

Tartu Ülikool

Loodus- ja täppisteaduste valdkond

Tehnoloogiainstituut

Risto Reinumägi

Robotbaarmen

Bakalaureusetöö (12 EAP)

Arvutitehnika eriala

Juhendaja: prof PhD Alvo Aabloo

Tartu 2017

RESÜMEE/ABSTRACT

Robotbaarmen

Selle bakalaureusetöö eesmärgiks on uurida tehnilisi võimalusi, et prototüüpida robot, mis suudab valmistada erinevaid kokteile, nõudes kasutajalt minimaalset sekkumist. Töös antakse ülevaade maailmas selles valdkonnas tehtust, tuuakse välja erinevate lahenduste eelised ja puudused ning klassifitseeritakse lahendamist vajavad uurimis- ja inseneriprobleemid. Samuti antakse ülevaade võimalikest ärimudelitest taoliste seadmete valdkonnas.

CERCS: T120 Süsteemitehnoloogia, arvutitehnoloogia; T125 Automatiseerimine, robotika

Märksõnad: arvutid, kontroll, robotika, elektroonika, mehaanika

Robotbaarmen

The focus of this bachelor thesis is to explore technical possibilities to prototype a robot capable of making different cocktails with minimal user input. In this thesis, an overview of accomplishments in the field is given, pros and cons of different solutions are explored, research and engineering problems in need of solving are classified. An overview of different business models in the field is also given.

CERCS: T120 Systems engineering, computer technology; T125 Automation, robotics

Keywords: computers, control, robotics, electronics, mechanics

SISUKORD

Resümee/Abstract	2
Lühendid, konstandid, mõisted.....	5
Sissejuhatus	6
1 Valdkonna ülevaade	7
1.1 Turul olevad analoogsed seadmed	7
1.1.1 GiG, the automatic doser	7
1.1.2 SmartTender	8
1.1.3 Somabar	8
1.1.4 Barbotics	8
1.1.5 Robotkäed Makr Shakr	9
1.2 Isiklikuks tarbeks tehtud masinad	10
1.2.1 The Inebriator	10
1.3 Kasutusel olevad ärimudelid joogimasinate valdkonnas	11
2 Bakalaureusetöö ülevaade	12
2.1 Nõuded masinale.....	12
2.2 Valminud prototüüp	13
3 Elektroonika	15
3.1 Ekraan	15
3.2 Vedeliku taseme andur.....	15
3.3 Täppisvõimendi	15
3.4 Emaplaat	16
3.5 Mikrokontroller.....	17
4 Mehaanika	18
4.1 Korpus.....	18
4.2 Peristaltiline pump	18
4.3 Vedeliku massi mõõtja.....	19
4.4 CO ₂ süsteem.....	19
5 Püsivara	20
5.1 Mikroprotsessori kood	20
5.2 Ekraani kood	21
6 Vajalikud tegevused tootestamisel	22
7 Hind	23

8	Kasutajaliides	25
	Kokkuvõte	26
	Kasutatud kirjandus	27
	Lisad	29
	Lisa 1. Trükiplaadi disain	29
	Lisa 2. Liuguri detail 3D printimiseks.....	29
	Lisa 3. Näide ekraani koodist	30
	Lih litsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks	31

LÜHENDID, KONSTANDID, MÕISTED

USB (ingl *Universal Serial Bus*) – universaalne järjestiksin, suhteliselt uus välissiini standard. [1]

UART (ingl *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*) – universaalne asünkroontransiiver.

Programmeeritud mikrokiip, mis juhib arvutit ja välisseadmeid ühendavat jadaliidest. [1]

I²C – kahesuunaline kahesooneline järjestiksin, mida kasutatakse integraalskeemidevahelise ühenduslülina. [1]

ADC (ingl *Analog-to-Digital Converter*) – analoog-digitaalmuundur. [1]

SISSEJUHATUS

Tänapäeval on populaarne vahetada võimalikult palju inimtööjõudu robotite vastu. Seda tehakse eelkõige majanduslikel kaalutlustel, aga ka suurema täpsuse ja kvaliteedi saavutamiseks, innovatsiooni tarbeks, reklaami mõttes. [2] Väga paljudes valdkondades on robotid juba kasutusel ja arendustegevus jõudnud väga kõrgele tasemele ning suurte summadeni. [3] Selles bakalaureusetöös uuritakse valdkonda, kus robotite kasutamine on algelisemal tasemel, kuid samas tulus perspektiiv.

Töö eesmärgiks on prototüüpida robot, mis suudab valmistada erinevaid kokteile, nõudes kasutajalt minimaalset sekkumist. Töös antakse ülevaade maailmas selles valdkonnas tehtust, loetletakse peamised ärimudelid, tuuakse välja erinevate lahenduste eelised ja puudused ning klassifitseeritakse lahendamist vajavad uurimis- ja inseneriprobleemid, et ärimudeleid saaks realiseerida.

1 VALDKONNA ÜLEVAADE

Hetkel on turul ja prototüübifaasis mitmeid automaatseid ja poolautomaatseid seadmeid, mis võimaldavad nii avalikes kohtades kui ka isiklikuks tarbeks segada kokku erinevaid jooke ja kokteile. Oma ülevaates keskendun seadmetele, mis suudavad valmistada enam kui kaks erinevat jooki ning vahetada jooke masinat vahepeal ümber seadistamata.

Maailmas leidub mõningaid seadmeid, mis suudavad kasutajale valmistada soovitud kokteili. Enamus neist jääb siiski isiklikuks kasutuseks mõeldud ekstravagantsete masinate tasemele. Näiteks robotkäsi, mis haarab pudeleid ja valab joogi kokku, või masin, mis tulede vilkumise saatel efektselt sõidutab klaasi pudelist pudelini. [9] Turul leidub ka müügiks mõeldud seadmeid, mis küll näevad välja viimistletud ja silutud, kuid ei ole siiani päris müügikõlblikuks saanud. [7]

Enamik hetkel müügiks mõeldud seadmetest eeldavad kasutamiseks nutitelefoni ja vastava rakenduse olemasolu. [4, 6, 7] Lisaks on neil komponentide hoidmiseks spetsiaalselt disainitud anumad. [4, 6] Selle töö käigus ehitatud masin püüab neid kitsaskohti vältida, kasutades seadme küljes olevat ekraani ning mitmeid jae- ja hulgimüügist saada olevaid standardseid pudeleid. Kiirelt vahetatavad komponendid ning võimalus masinat kasutada ka väljaõppeta inimesel peaksid andma sellele lahendusele teiste konkurentide ees eelise.

1.1 Turul olevad analoogsed seadmed

1.1.1 GiG, the automatic doser



Joonis 1. GiG, the automatic doser [4]

Seade on saadaval kahes versioonis: Pro ja Home.

GiG Pro on mõeldud äriliseks tegevuseks ning selle hind ei ole teada. Seadme mõõdud on $60 \times 40 \times 42$ cm, kaal tühjalt 25 kg, masin tarbib 75 W võimsust ning mahutab 15 jooki. Võimalik on ka tellida isikupärastatud välimusega mudelit.

Versioon GiG Home, mis on kodukasutuseks mõeldud, maksab 1290 eurot ja on kõigile tellimiseks saada. Masina mõõtmed on $50 \times 50 \times 50$ cm ja seade kaalub 25 kg, mahutab 8 jooki ja ühildub nutitelefoni Bluetooth 4.0 kaudu. [4]

1.1.2 SmartTender



SmartTender on saadaval ka vaid äriliseks kasutuseks mõeldud versioonina, mis koosneb moodulitest ning paigaldatakse tehnikute poolt jäädavalt oma asukohale. Lisaks eeldab see operaatorilt vastava koolituse läbimist seadme käitlemiseks. Masin suudab valmistada kuni 600 erinevat jooki. [5]

Joonis 2. Masina SmartTender üks võimalikest konfiguratsioonidest [5]

1.1.3 Somabar

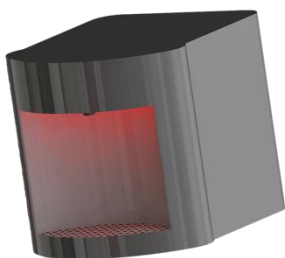


Joonis 3. Kokteilide valmistaja Somabar [6]

Somabar on kodukasutuseks mõeldud kokteilide valmistaja. Kokteile saab valida Bluetoothiga ühendatud nutitelefoni abil ja kõik komponendid tuleb panna eraldi 750-milliliitristesse anumatesse, mida on kokku kuus. Seadme mõõtmed on $48 \times 28 \times 38$ cm ja see kaalub 7 kg. Masin oskab end ise veega läbi loputada ja vedelikuanumad on nõudepesumasinas pestavad.

Seade maksab 429 dollarit, kuid ei ole veel saadaval. [6]

1.1.4 Barbotics



Joonis 4. Barbotics [7]

Barbotics on kompaktne kokteilide valmistaja mõõtmetega $32 \times 34 \times 39$ cm, mis suudab võtta kuni 48 komponenti. Seade nõuab kasutamiseks nutitelefoni ja internetiühendust. Seda on võimalik eeltellida ning eeldatav hind on 99 dollarit. [7]

1.1.5 Robotkäed Makr Shakr

Makr Shakr pakub müügiks ja rendiks robotkäel põhinevaid kokteilivalmistajaid. Lauale on kinnitatud kaks robotkätt ja laua kohal on rest 150 pudeliga, kus on kuni 60 erinevat alkoholi. Nutiseadme abil saab anda masinale teada, millist jooki klient soovib. Masin võtab šeikeri, tõstab iga komponendi pudeli juurde, raputab joogi valmis ning valab välja. Saadaval on kaks versiooni: statsionaarne ja mobiilne. Statsionaarse puhul toovad tehnikud osad kohale ja monteerivad seadme jäädavalt oma kohale. Mobiilne masin on ehitatud merekonteineri sisse ja seda on võimalik veoautoga transportida. Lisaks on mõlema versiooni küljes 2-meetrised LED-ekraanid, millelt on võimalik protsessi jälgida. Mobiilse versiooni mõõtmeteks on $8 \times 3 \times 3$ meetrit. [8]



Joonis 5. Robotkäed Makr Shakr kruisilaeval [8]

1.2 Isiklikuks tarbeks tehtud masinad

1.2.1 The Inebriator

Seadme The Inebriator töö põhimõtteks on sõidutada alusele asetatud klaas ühe pudeli alt teise alla. See kokteile valmistav masin pole turul, vaid on ehitatud kodukasutaja poolt enese tarbeks. The Inebriatori mõõdud on 600 × 900 mm. Disainis on rõhku pandud efektsusele, mis eristab seda teistest samalaadsetest seadmetest. Kasutusel on 132 adresseeritavat LED-i. The Inebriator kasutab tööks operatsioonisüsteemi Android kasutatavat statsionaarset tahvelarvutit. Seadme versioon 2 suudab valmistada jooke 16-st erinevast komponendist. [9]



Joonis 6. The Inebriator töötamas [6]

1.3 Kasutusel olevad ärimudelid joogimasinate valdkonnas

Kokteilimasinad on suunatud kodukasutajatele ja ettevõtetele, mis pakuvad alkohoolseid jooke. Mõõtmelst väiksemad ja võimalustelt kehvemad masinad on mõeldud koduseks kasutuseks. Need masinad on tehtud võimalikult hõlpsalt kasutatavateks, et kliendiks võiks olla igaiüks. [6, 7] Koduseks kasutuseks mõeldud masinaid on kliendil võimalik endale osta, kuid hetkel vaid läbi vastava ettevõtte veebipoe. Jaekaubandusse need seni veel jõudnud ei ole.

Keerulised ja mõõtmelst suured masinad on suunatud ettevõtetele, et pakkuda efektset alternatiivi või lisandit tavalisele baarile. Sellised masinad ehitatakse enamjaolt vastavalt kliendi vajadustele ja soovidele ning vajavad eksperdi seadistust ja ülespanekut. [5, 8] Näiteks Makr Shakri masinad on kasutusel Royal Carribieani kruisilaevadel. [8] Samas ei asenda sellised seadmed veel täielikult inimest, kuna ühelgi neist ei ole võimalik tasu vastu võtta ega kliendi sobivust kontrollida. Lisaks välja ostmisele on seda tüüpi seadmeid võimalik ka rentida, kuna selliselt ei ole vaja teha nii suurt ühekordset investeeringut. [8] Ühtlasi teeb ettevõtte Makr Shagr erinevatel rahvaüritustel demonstratsioone. [8]

Praeguse info kohaselt olid kõik hetkel kokteiliautomaatidega tegelevad ettevõtted oma tooted ise välja töötanud. Samuti tegelesid nad toodete turustamisega ise ja oma kaubamärgi alt. Puudub teave, et keegi neist oleks müünud vaid toote kontseptsiooni või mõni suurfirma müüks kellegi teise toodangut oma brändi nime alt.

2 BAKALAUREUSETÖÖ ÜLEVAADE

2.1 Nõuded masinale

Bakalaureusetöö eesmärgiks on teha valmis seade, millest saaks soovitud kokteili kätte iga eelneva juhendamisetä inimene. Oluliseks aspektiks masina ehitusel oli nõue, et funktsioneerimiseks oleks kõik vajalik saadaval Eesti kaubandusvõrgus. Seadmele esitati järgmised nõuded.

- Ekraan. Seadmel peab olema statsionaarne ja lihtsasti kasutatav ekraan. Ekraani diagonaal peaks olema vähemalt 3 tolli ja resolutsioon minimaalselt 300×150 pikslit. Prototüübi ekraan peaks olema eraldi moodulina ja suhtlema emaplaadiga kasutades UART- või I²C-liidest. See likvideerib vajaduse, et isegi ühe kokteili saamiseks oleks kasutajal vajalik rakendus alla laadida.
- Täpsus. Seadmel peab lisaks pumba tööaja mõõtmisele olema vähemalt üks lisavõimalus, kuidas kontrollida oma töö täpsust. Seade peab suutma vajadusel tulemust parandada.
- Kätesaadavad kulumaterjalid. Seade kasutab oma tööks jaekaubandusvõrgust leitavaid erinevatele mulliveemasinatele mõeldud keermega 425-grammiseid süsihappegaasi balloone. Seadmes kasutatavaid jooke pole samuti vaja ümber villida, vaid seadmesse sobivad erinevad jaekaubanduses saadaolevad originaalpudelid. Prototüübi puhul peab pudelite maht jääma vahemikku 0,2 kuni 0,5 liitrit.
- Kompaktsus. Masina suurus peaks olema vähem kui 1 m³ ja kaal vähem kui 10 kg. Lisaks peaksid kõik komponendid olema paigaldatud korpusesse, et võimaldada transporti.
- Kasutajamugavus. Masina ekraanil peaks olema võimalus jõuda ühe nupuvajutusega jookide menüüsse. Menüüs liikumiseks peaks olema edasi- ja tagasi-nupud ning üks nupp joogi valimiseks. Lisaks peaks masin andma ekraanile teate, kui komponendid on lõppemas või esineb mõni muu viga.
- Hind. Prototüübi loomisel on püütud silmas pidada komponentide võimalikult madalat hinda.

2.2 Valminud prototüüp



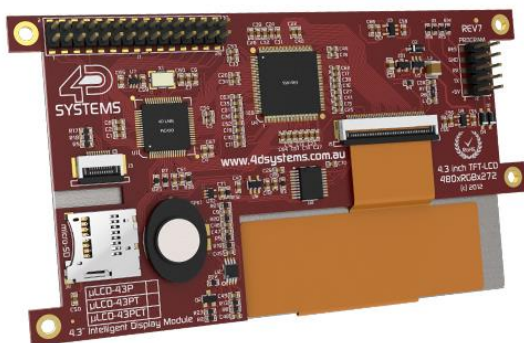
Joonis 7. Valminud RobotBaarmen

Masina võib jagada osadeks, mis täidavad erinevaid ülesandeid.

- Korpus hoiab kõiki detaile ja joogi komponente oma kohal. Prototüübi korpus on tehtud läbipaistvast materjalist, et seadme tööd oleks võimalik jälgida.
- Joogi tegemiseks vajalikud osad. Siia alla kuuluvad pudelid, pumbad, klapid ja kõik nende ühendamiseks vajalikud osad.
- Kontrollimise osa. Sisaldab joogi kaalumiseks mõeldud kaaluelementi, gaasi rõhku kontrollivat andurit ning kõiki vedelikutaset jälgivaid andureid.
- Segamise osa. Koosneb CO₂ gaasisüsteemist, klapist ja servomootorist.
- Ekraan on eraldiseisev üksus, mis kasutab täiesti oma programmeerimiskeelt ning on ühendatud masina emaplaadiga UART-ühenduse kaudu.
- Elektroonika. Hõlmab nii tervet emaplaati kui ka väiksemaid osi, nagu näiteks toitemoodul, pinge muundurid ning kõik elektrilised ühendused.
- Programm, mis haldab tervet masinat (v.a ekraani). Programm on kirjutatud C-keeles ning juhib kõiki andureid ja täitureid masinas.

3 ELEKTROONIKA

3.1 Ekraan



Joonis 8. Ekraanimooduli tagakülg [10]

Ekraanina on kasutusel 4D Systemsi ekraanimoodul uLCD-43PT. Tegemist on 4,3" puuetundliku TFT-ekraaniga, mida juhib PICASO protsessor. [10] Suhtlus ekraaniga toimub läbi UART-liidese.

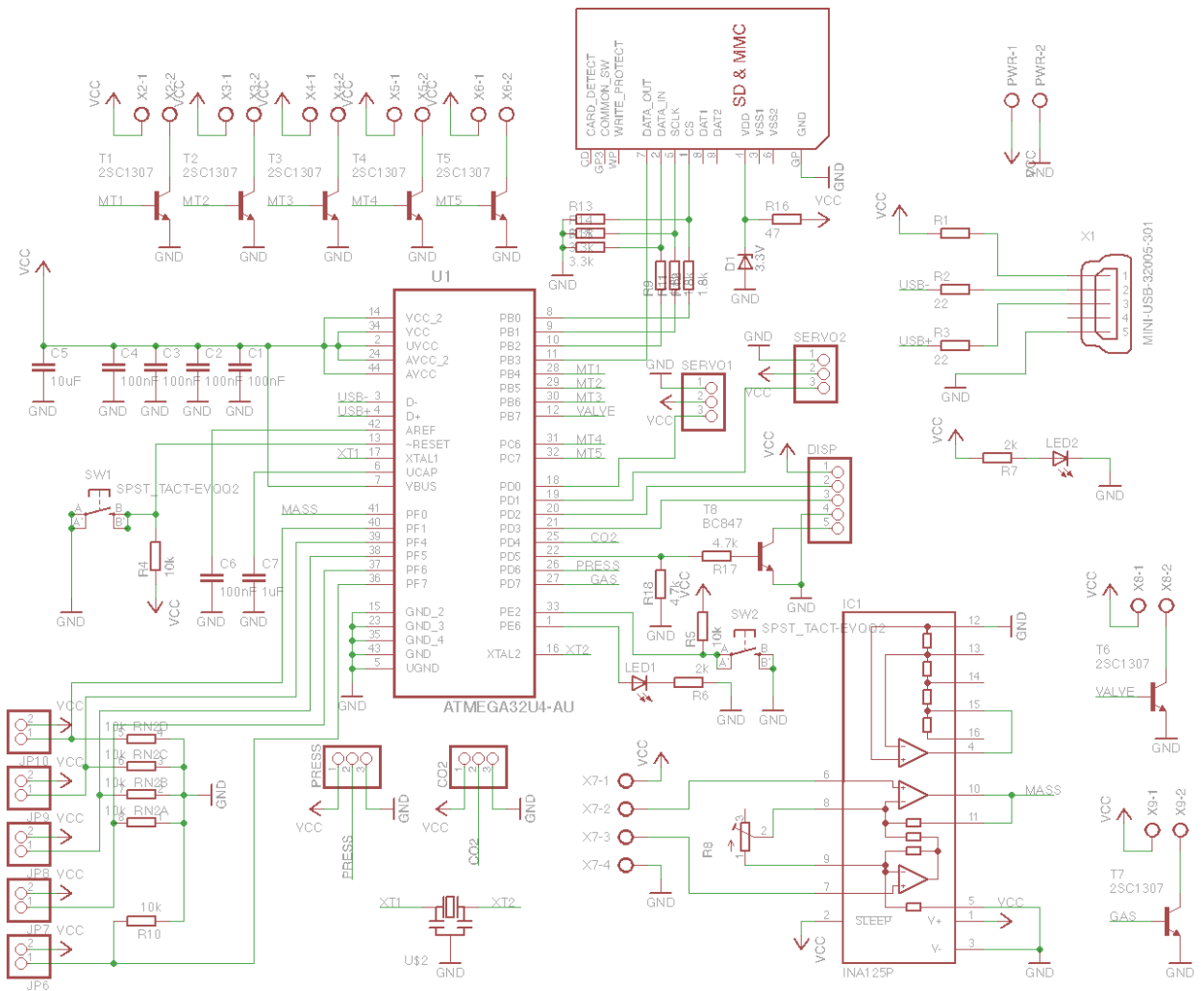
3.2 Vedeliku taseme andur

Kasutusel on kontaktivabad vedeliku taseme sensorid. Need on kinnitatud pudelite väliskülgedele ning ei puutu vedelikega kokku, et välistada vedelike saastumist. Andurid töötavad induktsiooni põhimõttel: kui nad tuvastavad vedeliku, siis annavad nad väljundisse loogilise 1, kui vedelikku ei tuvastatud, siis on väljund 0. Lisaks on võimalik reguleerida andurite tundlikkust. [11]

3.3 Täppisvõimendi

Jõuanduri signaali võimendamiseks on kasutusel INA125P täppisvõimendi. Lisaks on kalibreerimiseks reostaat. Kasutusel on jõuelement, mis tänu mehaanilisele deformeerumisele muudab väljundpinget antud 5-voldise toitepinge juures vahemikus 0–5,5 mV. [12] INA125P täppisvõimendi valiku põhjusteks olid toitepinge vahemik 2,7 kuni 36 volti, võimalus kasutada 5-voldist võrdluspinget ning suutlikkus võimendada 75-mikrovoldilisi pinget erinevusi. Võimendi külge ühendatud reostaadiga on võimalik võimendustegurit valida 4 ja 10 000 vahel. [13]

3.4 Emaplaat



Joonis 9. Emaplaadi elektriskeem

Emaplaadi keskmes on mikrokontroller ATMEGA32U4. Protsessori vastavate jalgadega ühendatult on trükiplaadil alaline USB-mini pistik, nupud *reset*’i ja *bootloader*’i jaoks ning 16 MHz piesokeraamiline resonaator protsessori taktsageduse tõstmiseks. Plaadil on järgmised sisendid.

- Trükkplaadile on kinnitatud 2,54 mm pin-ühendusviigud vedeliku taseme andurite ühendamiseks. Igal ühendusviigul on toiteväljund ning signaali sisend. Kokku on selliseid ühendusviikude paare viis. Kõik signaali sisendid on ühendatud ADC võimekusega mikrokontrolleri jalgadega.
- Jõuanduri tarbeks on plaadile kinnitatud nelja kruvitava klemmiga klemmliist, mis on ühendatud täppisvõimendi jalgadega.

- Kaks 2,54 mm pin-ühendusviiku andurite tarbeks, kus on toiteväljund, signaali sisend ja maandus. Üks ühendusviikudest on kasutuses gaasi rõhu anduri tarbeks. Teine on lisatud võimalikeks hilisemateks arendusteks.
- Kahe kruvitava klemmiga klemmliist toite jaoks.

Plaadil on järgmised väljundid.

- Ühendusviik servomootori jaoks. Kasutusel on standardne konfiguratsioon, kus keskel on toide, ühes ääres maandus ning teises ühendus PWM võimekusega protsessori jalaga.
- Klemmliistud kahe kruvitava klemmiga kõigi 5 peristaltilise pumba jaoks. Iga klemmliistu maandusjalg on ühendatud maaga läbi transistori, mida juhib protsessor.
- Klemmliist kahe kruvitava klemmiga CO₂ klapi ja vedeliku klapi jaoks. Klemmliistude maandusjalg on ühendatud maaga läbi transistori, mida juhib protsessor.

Eraldi on plaadil UART-pistik. 5 klemmiga 2,54 mm pin-ühendusviik on mõeldud ekraani ühendamiseks protsessoriga.

Plaadi alumisel küljel on ka pesa SD-tüüpi mälukaardi ühendamiseks.

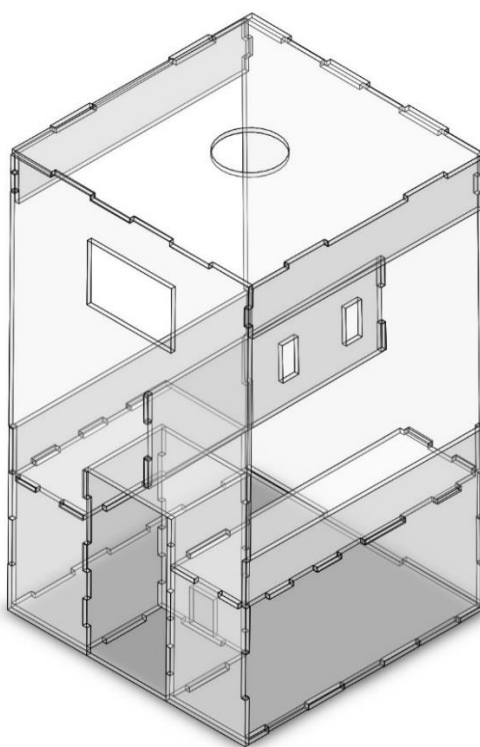
3.5 Mikrokontroller

Prototüübis on kasutusel ATmega32U4 mikrokontroller. Tegemist on AVR arhitektuuriga 8-bitise mikrokontrolleriga. [14] Protsessori valiku alusteks olid tuttav ja proovitud arhitektuur, piisava arvu sisendite ja väljundite olemasolu, sisseehitatud USB-moodul ning 5-voldine toitepinge. Lisaks on protsessoriga ühendatud 16 MHz piesokeraamiline resonator, et tõsta protsessori taktsagedust. Protsessor suhtleb ekraaniga sisseehitatud UART-liidese kaudu. ADC võimekusega sisendid on kasutusel kaalu signaali ja gaasi rõhu anduri lugemiseks. PWM võimekusega jala külge on ühendatud servomootor, mis liigutab joogi edastuse mehaanikat. Eraldi on välja toodud ja alaliseks muudetud USB-ühendus. Ülejäänud jalgade külge on läbi transistorite ühendatud pumbad ja klapid.

4 MEHAANIKA

4.1 Korpused

Prototüübi korpused on valmistatud 5 mm paksusest pleksiklaasist. Korpused eesmärgiks on hoida kõik komponendid statsionaarselt paigal ning kaitsta masina tööd väliste mõjutajate eest. Pleksiklaasi valiku põhjuseks oli võimalus jälgida seadme erinevate osade tööprotsesse ja saada ülevaade kogu masinast. Korpused mõõdud on $30 \times 30 \times 50$ cm. Lisaks on korpused peale ehitatud hoidik karastusjooži pudeli jaoks.

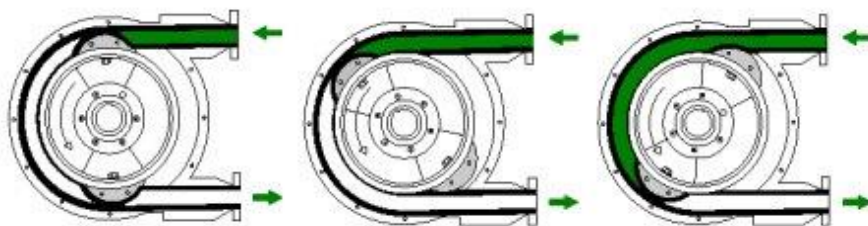


Joonis 10. Korpused 3D mudel

4.2 Peristaltiline pump

Prototüübis on kasutusel viis peristaltilist pumpa. Peristaltiline pump ei lase vedelikul kokku puutuda seadme mehaaniliste osadega. Seega on võimalik tagada puhas ja kvaliteetne jook. Peristaltiline pump töötab vooliku kokku surumise ja vabastamise põhimõttel. Pumpas pöörlevad

rullikud, mis suruvad vooliku kinni ning liiguvad mööda voolikut edasi. Nii tekib vaakum, mis tõmbab vedeliku pumpa, kus see rullikute survele edasi liigub. [15]



Joonis 11. Peristaltilise pumba tööpõhimõte [16]

4.3 Vedeliku massi mõõtja

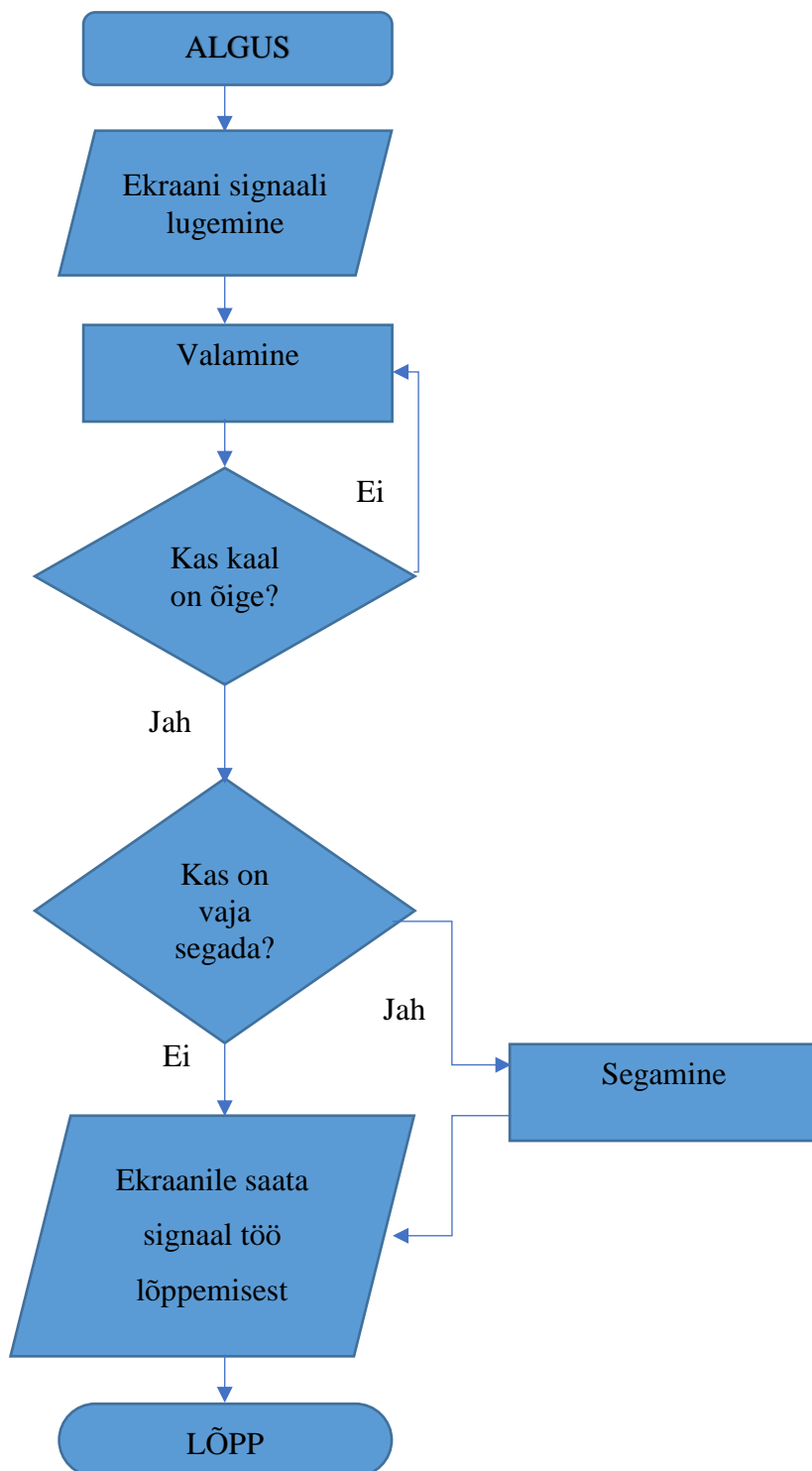
Vedeliku massi mõõtmise mehhanismis on kasutusel mehaanilisele koormusele reageeriv jõuandur. Selle tööpõhimõtteks on mõõta metalli väändumisel tekkivat elektrilise pinge muutumist. Anduri pinnale on veetud isoleeritud õhukesed voolu juhtivad rajad, mis venimisel muutuvad peenemaks ja seega takistus suureneb ning kokkusurumisel muutuvad rajad jämedamaks ja takistus väheneb. Bakalaureusetöö raames valminud seadmesse on valitud tala tüüpi jõuandur, mis suudab kaaluda kuni 1 kg massiga objekte. Kuna pinge erinevus on 5-voldise toitepinge juures 0–5,5 millivoldi piires, siis on sellise jõuelemendi kasutamisel kindlasti vaja signaali ka võimendada. [17]

4.4 CO₂ süsteem

CO₂ gaasi süsteem on paigaldatud masinale eesmärgiga segada kokteile, kasutamata liikuvate osistega keerukaid süsteeme. Süsteemi põhikomponendiks on mulliveemasinatele mõeldud 425-grammine alumiiniumist CO₂ gaasiballoon, mida kokteilimasina valmimise ajal sai Eestis osta Euronicsi kauplusest. [18] Lisaks on süsteemis mehaaniline kraan ja regulaator, gaasi rõhu andur ning 5-voldise toitepingega töötav gaasiklapp. [19] Rõhuanduri näol on tegemist Freescale Semiconductors'i MXP5700 seeria anduriga, mis mõõdab absoluutset rõhku. [20] Rõhu mõõtmiseks on viis võimalust: absoluutse mõõtmisega andur, näidikandur, vaakummeeter, diferentsiaalse mõõtmisega andur või suletud näidikandur. [21] Selles masinas on valitud näidikandur rõhu mõõtmiseks.

5 PÜSIVARA

5.1 Mikroprotsessori kood



Joonis 12. Mikroprotsessori tööpõhimõtte plokskeem

segamine on vajalik ning vajadusel aktiveeritakse segamisfunktsioon. Töö lõppedes saadetakse ekraanile tagasi vastav signaal.

Mikroprotsessori tööd juhtiv kood on kirjutatud C-keeles kasutades Atmel Studio 7 platvormi. Programmikood juhib peristaltiliste pumpade, klappide, servomootori, kaalu ning vedeliku taseme andurite tööd. Lisaks saadab ja loeb see käsklusi ekraanimoodulilt.

Programm on üles ehitatud erinevate funktsioonidena. Peafunktsioonis kontrollib programm tsükliliselt, kas ekraan on käskluse saanud. Saades käskluse, otsib ta valikust välja õige joogi ja loeb kogused mällu. Seejärel käivitatakse valamisfunktsioon. Valamisfunktsiooni sees pannakse tööle pumbad vastavalt eelnevalt loetud kogustele ning kontrollitakse kaalufunktsiooni, kasutades töö täpsust. Tekkinud valamisvea parandamiseks kasutatakse vajadusel valamisfunktsiooni rekursiivselt. Peale valamise lõppu kontrollitakse, kas

5.2 Ekraani kood

Ekraani kood on kirjutatud 4DGL keeles ja selle kirjutamiseks on kasutatud 4D Systemsi pakutatavat keskkonda. Koodi kirjutamisel on kasutatud nii visuaalprogrammeerimist kui ka koodikirjutamispõhist programmeerimist. [22]

6 VAJALIKUD TEGEVUSED TOOTESTAMISEL

Prototüübi tegemisel selgusid mõningad kitsaskohad, mis enne tooteni jõudmist oleks vaja lahendada.

- Peristaltilised pumbad vajaksid vahetamist töökindlamate vastu. Prototüübi ehitamisel purunesid kolmel pumbal plastikust hammasrattad ning ainus võimalus remondiks oli tellida uued.
- Ekraani moodul, mis on kasutusel prototüübil, tuleks asendada ekraaniga ja juhtimisega emaplaadilt.
- Süsteem tuleks ümber ehitada kasutamaks kahte erinevat toitepinget. Komponentide otsimisel ja tellimisel selgus, et 12-voldise toitepingega komponendid annaksid eelise nii hinnas kui ka töökindluses.
- Korpus tuleks teha vastupidavamast materjalist. Prototüübi korpus ei kannatanud järeltöötlust ning ei talunud pörotusi. Lisaks võiks parandada korpuse disaini.
- Seadmel võiks olla sisseehitatud kaardilugeja, et seade saaks ise kontrollida, kas klient on seadme kasutamiseks piisavalt vana. Lisaks võiks olla võimalus joogi eest raha võtta, kui masina omanik seda soovib.
- Oleks vajalik kasutada võimekamat mikrokontrollerit, et võimaldada kogu seadme senist funktsionaalsust, kasutades vaid üht kontrollerit.

7 HIND

Käesoleva bakalaureusetöö üheks eesmärgiks oli ka hinnata kokteile valmistava seadme maksumust ja potentsiaalset müügivõimalust. Alljärgnevas tabelis 1 on toodud prototüübi valmistamise kulud. Masina komponentide maksumuseks võib arvestada 500 eurot. Selle sisse pole arvestatud kõiki ostetud komponente, kuna mõningaid neist ei võetud kasutusele, samuti mõned komponendid purunesid. Osa komponente on tehtud valmistaja isiklike tööriistade ja vahenditega. Projekti maksumus ei sisalda ka kulunud tööaega, arendustasu ja planeerimist. Kogu projekti maksumuse võib seega hinnata vähemalt kolm korda suuremaks, mis on prototüüpimise puhul ka tavaline.

Tabel 1. Prototüübi kulutused

Robotbaarmeni kulutused	
Detail	Hind eurodes
Korpus	100
Pumbad	30
Vedeliku andurid	36
Toiteplokk	24
CO ₂ regulaator	29
CO ₂ kraan	28
CO ₂ klapp	9
Elektroonika	38
Trükiplaat	3
Servo	16
Pinge konverter	4
Jõuandur	5
Ekraan	160
Vedeliku klapp	16
Tarvikud	12
Kinnitusvahendid	24
KOKKU	534

Valmistoote puhul tuleb arvestada mõningate komponentide ja materjali suurema maksumusega. Näiteks tuleks töökindluse suurendamiseks asendada praegused peristaltilised pumbad töökindlamatega ning võtta kasutusele vastupidavam materjal korpuse valmistamiseks. Samas on võimalik näiteks ekraan muuta integreeritumaks, võttes sealjuures kasutusele lihtsama ja seega odavama ekraani. Samuti tuleb kuludena arvesse võtta tööjõukulu ja toote arendustasu. Ühe toote kokkupanekuks kuluv aeg on orienteeruvalt 5 tööpäeva, kuid masstootmise puhul väheneb see

märgatavalt. Lisaks tuleb toote lõpphinnale juurde arvestada arenduskulud, turunduskulud ja kasum, mis võiks jääda 20% juurde, et toote hinda kunstlikult kõrge ei oleks.

Tabelis 2 on toodud komponentide ja materjali orienteeruv kulu toote valmistamiseks. Tabelis 3 on kokku võetud toote valmistamiseks kuluv materjalikulu, tööjõukulu ja arendustasu. Seega kujuneb valmistoote omahinnaks ligikaudu 1000 eurot – see on praeguses turuseisus konkurentsivõimeline hind.

Tabel 2. Robotbaarmeni müügi versiooni hinnangulised kulud

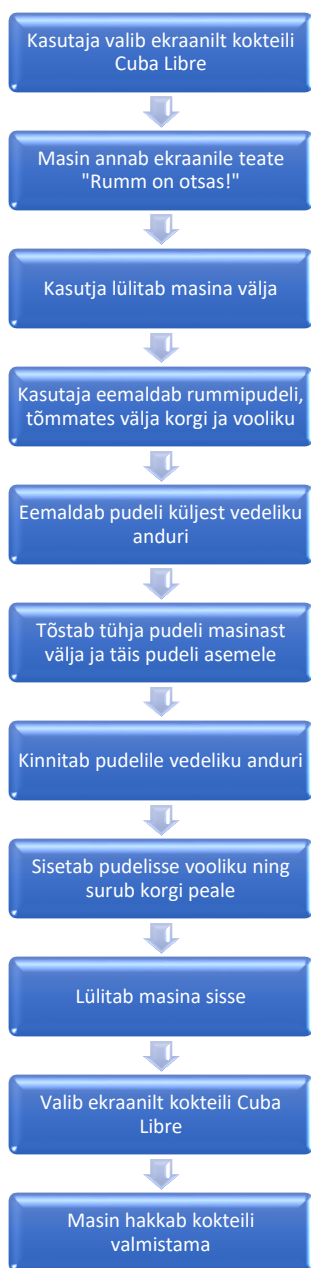
Robotbaarmeni maksumus	
Detail	Hind eurodes
Korpus	150
Pumbad	100
Vedeliku andurid	40
Toiteplokk	15
CO ₂ kraan	50
CO ₂ klapp	10
Elektroonika	50
Trükiplaat	1
Servo	15
Jõuandur	5
Ekraan	30
Vedeliku klapp	15
Tarvikud	15
Kinnitusvahendid	25
KOKKU	521

Tabel 3. Eeldatav valmistoote hind

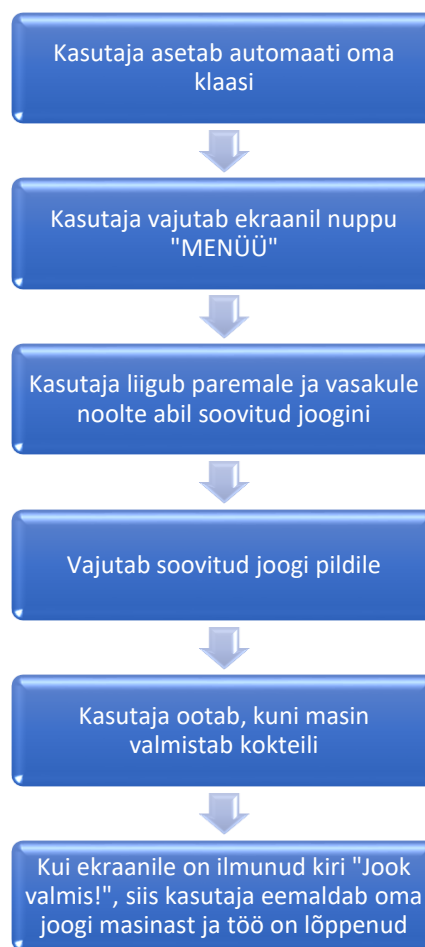
Toote hind eurodes	
Komponendid	521
Tööjõukulu	330
Kasumiprotsent	170
KOKKU	1021,2

8 KASUTAJALIIDES

Masina põhiline nõudmine on olla kasutaja jaoks võimalikult lihtne ja kiiresti hoomatav. Esimene samm selle poole on meie kaubandusvõrgust saadaolevad pudelid, mis sobivad masinasse ilma ümber villimata või modifitseerimata. Teiseks on ka CO₂-pudel Eesti poodides saadaval. Suurim rõhk on siiski intuiitiivsel kasutajaliidesel, mis on realiseeritud masina küljes oleva ekraaniga.



Joonis 13. Kasutusjuhtum komponendi lõppemine



Joonis 14. Kasutusjuhtum kokteili valimine

KOKKUVÕTE

Bakalaureusetöö eesmärgiks oli uurida maailmas leiduvate kokteilimasinate tehnilisi võimalusi, erinevaid lahendusi, puudusi ning turunduslikke võimalusi. Bakalaureusetöö käigus kirjeldati mitmeid kokteile valmistavaid seadmeid, mis töö tegemise hetkel maailmas olemas olid. Nagu tööst selgub, on seni tehtud kokteilimasinate puuduseks nutiseadme ja spetsiaalse rakenduse olemasolu vajalikkus.

Bakalaureusetöö raames valmis jookide ja kokteilide valmistamise masin Robotbaarmen. Loodi ka intuitiivne kasutajaliides masina küljes oleva ekraani jaoks. Selline ekraan ja kasutajaliides on seadme üheks eeliseks analoogide ees. Valminud masin Robotbaarmen ei vaja oma tööks nutiseadmete olemasolu. Töö käigus valminud seadme põhjal on ka hinnatud hetkel esinevaid puudusi ning püütud leida viise, kuidas neid parandada ning masinat edasi turundatavaks tooteks arendada.

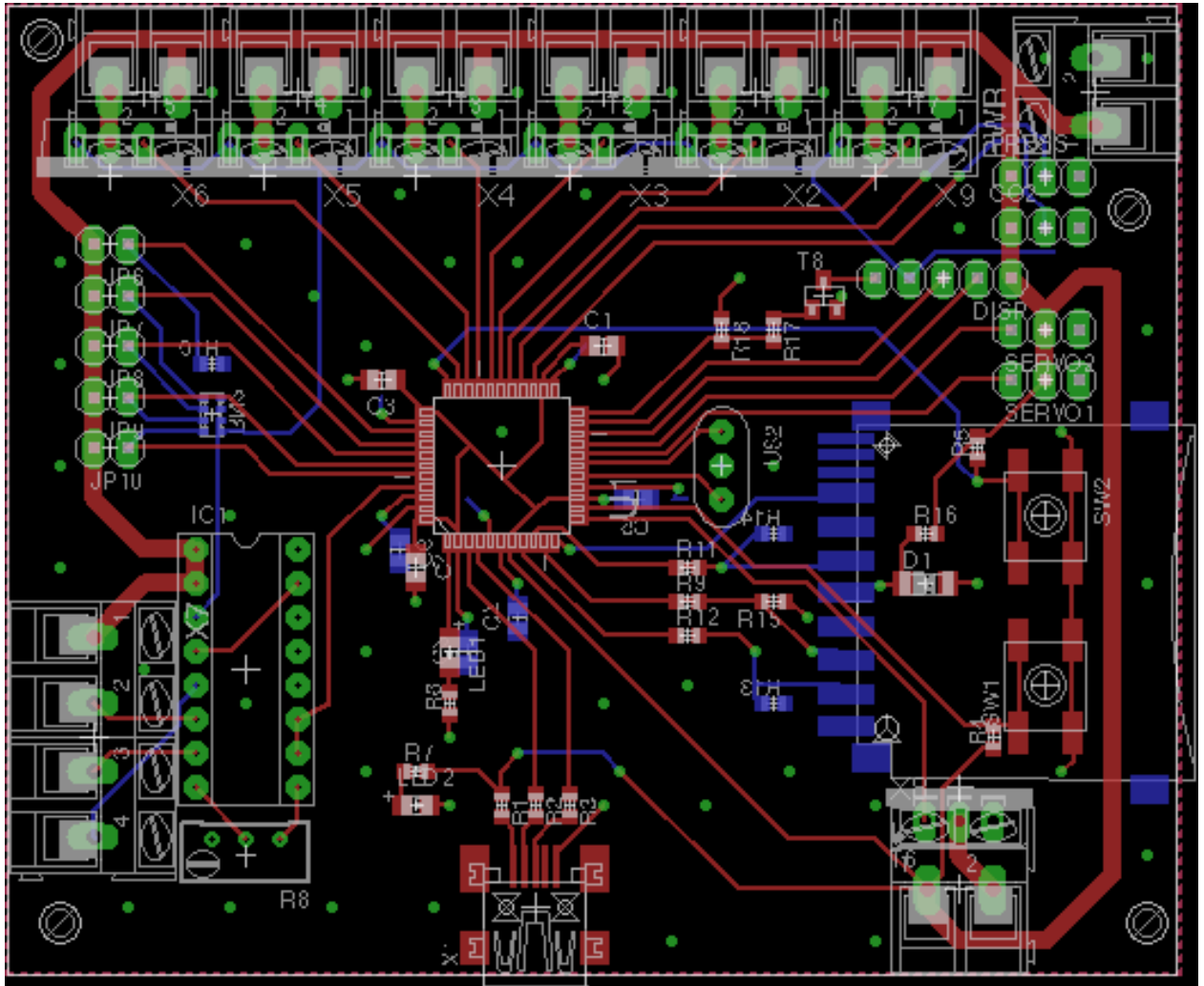
KASUTATUD KIRJANDUS

1. Vallaste e-teatmik [Võrgumaterjal] [Vaadatud: 4.05.2017] <http://vallaste.ee/>
2. Minu masinatest kolleegid ja konkurendid [Võrgumaterjal] [Vaadatud: 4.05.2017] <https://www.muurileht.ee/minu-masinatest-kolleegid-ja-konkurendid/>
3. Robot delivery company Starship Technologies raised \$17.2 million in a round led by Daimler [Võrgumaterjal] [Vaadatud: 4.05.2017] <http://uk.businessinsider.com/starship-technologies-raises-172million-daimler-2017-1>
4. GiG, the automatic doser [Võrgumaterjal] [Vaadatud: 03.04.2017] <http://www.cocktailsmachine.com/>
5. SmartTender [Võrgumaterjal] [Vaadatud: 03.04.2017] <http://smartbarusa.com/>
6. Somabar [Võrgumaterjal] [Vaadatud: 03.04.2017] <http://somabar.com/>
7. BarBotics [Võrgumaterjal] [Vaadatud: 03.04.2017] <https://www.barbotics.com/>
8. The Inebriator [Võrgumaterjal] [Vaadatud: 03.04.2017] <https://www.theinebriator.com/>
9. Makr Shagr [Võrgumaterjal] [Vaadatud: 03.04.2017] <http://www.makrshagr.com/>
10. 4D Systemsi ekraanimoodul uLCD-43 [Võrgumaterjal] [Vaadatud: 04.04.2017] http://www.4dsystems.com.au/product/uLCD_43/
11. Kontaktivaba vedeliku taseme anduri andmeleht [Võrgumaterjal] [Vaadatud: 08.04.2017] <http://alexnld.com/product/5v-12-24v-non-contact-tank-liquid-water-level-detect-sensor-switch-container/>
12. Texas Instruments INA125 andmeleht [Võrgumaterjal] [Vaadatud: 06.04.2017] <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ina125.pdf>
13. Measurement principle of load cells [Võrgumaterjal] [Vaadatud: 22.04.2017] <http://www.aandd.jp/products/weighing/loadcell/introduction/pdf/2-1.pdf>
14. Atmel ATmega32U4 andmeleht [Võrgumaterjal] [Vaadatud: 06.04.2017] http://www.atmel.com/Images/Atmel-7766-8-bit-AVR-ATmega16U4-32U4_Datasheet.pdf
15. How do peristaltic pumps work? [Võrgumaterjal] [Vaadatud: 08.04.2017] <https://www.verderflex.com/en/how-do-peristaltic-pumps-work/>
16. Peristaltilise pumba pilt [Võrgumaterjal] [Vaadatud: 22.04.2017] http://www.wmcpumps.com/images/pumps/peristaltic_diagram.jpg
17. Load Cell [Võrgumaterjal] [Vaadatud: 08.04.2017] https://en.wikipedia.org/wiki/Load_cell

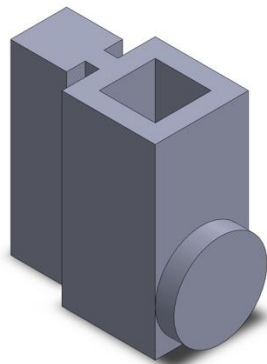
18. AGA gaasi CO2 baloon [Võrgumaterjal] [Vaadatud: 23.04.2017]
<https://www.euronics.ee/t/23960/tarvikud/susihappegaasi-balloon-aqvia/610505>
19. Mead Isonic V1 gaasiklapi andmeleht[Võrgumaterjal] [Vaadatud: 08.04.2017]
<http://mead-usa.com/products/detail.aspx?id=28>
20. NXP MPX5700 andmeleht [Võrgumaterjal] [Vaadatud: 06.04.2017]
<http://www.nxp.com/assets/documents/data/en/data-sheets/MPX5700.pdf>
21. Rõhuandur [Võrgumaterjal] [Vaadatud: 21.04.2017]
<https://et.wikipedia.org/wiki/R%C3%B5huandur>
22. 4D Systemsi Workshop 4 IDE [Võrgumaterjal] [Vaadatud: 04.04.2017]
http://www.4dsystems.com.au/product/4D_Workshop_4_IDE/

LISAD

Lisa 1. Trükiplaadi disain



Lisa 2. Liuguri detail 3D printimiseks



Lisa 3. Näide ekraani koodist

```
9 func main()
10
11     var x, y, state, n, frame;
12
13     // var hstrings ; // Handle to access USD strings, uncomment if required
14     // var hFontx ; // Handle to access USD fonts, uncomment if required and change n to font number
15     // Uncomment the following if USD images, fonts or strings used.
16
17     putstr("Mounting...\n");
18     if (!(file_Mount()))
19         while(!(file_Mount()))
20             putstr("Drive not mounted...");
21             pause(200);
22             gfx_Cls();
23             pause(200);
24         wend
25     endif
26     gfx_TransparentColour(0x0020); // uncomment if transparency required
27     gfx_Transparency(ON); // uncomment if transparency required
28
29     // hFontn := file_LoadImageControl("ROBOTB-1.dan", "ROBOTB-1.gcn", 1); // Open handle to access USD fonts, uncomment if required and change n to font number
30     // hstrings := file_Open("ROBOTB-1.txf", 'r') ; // Open handle to access USD strings, uncomment if required
31     hndl := file_LoadImageControl("ROBOTB-1.dat", "ROBOTB-1.gci", 1);
32
33
34     // Winbutton1 1.0 generated 27.09.2015 0:31:59
35     img_ClearAttributes(hndl, iWinbutton1, I_TOUCH_DISABLE); // set to enable touch, only need to do this once
36
37
38     // Userbutton1 1.0 generated 27.09.2015 0:31:14
39     img_ClearAttributes(hndl, iUserbutton1, I_TOUCH_DISABLE); // set to enable touch, only need to do this once
40
```

LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ REPRODUTSEERIMISEKS JA LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS

Mina, Risto Reinumägi

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

„Robotbaarmen“,

mille juhendaja on Alvo Aabloo,

- a. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
 - b. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
 3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, **17.05.2017**