakt on ühendatud läbi 22 k Ω pull-down takistit. RS kontakt kasutatakse kiipi magama panemiseks. MAX3057 CANL(6) ja CANH(7) viikud on

CAN liidese andmevahetuskontaktid. Standardi kohaselt andmejuhe vahel peab olema 120Ω takistus mõlema andmeside otsal, kuid osutus, et täituri otsal sellist takistust ei ole. Seega tuleb panna 60Ω takistus vastavalt ohmi seadusele selleks, et kompenseerida selle puudumist täituri poolel.

Elektroonika skeemist tehti trükkplaadi skeem. Trükkplaat (Joonis 5.8) tehti käsitsi, kuna tööstuses plaadi tegemine võtab palju aega ja sellise üksiku väikese plaadi tööstuses tegemine ei ole praktiline ega odav.



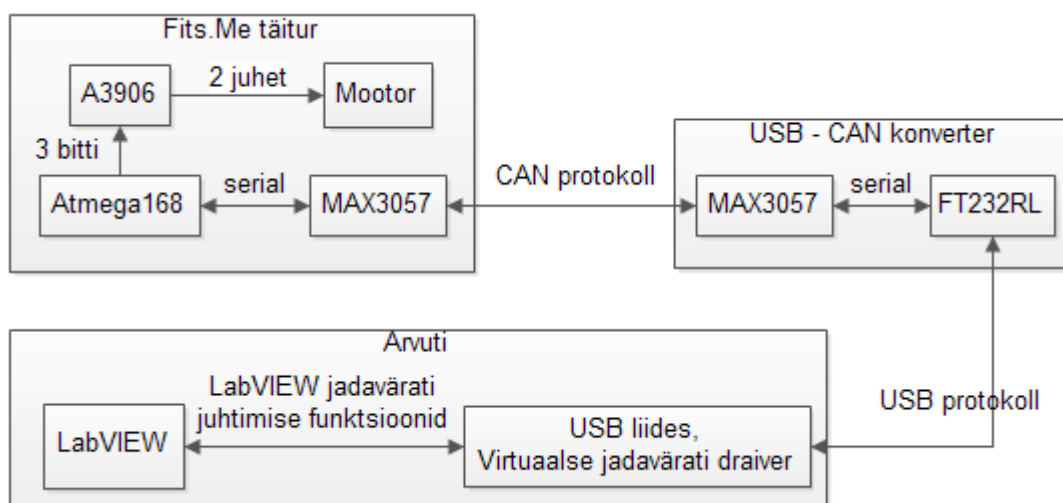
Joonis 5.8 Laboris tehtud USB – CAN konverter

5.5.4. Automaatika

Täituri juhtimine toimub läbi arvuti, seega on vaja kirjutada tarkvara nii mikrokontrolleri kui ka arvuti jaoks. Mikrokontrolleri tarkvara on kirjutatud C keeles kasutades AVR Studiot. Kogu stendi juhtimine toimub läbi LabVIEW keskkonna, seega arvuti poolse fiksaatori juhtimist oleks mõistlik teha LabVIEW-s. Selles peatükis on kirjeldatud nii kahepoolset tarkvara kui ka nendevahelist andmesidet.

Täituri mikrokontrolleri programmi plokkskeem ja kood on toodud käesoleva töö lõpus (vastavalt lisad 3 ja 6). Algladimisel seadistatakse vajalikud registrid, initialiseeritakse asünkroonne andmeside moodul (UART) ja pannakse paika kaks olulist muutujat: mikrokontrolleri käesolevat ülesannet ja riivi seisundi. Mõlemal muutujal on 3 võimalikku väärtust. Ülesannete hulka kuuluvad riivi lahti tegemine (0x0F), riivi kinni panemine (0xF0) ja

ootamine (0x00). Algladimisel mikrokontroller ootab ehk käivitab *sleep mode*'i. Riivi seisundiks saab olla: kinni (0xF0), lahti (0x0F) või teadmata (0x00). Teadmata seisund on sisselülitamisel ning juhul kui täitur ei täitnud oma ülesannet ehk riivi liikumisel oli mingi takistus. Ülesande muutmiseks on kasutatud mikrokontrolleri UART'i andmeside, mida kirjeldatakse põhjalikumalt järgmises lõigus. Ülesande muutmisel mikrokontroller väljub *sleep mode*'ist ja vastavalt käitub vastavalt ülesanne ja seisundi muutujatele. Näiteks kui kasutaja tahab riivi lahti teha, kuid riiv on juba lahti, siis kasutajat sellest teavitatakse. Kui aga kasutaja tahab riivi kinni panna, kuid riiv on teadmata asendis, kasutajat teavitatakse, et riiv tuleb algul lahti teha. Riivi liikumise juhtimine on rakendatud taimeri abil. Kuna mõlemad lõppseisundid, ehk kinni ja lahti, on anduri ees, siis liikumise algusel peab mikrokontroller andurit ignoreerima. Seega, liikumisel hakatakse andurit jälgima 0.3 s viivitusega. Liikumine lõpeb kas siis kui riiv jõuab anduri ette või 3 sekundi pärast.



Joonis 5.9 Laiendatud esimese lahenduse andmeside skeem

Joonisel 5.9 on kirjeldatud arvuti ja täituri vaheline andmevahetus. Atmega kiip kasutab UART'i andmete saatmiseks ja vastuvõtmiseks. Andmeid edastatakse jadakujuul. Kuigi jadakujuulisi andmeid on väga mugav edastada TTL loogikas, siis sellist andmevahetust kahe erineva seadme vahel ei kasutata. Seadmete vahel kasutatakse mürakindlamaid ja kindlamaid standardeid, näiteks CAN protokoll. USB – CAN konverteri sees andmevahetust muudetakse tagasi jadakujuusse, sest FT232RL kiip samuti kasutab UART'i. FTDI kiip saadab andmeid arvuti USB liidesele või vastupidi. Arvutipoolsel USB liidesel on virtuaalse jadavärati draiver, mis võimaldab suhelda

The screenshot displays the LabVIEW development environment for a VI named 'blocking_device.vi'. The top window shows the 'Block Diagram' with a 'True' loop containing a 'block' function, a 'reset' function, and a 'VISA resource name' input. The bottom window shows the 'Front Panel' with a 'BLOCK' button, a 'RESET' button, a 'VISA resource name' dropdown, and three indicator lights labeled 'Blocked', 'Reseted', and 'Should reset first'.

Arvuti poolne programm on sõnumite töötlemise põhjal. Joonisel 5.10 on programmi ülevaade. LabVIEW saadab läbi jadaväraati käsu ja saab sellele vastuse. Vastus töödeldakse ja pannakse põlema vastav indikaator LabVIEW kasutajaliideses. Sellel programmil on kolm sisendit ja kolm väljundit. Programm on lihtsasti rakendatav suuremates LabVIEW programmides, seega on sobiv stendi jaoks. Kirjeldatud tarkvara täidab oma funktsiooni stendi alglaadimisel ja välja lülitamisel. Arvuti saadab käsu täiturile, täituri liigutab vastavalt käsule riivi ja vastab arvutile, kas tegevus õnnestus.

5.6. Lahendus II

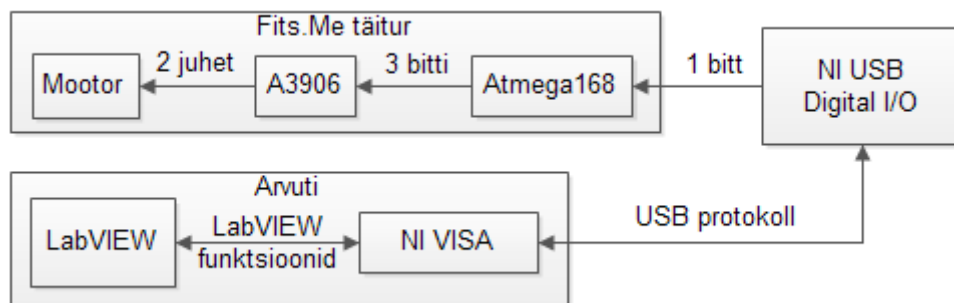
5.6.1. Kirjeldus

Kuigi esimene lahendus on täiesti töötav, osutus, et virtuaalne jadavärat segab teiste USB liidesega seadmete tööd. Järelikult USB – CAN konverterit ei saa kasutada stendi töös. Kuna USB liidest enam kasutada ei saanud, pidi minema tagasi võimalike lahenduste valimise juurde. Sobivaks jäi ühe I/O biti kasutamine täituri juhtimisel.

Mehaanika ja elektroonika pooltest on fiksaator samasugune esimese lahendusega. Ainuke erinevus on ühe I/O biti kasutamisel CAN liidese asemel. Mikrokontrolleri viik on ühendatud National Instruments DAQ (Data Acquisition) kaardi väljundiga, mida saab otseselt juhtida LabVIEW-ga. Kuigi automaatika algoritm võiks jääda samasuguseks: käsu saatmise asemel kasutada sisendsignaali muutmise katkestust, otsustati välja töötada teine algoritm, sest andmevahetust enam ei ole ja tagasisidet kasutada ei saa.

5.6.2. Automaatika

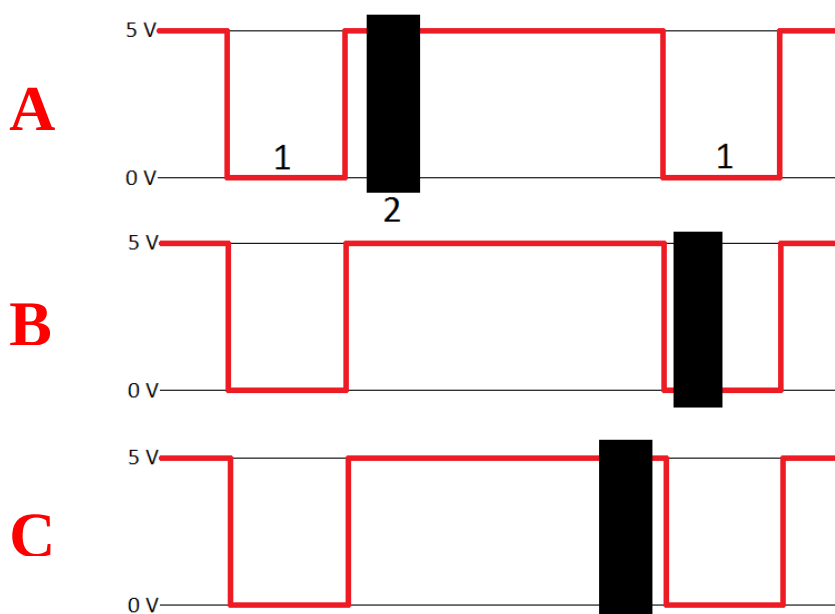
Mikrokontrolleri tööalgoritmi plokkskeem on toodud käesoleva töö lõpus (Lisa 4). Programm (Lisa 6) on ülesehitatud katkestuste põhimõttel. Alglaadimisel toimub vajalike registre initsialiseerimine ja katkestuste lubamine. Edasi pannakse mikrokontroller *sleep mode*'i, kuna mootorit juhitakse katkestustega. Iga katkestuse järel pannakse mikrokontrolleri tagasi *sleep mode*'i.



Joonis 5.11 Teise lahenduse andmeside skeem

Täitur seisab alati ohutus asendis. Ohutu asend on andurite vahel, kuna mõlemale poole liikumine tagastab täituri ohutu tsooni. Lisaks juhul kui täitur liigub või tundub et liigub rohkem kui 5 sekundit, see lülitatakse välja.

Joonisel 5.11 on kujutatud lahenduse admeside skeem. Kogu süsteemi sisselülitamisel stendi liikuv osa seisab riivi peal. Pärast stendi peamootori käivitamist, mis tõstab stendi liikuva osa üles, LabVIEW programm paneb andmebiti 0-ks, mis tekitab mikrokontrolleri sees katkestuse. Katkestuse teenindamisel pannakse mootor liikuma õiges suunas ehk tehakse riiv lahti. Järgmise katkestuse tekitab anduri biti muutus. Selle koha peal mootori peatatakse ja vastavalt salvestatud seisundile pannakse mootorit liikuma vastassuunas selleks, et jõuda ohutu asendini. Viimane katkestus tekib vastupidisel anduri biti muutumisel. Mootor on liikunud anduri eest ja jõudis ohutusse asendisse. Selle koha peal mootor lülitatakse välja. Samal põhimõttel toimub riivi liikumine stendi alla, kuid kindlasti vastassuunas. Joonisel 5.12 on kujutatud riivi liikumise näidis, kus A on algseisund, B on anduri jala katkestuse hetk ja C on mootori välja lülitamise hetk.



Joonis 5.12 Riivi näidisliikumine. 1 – andurid, 2 – ohutu asend. Esialgu (A) riiv on kinni ja andurite vahel, mootor seisab. Pärast katkestust mootor hakkab liikuma kuni jõuab andurini (B). Siis ta hakkab liikuma vastassuunas kuni riiv on anduri eest ära (C).

6. UPS-i kasutamine

Elektrikatkestused toimuvad võib-olla mitte tihti, kuid kindlasti ootamatult. Seega stendi ohutuks kasutamiseks on vajalik katkematu toiteallikas (UPS). UPS-ide valikul otsustati kasutada kaks erinevat UPS-i arvuti ja stendi jaoks, kuna UPS-i võimsuse kasvamisel selle hind kasvab peaaegu eksponentsiaalselt ja tööaeg pärast elektrikatkestust väheneb. Kuigi kahe UPS-i ostmise oli loomupäraseks otsuseks, osutus, et sellise otsusega kaasnevad omad probleemid.

Esialgselt oli mõeldud kasutada UPS-i seisundi lugemiseks Windows'i sisseehitatud funktsiooni, kuna LabVIEW võimaldas kasutada seda funktsiooni oma programmides. Kuid osutus, et Windows'i sisseehitatud funktsioon ei võimalda kahe või rohkem UPS-i juhtimist. Kuigi on võimalik jätta ühe UPS-i juhtimata ja kasutada teise UPS-i signaale, selline lahendus ei ole praktiline ega turvaline. Seega oli vaja leida teine võimalus UPS-e kasutada.

Stendi jaoks mõeldud UPS kasutas arvutiga ühenduseks jadaliidest. Käesolev UPS kasutas andmesides ainult seisundsignaale. Järelikult üks jadaliidese signaalidest peaks tähendama elektrikatkestust. Käesoleva UPS-iga ei olnud kaasas kontaktide kirjeldust, järelikult oli vaja õige paar leida katseliselt. Katsetega on leitud, et oranz juhe on maandus ja valge-oranz juhe on toitepuudumise indikaator. Indikaatori pingeks oli 13 V, seega et kasutada signaali National Instruments seadmel, seda tuleks muundada TTL loogikaks. Selleks kasutati kaks takistit: 10 k Ω ja 22 k Ω . Selline seadistus annab 13 V toite juhul umbes 4 V 10 k Ω takisti peal, mis sobib TTL loogikale.

Mõlema UPS-i seisundi olemasolul saab arvuti kindlalt otsustada, kas on vaja stendi välja lülitada või mitte. Stendi juhtiv programm kontrollib UPS-ide seisundit pärast iga mõõtmiste tsükli, järelikult kui toide ei ole taastatud tsükli lõpuks, stend tõstab oma liikuva osa aluse määratud kõrgusele, annab käsku fiksaatorile ja, kui fiksaator on vastanud, alandab aluse riivi peale ning peatab mootori. Kuna on valitud sobiva tööajaga UPS-id, stendil on piisavalt aega, et lõpetada üht tsüklit.

7. Arutelu

Töö tulemusel on valminud kaks fiksaatori lahendust. Kuigi esimene lahendus vastab peaaegu kõigile fiksaatori nõudmistele, osutus, et see segab teisi USB liidesega seadmeid. Kuigi ühe I/O biti kasutamine teises lahenduses eemaldas teiste USB seadmete segadust, on kasulik teada saada, miks USB – CAN konverter takistab teiste seadmete kasutamist. Selles peatükis tuuakse välja fiksaatori lahenduste nõudmisele vastavused ja selgitatakse, miks USB – CAN konverter segas teisi seadmeid.

Vastavused esialgsetele nõudmistele:

- Mõlemate lahenduste tugevus on piisav. Stendi liikuva osa alus seisab metallpulga peal. Metallpulk toetub plastploki peale, mis on kinnitatud metallplaadile. Metallplaat on kinnitatud stendi paigal seisva osa alla.
- Mõlemad lahendused võimaldavad fikseerida stendi 5 sekundi jooksul.
- Mõlema lahenduse voolutarve *sleep mode*’l on kuni 4 mA ja kuni 60 mA liikuva täituri korral.
- Mõlemad lahendused on juhitud LabVIEW-ga. Esimene läbi LabVIEW sisseehitatud jadavärati funktsiooni, teine National Instruments Digital I/O seadme abil.
- Mõlemal juhul fiksaator täidab käsu saamisel või I/O biti muutmisel. Välja arvatud juhul kui riivi ja aluse vahel on mingi takistus või fiksaatori juhe on eemaldatud.
- Kahjuks esimene lahendus ei täitnud täies ulatuses segaduse nõudmist, kuna tema töö segab kaamerate tööd. Teine lahendus aga ei sega teisi seadmeid.

Stend kasutab oma töös 4 kaamerat, mida juhitakse läbi USB liideseid. Esimese lahenduse fiksaator oli lisatud stendile umbes kuu aega enne kui hakati kaameraid kasutama, seega ei ole uuritud, kuidas fiksaatori kasutamine mõjutab kaamerate tööd. Lõpuks kaamerate lisamisel osutus, et kaamerad ei tööta. Probleemi otsimisel osutus, et kaamerad töötavad, kui fiksaator ei ole ühendatud arvutiga.

USB Logger^[12] tarkvara abil on uuritud, et FT232RL kiip ja sellele vastav virtuaalse jadaliidese (VCP) draiver kasutavad suuri andmehulki andmevahetuses^[13,14]. Sellised andmete ülekanded on aeglased ja võivad segada teisi USB seadmeid. Oli katsetatud blokeerida või eemaldada USB – CAN konverteri tarkvaraliselt kasutades konsooli vahelist programmi DevCon^[15], kuid ei õnnestunud. Kuna füüsiline USB liidese eemaldamine on keeruline, siis teise lahenduse rakendamine oli loomupäraseks otsuseks.

8. Kokkuvõte

Elektroaktiivseid polümeere, tänu oma omadustele, saab potentsiaalselt kasutada paljudes kosmoseprojektides, kuid seni on tehislühaseid sellistes projektides kasutatud vähe. Põhjuseks on EAP-de teadmata töökindlus, kuna tehislühased on alles arenemisjärgus. Kosmos on karm ja kaugel keskkond, järelkult kosmoselaevad vajavad töökindlaid seadmeid. Töökindlate ioonjuhtivate elektroaktiivsete polümeeride väljatöötamise projekti üheks osaks on elektroaktiivsete polümeeride testimine. Kuna materjalide testimine on väga ajakulukas ja keeruline protsess, projekti jooksul otsustati üles ehitada EAP-de testimise stendi, mis automatiseerib EAP-de testimist.

Käesoleva töö eesmärgiks on välja töötada ja rakendada fiksaator testimise stendi jaoks. Fiksaator peab stendi tööd mitte segama. Lisaks on vaja rakendada elektrikatkestuse tuvastamist ja ohutu väljalülitamise elektripuuduse korral.

Töö käigus on välja töötatud automatiseeritud fiksaatori kaks varianti. Mõlemad lahendused kasutavad Fits.Me projekti täituri ja on ehituse poolest peaaegu samad, kuid erinevus seisneb fiksaatori juhtimises ja tööalgoritis. Esimene kasutab USB – CAN konverteri, mille vahendusel saab fiksaatorit juhtida. Teine töötab ühe andmebiti juhtimisel. Lahendused kasutavad suhteliselt vähe elektrivoolu (kuni 60 mA) ja on automaatika poolest töökindlad. Kahjuks esimest lahendust ei saa kasutada koos USB liideste seadmetega, mis vajavad suurte andmehulkade edastamist, sest USB – CAN konverter segab selliste seadmete tööd. Lisaks on leitud võimalus kasutada kaht UPS-i ühe arvutiga, mida ei võimalda standardsed Windows'i funktsioonid.

9. Kasutatud kirjanduse loetelu

1. Yoseph Bar-Cohen, „Electro-active polymers: current capabilities and challenges“, Paper 4695-02 (Jet Propulsion Laboratory-Caltech, Pasadena, CA 91109, USA, 2002).
2. S. Nemat-Nasser, Chris W. Thomas and Y. Bar-Cohen „Ionomeric Polymer-Metal Composites“ in *Electroactive polymer (EAP) actuators as artificial muscles - reality, potential, and challenges*, Yoseph Bar-Cohen, ISBN 9780819452979 (2004), pp. 171-223.
3. J. Torop, V. Palmre, M. Arulepp, T. Sugino, K. Asaka and A. Aabloo, „Flexible supercapacitor-like actuator with carbide-derived carbon“, *Carbon*, vol. 49, issue 9 (August 2011), pp. 3113-3119.
4. G. Alici, A. Punning and H. R. Shea, „Enhancement of Actuation Ability of Ionic-Type Conducting Polymer Actuators Using Metal Ion Implantation“, *Sensors and Actuators*, vol.157 (Elsevier, 2011), pp. 72 -84.
5. F. Kaasik, „Süsinik-ioonvedelik-polümeer komposiitmaterjalist täiturite valmistamine“, Bakalaaurusetöö (Tartu Ülikool, 2009).
6. „Engineering, Industrial, and Medical Applications of Ionic Polymer–Metal Nanocomposites“ in *Artificial Muscles Applications of Advanced Polymeric Nanocomposites*, M. Shahinpoor, Kwang J. Kim and M. Mojarad, ISBN-10 1584887133 (2007), pp. 329-370.
7. Project description. „Radiation and temperature induced damage of ionic electroactive polymer materials for MEMS devices in space (ESTPECS-13) ESTRO-ACTUATOR“. PECS Arrangement No 4000103234/11/NL/KML (2011-2012).
8. Atmel Corporation, Atmega 48/88/168 Datasheet, <http://www.atmel.com/Images/doc2545.pdf>.
9. Allegro MicroSystems, Inc., A3906 Datasheet, <http://www.allegromicro.com/en/Products/Motor-Driver-And-Interface-ICs/Brush-DC-Motor-Drivers/A3906.aspx>.
10. MAXIM Corporation, MAX3057 Datasheet, <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/73101/MAXIM/MAX3050-MAX3057.html>.
11. Future Technology Devices International Ltd., FT232RL Datasheet, <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/144591/FTDI/FT232RL.html>.

12. Incentives Pro, „Simple USB Logger”, <http://www.incentivespro.com/usb-logger.html>.
13. Beyond Logic, „Bulk Transfers”, <http://www.beyondlogic.org/usbnutshell/usb4.shtml#Bulk>.
14. Osamu Tamura, Recursion Co., Ltd., „Using the CDC protocol with Interrupt pipes”, <http://www.recursion.jp/avrcdc/lowcdc.html>.
15. Microsoft, „The DevCon command-line utility as an alternative to Device Manager“, <http://support.microsoft.com/kb/311272>.

10. ABSTRACT

Electroactive polymer testing stand

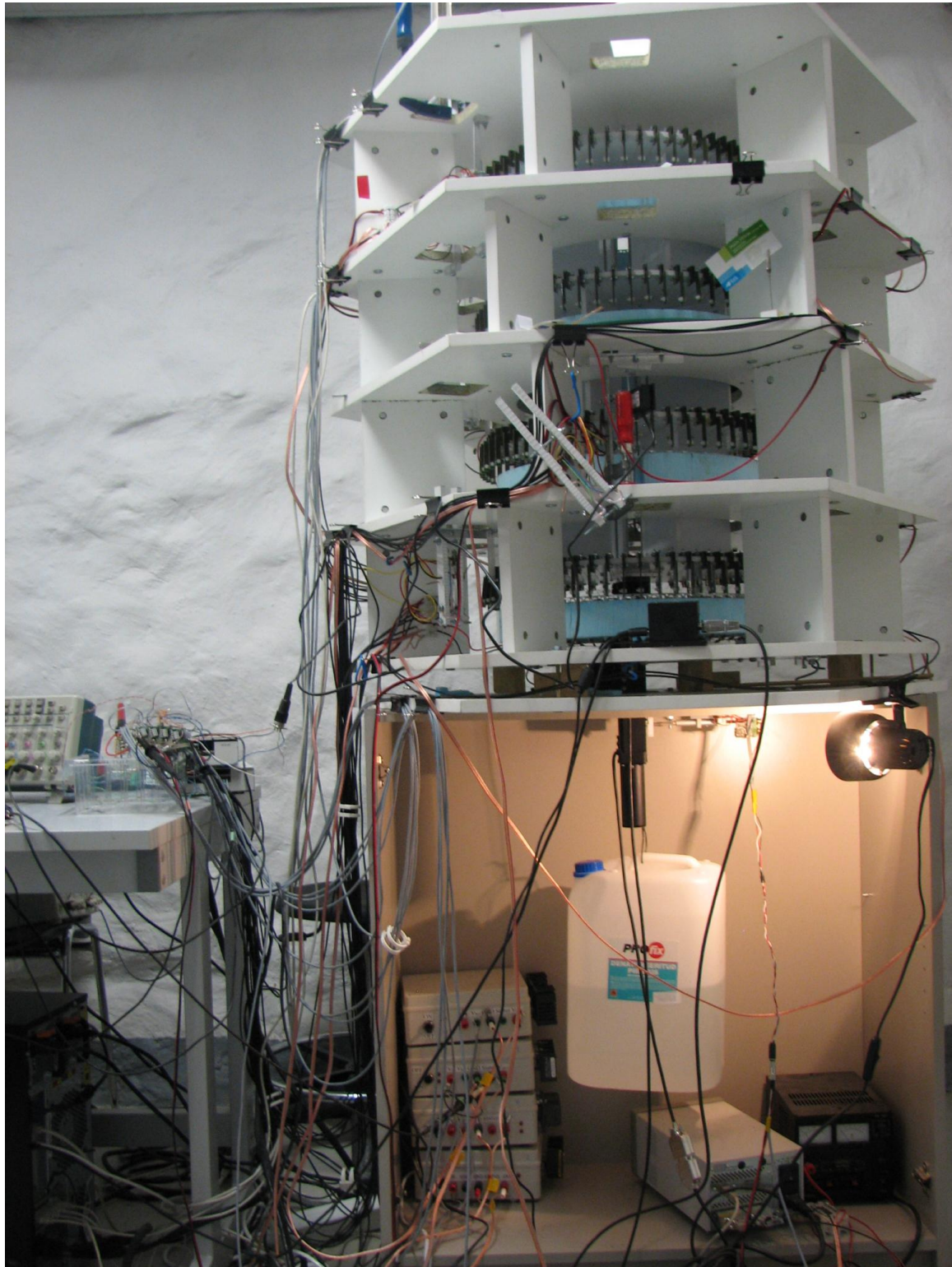
Georgi Olentsenko

Electroactive polymers change their shape when subjected to alternating voltage. Such materials are potential candidates for using in space projects because of this feature. Nevertheless current space projects prefer using devices that are thoroughly tested, because space is a harsh remote environment. One of the aims of the ESTPECS-13 project is to test existing types of electroactive polymers. Such tests are quite complex and requires a lot of time, therefore it is reasonable to automate the testing process. That is why during the project it is decided to build an electroactive polymer testing stand.

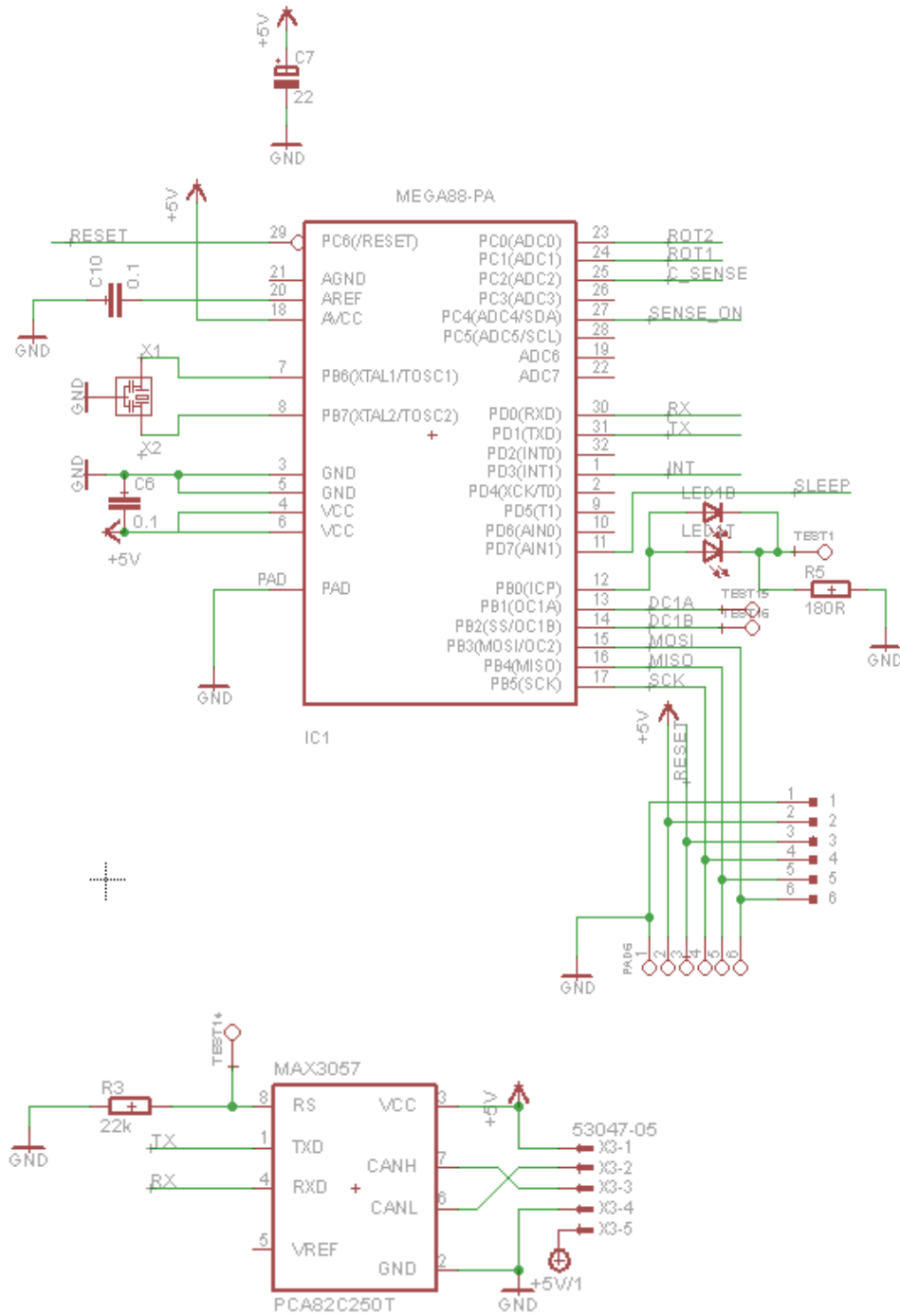
Purpose of this paper is to build and mount a support device for the testing stand, since it does not have a shutdown fixed state. In addition this paper describes a way of discovering a blackout and safely shutting down the testing stand using the support device.

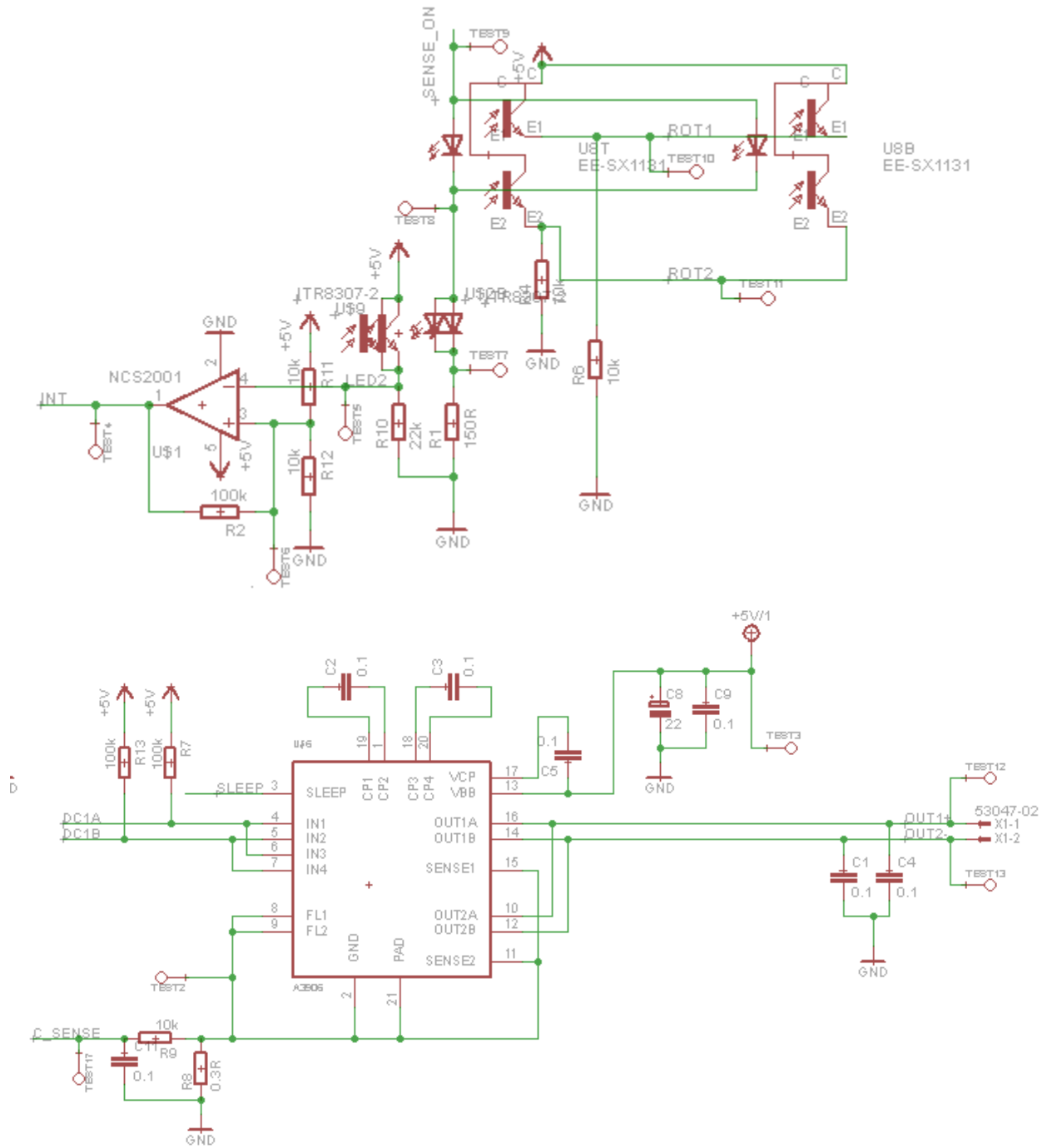
There have been developed two possible solutions. Both of them are built around Fits.Me projects actuator, but either has a different control method and algorithm. The first one uses a USB – CAN converter to control the actuator by the means of an USB port. This converter creates a virtual COM port for the computer that can be used as a physical one. The second solution is based on using only one control bit. Both solutions consume less than 60 mA current and their program algorithm are secure. Disadvantage of the first solution is that it cannot be used together with other USB devices that perform a large data transfers like USB cameras. In addition there has been found an easy way to control two UPS's using a computer, since Windows built-in functions do not allow that.

Lisa 1. Stendi foto

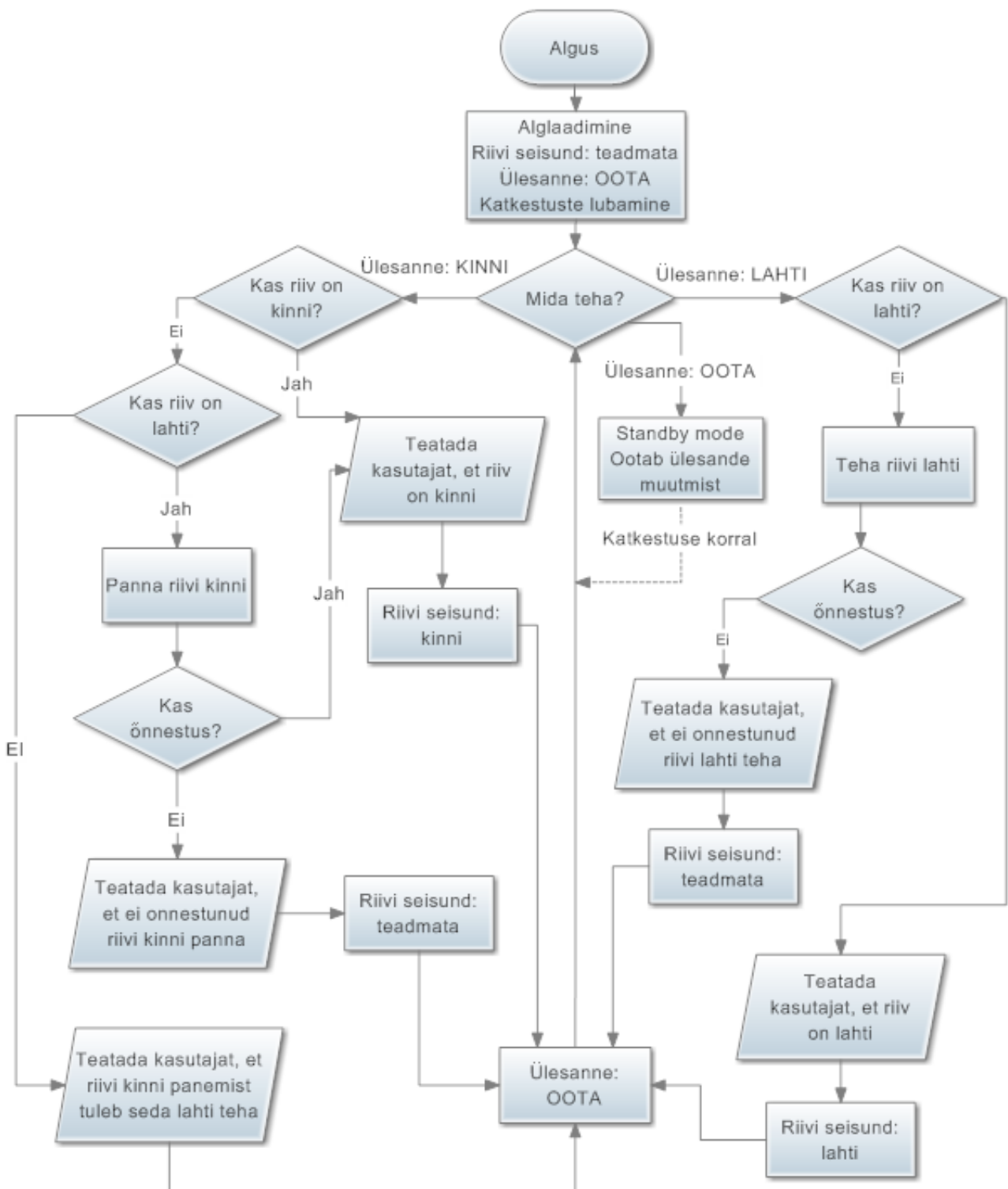


Lisa 2. Fits.Me täituri elektroonikaskeem



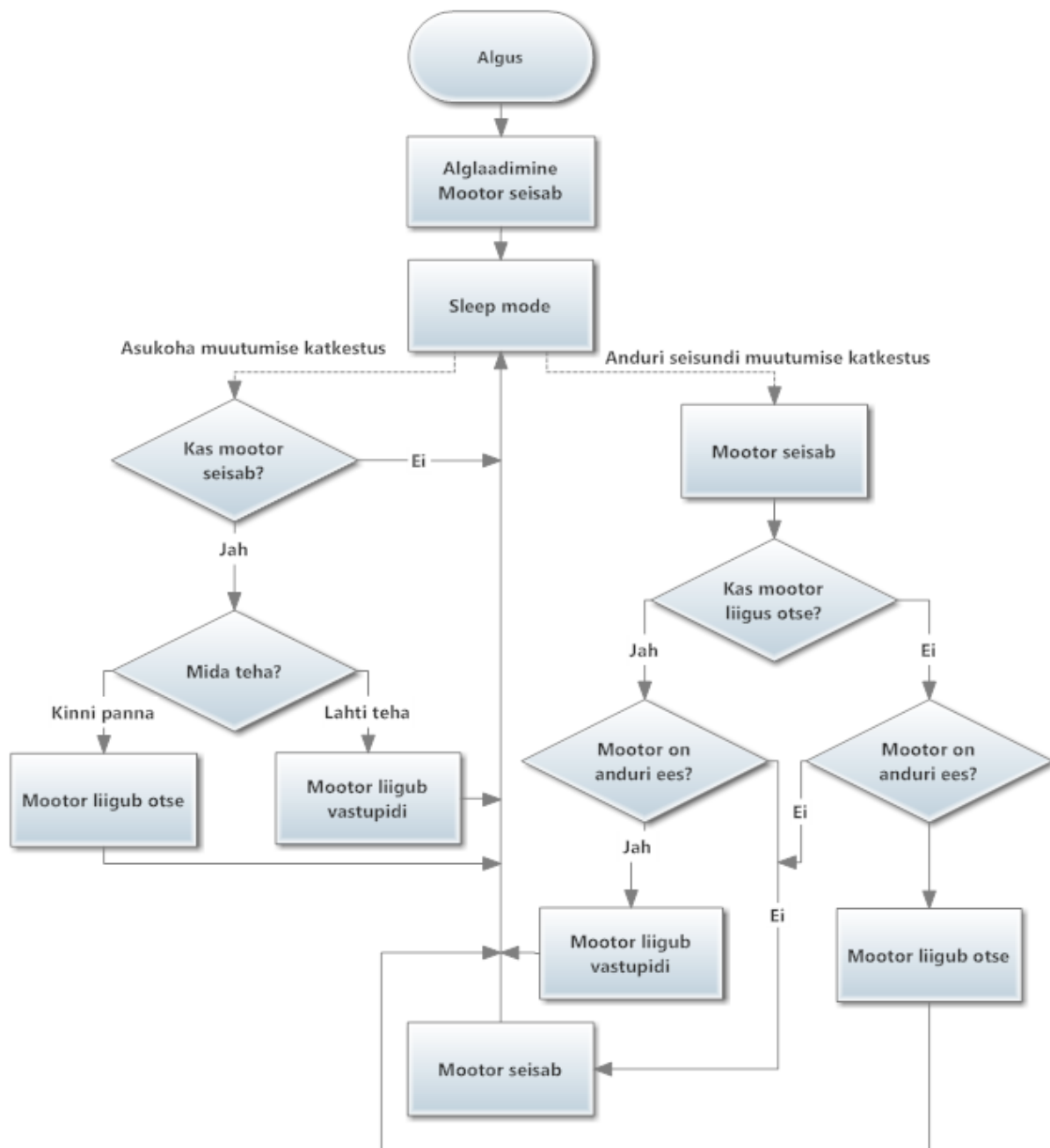


Lisa 3. Esimese lahenduse programmi plokkskeem

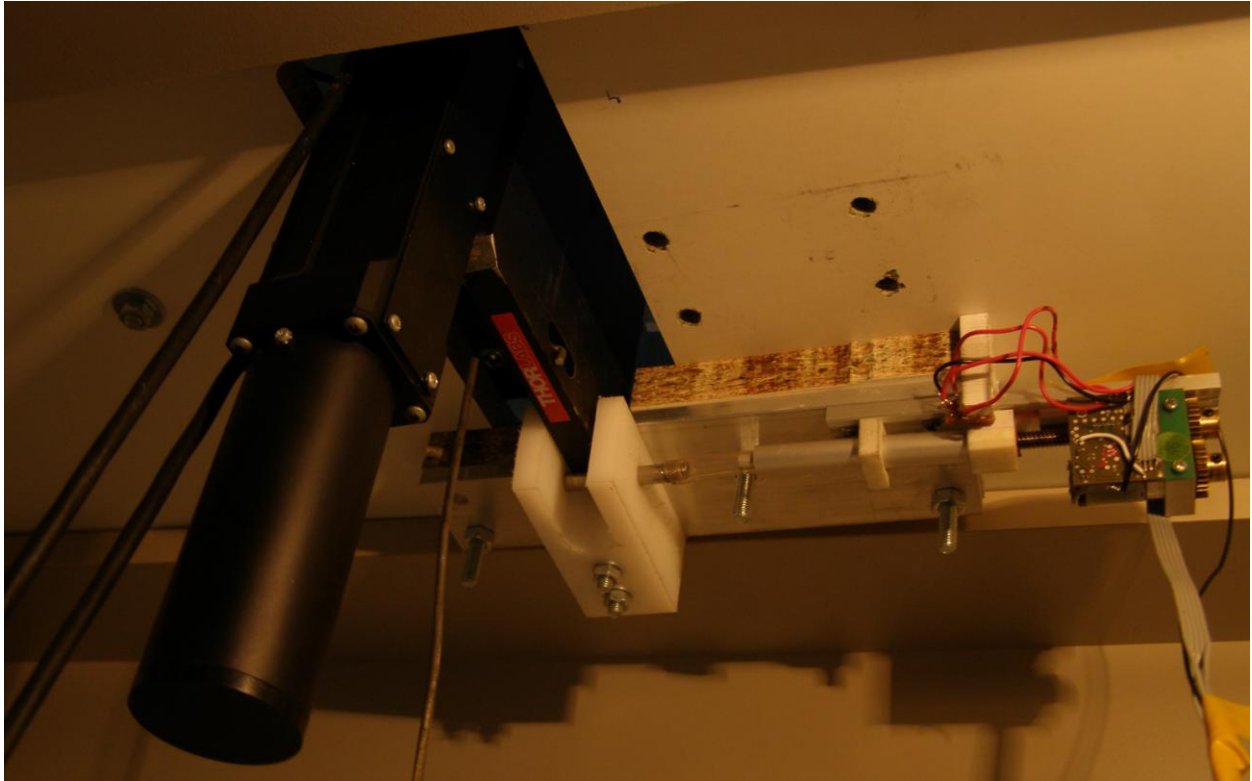




Lisa 4. Teise lahenduse programmi plokk skeem



Lisa 5. Lõplik stendi fiksaatori lahendus



Lisa 6. Lahenduste tarkvara ja skeemid elektroonilisel kujul

http://kodu.ut.ee/~georgi57/Elektroaktiivsete_polymeeride_testimise_stend/