



Mattis Käst

ROBOTOLMUIMEJA FUNKTSIONAALSUSE TAASTAMINE

LÕPUTÖÖ

**Tehnikainstituut
Elektritehnika eriala**

Tallinn 2021

Autori deklaratsioon ja lihtlitsents

Mina, Mattis Käst

tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autorile ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Juhendaja (nimi, allkiri) Samo Saarts,

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Mattis Käst

(*autori nimi*)

sünnikuupäev: 05.06.1997

annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

Robottolmuimeja funktsionaalsuse taastamine

(*lõputöö pealkiri*)

1. elektroonseks avaldamiseks kõrgkooli deponitooriumi kaudu;
2. kui lõputöö avaldamisele on instituudi direktori korraldusega kehtestatud tähtajaline piirang, lõputöö avaldada pärast piirangulõppemist.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et:

1. lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi;
2. PDF-failina esitatud töö vastab täielikult kirjalikult esitatud tööle.

Tallinnas, allkirjastatud digitaalselt.

SISUKORD

SISUKORD	3
LÜHENDITE LOETELU	5
1. SISSEJUHATUS.....	6
1. Miks mitte osta uut seadet või seadmele uusi varuosi?	7
2. Koduturult saadavad seadmed.....	8
2. MUUDETAVA SEADME TUTVUSTUS	11
1. Roboti liikumine ja takistuste äratundmine.....	12
1. Saha ülevaade.....	13
2. Roboti juhtimine.....	13
3. Roboti laadimine	13
4. Muud tähelepanekud	14
3. SEADME KONSTRUKTSIOON	15
1. HETKENE RIISTVARA JA TARKVARA	15
2. Trükkplaatide ülevaade	15
4. PÖÖRDPROJEKTEERMINE	19
1. Juhtplaat	19
2. Emaplaat.....	20
1. Mootorite juhtimine	21
2. Infrapuna andurid.....	22
3. Sahaandurid.....	23
4. Trepiastmee andurid	23
3. Laadimisjaama plaat.....	23
4. UV lambi käivitamine	24
5. UUS RIISTVARA.....	24
1. MIKROKONTROLLERI VALIMINE	24

6.	UUE MIKROKONTROLLERI SIGNAALIDE JA TOITE SAAMINE	28
1.	Signaalid	28
2.	Toide	29
3.	Akusüsteemi vahetus	29
4.	3S või 4S?	29
5.	Akupaki laadimine	30
6.	Aku pinget mõõtmise 2 takisti abil.....	32
7.	Lisafunktsioonid.....	34
1.	Märja lapi süsteem	34
2.	Tolmusahkli täite andur	34
5.	TARKVARAARENDUS.....	35
1.	MIKROKONTROLLERI PROGRAMMEERIMINE.....	35
1.	NUTITELEFONI RAKENDUSE PROGRAMMEERIMINE	36
6.	SEADME KATSETUSED JA TASUVUSARVUTUS.....	37
1.	Muudetud seadme võrdlemine vana seadmega	37
2.	Tasuvusarvutus	37
	KOKKUVÕTE.....	38
	SUMMARY	39
	VIIDATUD ALLIKAD.....	40
	 Lisa 1 Muudetud roboti skeem, pealeht	43
	Lisa 2 Muudetud roboti skeem 2.....	44

LÜHENDITE LOETELU

NiMH – nikkel-metallhüdriid;

Li-Ion – liitiumioon;

LED – valgusdiod;

IR – infrapuna;

UV – ultraviolet;

V – volt;

DC – alalisvool;

W – vatt;

A – amper;

Ω – oom;

1. SISSEJUHATUS

Rahvastikuarvu kasvamisel suureneb tarbitud toodete ja teenuste hulk. Inimeste elamisharjumused on pidevas muutuses, mille tõttu tahetakse panustada vähem aega koduste tööde tegemisel ja nautida rohkem vabat aega. Suurteks abelisteks on saanud kodumasinaid, mis aitavad koduste tööde hulka vähendada. Üks aeganõudavamid kodutöid on tolmu imemine, mille abistamisel on 5 aasta jooksul aina populaarsemaks saanud robottolmuimejad. Kuid igal kodumasinale on eluiga, mille möödumisel satuvad seadmed lõpuks jäätmejaama.

Alates 2018. aastast on Eesti jäätmearuandluse infosüsteemi kohaselt hakatud väikseid ja suuri kodumasinaid elektroonikajäätmete nimistus eraldi kategooriasse liigatama.[1] Sellest tulenevalt on juba 2019 aasta seisuga ohtlikke osi sisaldavad kasutuselt kõrvaldatud väikesed seadmeid Eestis kogutud kokku üle 564kg. [2] Varasemate aastate vältes liigitusid väikesed ja suured seadmed ainult “ohtlikke osi sisaldavad kasutuselt kõrvaldatud seadmed” nimistu alla, mistõttu on keeruline hinnata eelmiste aastate kodumasinade prügi hulka. Lisaks on rahvusvahelise telekommunikatsiooni ühingu (ITU) uuringu kohaselt toodud 2020 aasta seisuga välja, et keskmiselt toodab Eesti elanik aastas 10-15kg “e-prügi”. [3] (Eesti keeles termin e-prügi ei ole samatähenduslik, mis inglise keeles. Eesti keeles kasutatakse terminit “e-prügi” liigsete arvutifailide mõiste all. Inglise keeles on termin e-waste ehk elektroonika ja elektroonikaseadmete prügi).

Lõputöö autor on tänu headele tutvustele saanud jäätmejaamast mitu kodumasinat ja tööriista, mille kordategemiseks oli vaja teha ainult pisiparandusi. Üheks kodumasinaks, mis autori käsutusse sattus osutus robottolmuimejaks, millel puudus pult ja laadimisjaam. Lõputöö eesmärgiks olekski taastada vana robottolmuimejal olevad funktsioonid, lisada robotile uusi funktsioone ja uurida, kas vana seadme uuendamine on majanduslikult otstarbekas. Etappideks on idee analüüs, olemasoleva seadme tutvustus, seadme trükkplaatide tööpõhimõtete uurimine, trükkplaatide pöördprojekteerimine, lisafunktsioonide

juurutamine, mikrokontrolleri valimine ja paigaldamine, programmide koostamine ning lõputestide läbiviimine ja tasuvusarvutus.

Seadme põhikasutus oleks peamiselt autori kodustes tingimustes. Vältimaks komponentide tellimisel tekkivat aja ja energia kulu, on ehitamisel kasutatud komponente, mida autoril oli kodustes tingimustes kättesaadav, sealhulgas ka kõik elektroonikakomponendid, mis robotil enne modifitseerimist küljes olid, mistõttu ei pruugi olla komponentide valikud töös optimeeritud.

Seadet programmeeritakse Arduino IDE keskkonnas, nutitelefoni rakendust programmeeritakse MIT App Inventori keskkonnas.

1. Miks mitte osta uut seadet või seadmele uusi varuosi?

Hetkeseisuga ei müüda Infinuvo Cleanmate QQ2 (edaspidi muudetav seade) jaoks kõiki varuosi, kuna turule on tulnud uuemad ja rohkemate funktsioonidega robottolmuimejad, sealhulgas ka Infinuvo brändi tootevalikusse. Otsitavat pulti ja laadimisjaama küll müüakse, kuid välismaalt tellides võib kaasneda nii finantsiline risk kui ka, et varuosad ei pruugi kohale jõuda. Lisaks ei pruugi uued varuosad robotiga funktsioneerida. Eestile lähim ja Eestisse transportiv muudetavale robotile pakkuv varuosade pood asub Tšehhis, kust osta saaks nii puldi kui ka laadimisjaama, mis teeks varuosade hinna koos saatekuluga kokku umbes 65 eurot.[4][5].



Foto 1 juhtpult (vasakul) ja laadimisjaam (paremal) [4][5]

Uue seadme ostmise pooltargumendiks oleks veel, et uutel robottolmuimejatel võib olla rohkem lisasid, näiteks tolmusahkli tühjendamine laadimisjaama tolmuksuti,[6] põrandate märgpesu[7] ja ruumituvastus [6]. Sellest võidakse järeldada, et miks sellist projekti läbi viia, kui on võimalik osta uuem seade.

Enne lõputöö kirjutamist elas autor kakskümmend aastat Saaremaal, kus elektroonikakaubad olid tänu transpordikulule kallimad ja kohalik valik väiksem, kui mandri Eestis. Kuid vaatamata kallitele hindadele ja väiksele valikule oli jäätmejaama mitmeid kordi külastades märgata, et prügimäele sattusid seadmed, mis funktsioneerisid, kuid lõpptarbija jaoks ei pruukinud enam kasutust leida, või olid seadmetele tekkinud kasutuse käigus kergemaid vigu, mida ei osatud või ei tahetud parandada.

Kasvades üles mentaliteediga, kus toodetest tuleb võtta maksimum, ei nõustu autor ostma koheselt uut seadet vaid proovib vana ära parandada. Kuid lisaks autorile ei ole seadmete parandajaid vaid üksikiisikud. 2018 aasta Euroopa Komisjoni läbiviidud käitumuslikus uuringus viidati, et 64% tarbijatest on seadmeid alati parandanud. [8]

2. Koduturult saadavad seadmed

Hinnavaatlus.ee (veebileht, kus on võimalik võrrelda hindu erinevate Eesti veebikaubamajade vahel) andmetel hetkeseisuga on Eesti veebikaubamajadest saadaval kõige odavam robottolmuimeja Blaupunkti RVC201 91,90 Euro eest[9] Kuid kas selle raha eest saab samaväärse seadme? Selle välja selgitamiseks koostatakse võrdlustabel, et näha robotite kõiki nimiaidmeid. Lisaks valitakse võrdlusesse ka kallim robottolmuimeja, hindamaks, kas ostu eelarvet peab suurendama, et saada muudetavast seadmest parem seade. Infimuvot võrreldakse praeguses seisukorras. et võrdlus oleks mitmekesisem, mistõttu jääb roboti ostuhind märkimata. Infimuvo robotil on UV lambi võimalus, kuid kuna puudub võimalus koheselt lambi seisukorda kontrollida, märgitakse UV lahtrisse kui puudulik.

Tabel 1 Hinnavaatluse odavaim pakkumine Blaupunkt RVC201, Ecovacs Deebot 500 ja muudetava seadme parameetrite võrdlus[10];[11];[12];[13]

Nimiandmed	Blaupunkt RVC201	Ecovacs Deebot 500	Infinuvo Cleanmate QQ2
Tolmusahtli suurus (liitrites)	0.5L	0.52L	0.3L
Aku mahtuvus ja tüüp	850mAh, NiMH	2600mAh; Li-Ion	2500mAh, NiMH
Kaugjuhtimise võimalus	Ei	Jah (nutitelefonist)	Ei
Taimeri võimalus	Ei	Jah (nutitelefonist)	Jah
UV desinfitseerimislamp	Ei	Ei	Puudulik
Laadimisaeg (tundides)	5h	4h	3.5h, kiirlaadimisega 2.5h
Tööaeg (minutites)	55 minutit	110 minutit	80 minutit
Pöördharjade arv	2	2	1
Trepianduri olemasolu	Ei	Jah	Jah
Liikumistrajektooride arv ja tüübid	3: suvaline, spiraal ja mööda seina äärt	3: suvaline, mööda seina äärt, spiraal	5: suvaline, spiraal, mööda seina äärt, „S” kuju, polügoonspiraal
Mõõtmed (cm)	28cm (lähimõõt) x 7.5cm (kõrgus)	33.2cm (lähimõõt) x 7.9cm (kõrgus)	36cm (lähimõõt) x 9cm (kõrgus)
Kaal (kg)	1.7kg	2.95kg	3kg
Hind (eurodes)	91.90	149.95	-

Võrdluse tulemusel selgub, et võrdluse suurima akumahtuvuse, suurima tolmuasutli ja pikima tööajaga on Ecovacs-i robot. Võrreldes kõige odavamaga, Blaupunkt-i robottolmuimejaga, suudab Ecovacs kuni kaks korda kauem töötada, omades samu liikumistrajektoori tüüpe. Samuti suudab Ecovacs tuvastada trepiastmeid. Võrreldes muudetava seadmega, on Ecovacs-i võimalik nutitelefoni abil juhtida ja suudab teha peaaegu sama akumahtuvusega kauem tööd. Lisaks on Ecovacs-il kaks pöördharja, mis aitavad paremini tolmu tolmuasutlisse juhtida. Muudetava seadme kasuks aga suudab Infuino end kiiremini täis laadida ja suudab pakkuda rohkem liikumistrajektoore, kui Ecovacs-i robot.

Lisaks selgub, et ainult odavaima roboti hinnale 60 eurot juurde lisades on võimalus saada tabeli võrdlusele põhinedes parim robot. Modifikatsioonide eelarveks määratakse esialgu 65 eurot, võttes arvesse varuosade müügihinna. Seejärel püstitatakse eelarveks määratud summa ja tabeli tulemuste põhjal mõned hüpoteesid:

- Kui eelarve ei ületa uute varuosade hinda, pakub uuendatud robot paremat väärtust, kui kõige odavam turult saadav robot. Lisaks kinnitaks hüpotees ka väidet, et seadme parandamine võib olla odavam kui uue seadme ost.
- Kui eelarve ületab 65 eurot ja ei ületa rohkem, kui 92 eurot, peab robot suutma pakkuda vähemalt paremat või samaväärset kvaliteeti, kui kalleim robot.
- Kui eelarve ületab rohkem kui 92 eurot, ei ole projekt majanduslikult otstarbekas.

Peale modifikatsioone tehakse projektile tasuvusarvutus ja testitakse muudetud robotit sama mudeli muutmata kujuga, et selgitada välja, kas muudetud robot suudab konkureerida uuemate robotitega.

2. MUUDETAVA SEADME TUTVUSTUS

Muudetavaks seadmeks on Metapo poolt toodetud Infinuvo Cleanmate QQ2 robottolmuimejaga. Jäätmejaamast saabudes puhastati robot seest ja väljast ning mootorite võllipuksidele ja hammasratas ülekannetele lisati liitiummääret.

Robot kasutab tolmu juhtimiseks tolmusahkli ühte rullharja ja ühte vasakul küljel asuvat pöördharja, millega saab robot seinte äärest tolmu puhastada. Lisaks on robotil eraldi sahtel lõhnalehtede jaoks. Robot suudab puhastada erinevaid tüüpe põrandaid, sealhulgas keraamilist, kõvapuidu, vinüülkattega ja enamus vaipasi. [11]



Foto 2. Roboti pealtvaade kattekaaneta (vasakul) ja altvaade (paremal)

1. Roboti liikumine ja takistuste äratundmine

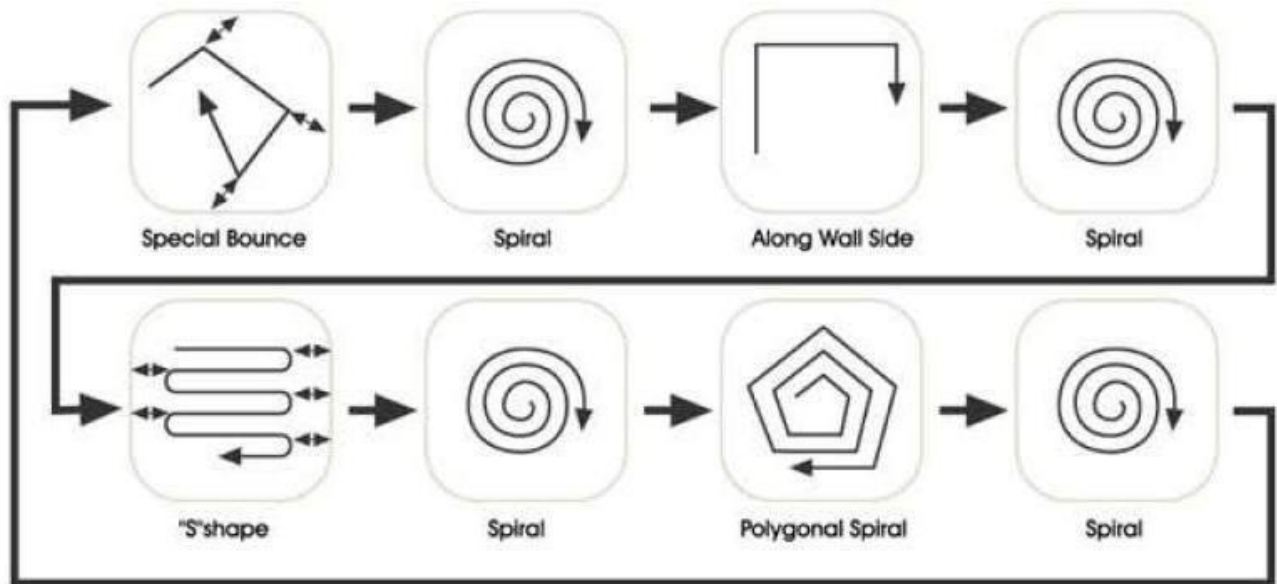


Foto 3, Roboti võimalikud liikumistrajektoorid[11]

Robot kasutab navigeerimiseks 2 mootorit, mis asetsevad roboti allosas. Puldiga on võimalik määrata roboti 5 erineva liikumistrajektoori tüübi vahel. [11] Manuaali väitel peaks robot läbi käima vaikumisi kõik liikumistrajektoorid [11], kuid testimisel selgus, et ilma puldi abita, liigub robot ainult „Special Bounce” liikumistrajektooriga. Roboti allosas asub ka 3 astmeandurit, mille abil tuvastab robot trepi astmeääri. Robot kasutab takistuse tunnetamiseks sahkka, mis asub roboti eesosas.



Foto 4 Roboti astmeandurid.

1. Saha ülevaade

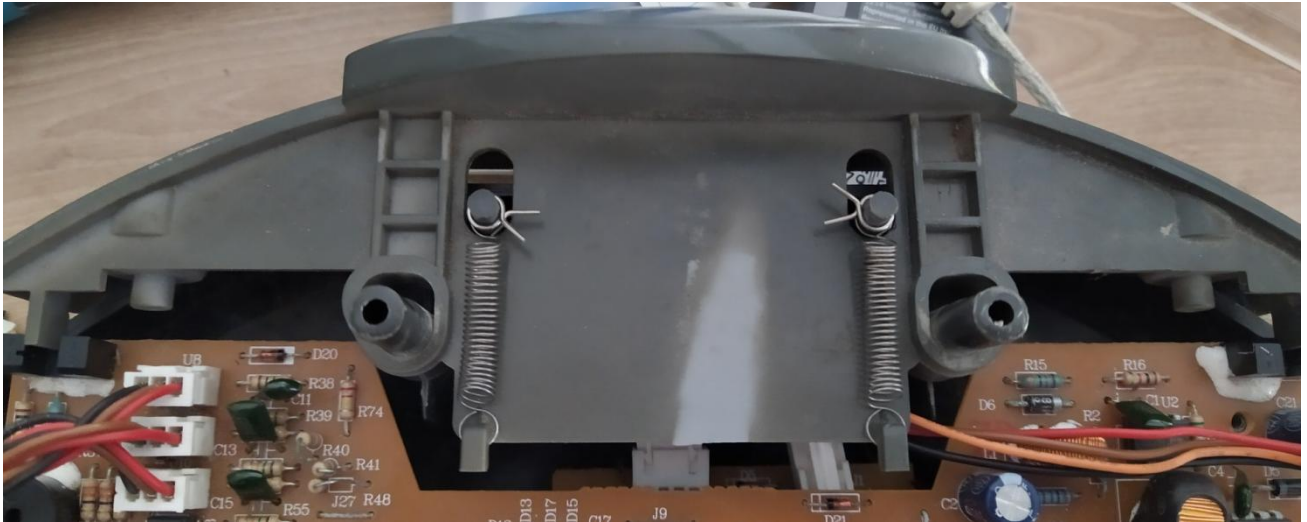


Foto 5 Takistussahk

Sahaplastik on kinnitatud vedrudega plastiktorudele. Sahaplastikust ulatuvad välja 2 äärt, mis kokkupõrkel takistusega läbivad kahe anduri mõjuvälja. Kahe anduriga (edaspidi sahaanduriga) suudab robot tuvastada, mis nurga all robot vastu takistust sõidab ja oskab selle järgi oma sõidusuunda muuta. Näiteks, kui robot sõidab vasaku küljega vastu takistust, keerab robot end mõni kraad paremale ja vastupidi.

2. Roboti juhtimine

Roboti juhtpaneelist saab robotit käivitada, määrata puhastusaega ja käivitada koristusprogramm. Lisaks kuvab juhtpaneel koristamise ajal ka veel kulumata koristusaega ja indikatsioonlambid annavad roboti hetke seisukorrast teada.

3. Roboti laadimine

Tühja aku korral otsib robot infrapuna LED-ide abil laadimisjaama, et end täis laadida ja annab laadimise seisukorrast helisignaali abil teada. Laadimisjaama olemasolul, liigub robot mööda ruumi ringi, kuni aku tühjenemiseni. Seejärel tuleb robotit laadida käsitsi toiteadapteriga.

4. Muud tähelepanekud

Robotil on võimalik puldiga käivitada ka UV lamp, Robotil puldi olemasoluta, ei teata hetkel ka UV lambi seisukorda. Lisaks ei ole UV lampi ametlikult müügis varuosana, sest UV lamp ei ole vahetatav varuosa [11]

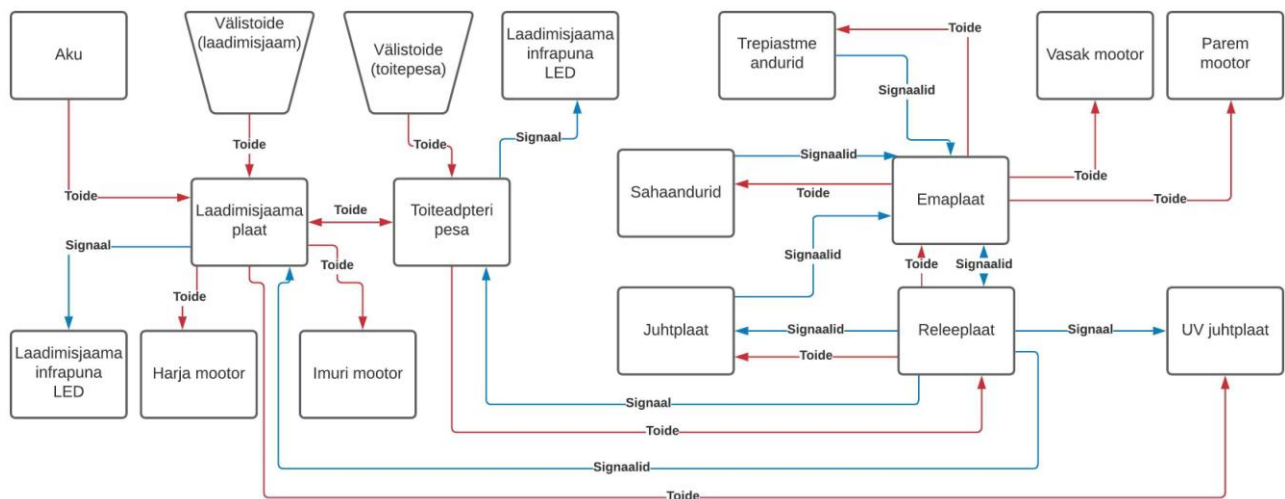
Robotil juhitakse rullharja ja pöördharja ühe ja sama mootoriga, kasutades tigureduktor ülekannet.

3. SEADME KONSTRUKTSIOON

1. HETKENE RIISTVARA JA TARKVARA

2. Trükkplaatide ülevaade

Robotist võetakse kõik trükkplaadid välja ja ühendatakse robotist väljaspool juhtmetega tagasi, et saada skeemist terviklikum ülevaade. Selle protsessi abil koostatakse põhimõtte skeem. Käesoleva töö jaoks loodud skeemis on signaalide ühendused märgitud sinisega ja toiteühendused punasega. Toiteid ja signaale eristatakse trükkplaadi radade laiuste erinevuse abil ja trükkplaatide omavaheliste kaablite läbimõõtude abil, kuna laiemad trükkplaadi rajad taluvad suuremat vooluhulka, tuginedes trükkplaatide koostamise IPC 2152 standardile [14];[15] Juhtmete ühendustekonda kontrollitakse multimeetri abil, kasutades ahelajuhtivus funktsiooni.



Joonis 1 Roboti põhimõtteskeem,

Peale põhimõtteskeemi koostamist jaotatakse trükkplaat üksasjalikumalt, teadasaamaks, mis funktsiooni võiks mingi trükkplaat täita.

Esimene trükkplaat (edaspidi juhtplaat) vastutab roboti oleku info kuvamise eest, lisaks käivitussignaali andmist läbi juhtnuppude ja koristusaja muutmise eest. Roboti olekut kuvab viis LED indikaatorlampi, koristusaega kuvab seitsemest LED lampsegmentist koosnev displei ja üks LED indikaatorlamp, ja roboti juhtimiskäske viiakse nuppude abil läbi.

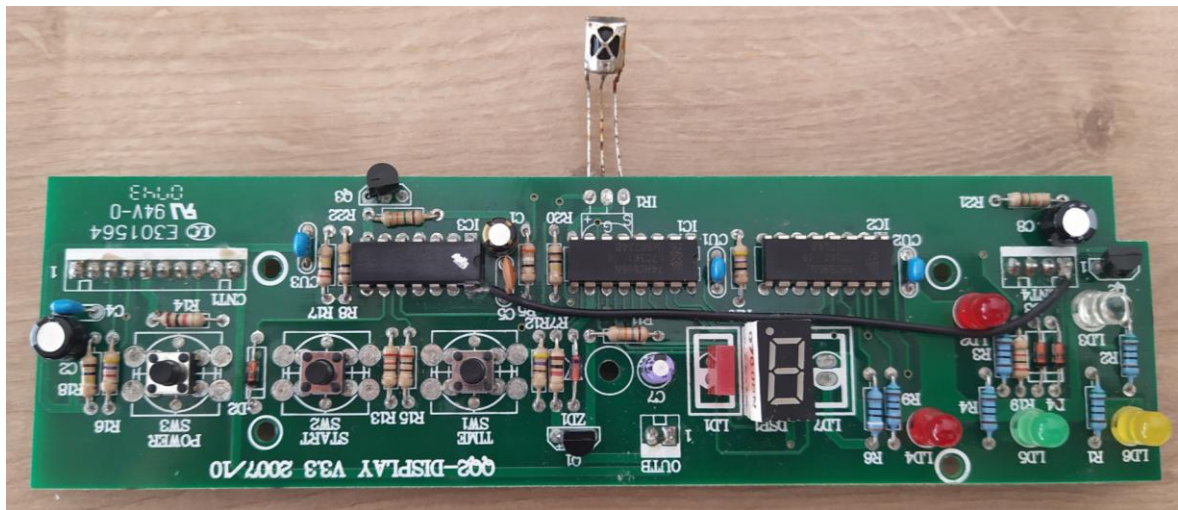


Foto 7. Roboti info kuvamise trükkplaat, millel juhtnupud, 7 segment displei ja indikaator LED-id

Teine trükkplaat (edasipidi releelaat) vastutab toite jagamise eest skeemide vahel ja UV lambi signaali juhtimise eest. Releelaat kasutab LM324 mikroskeemi koos lisakomponentidega, et võrrelda, kas ja kuhu toide saata tuleks.

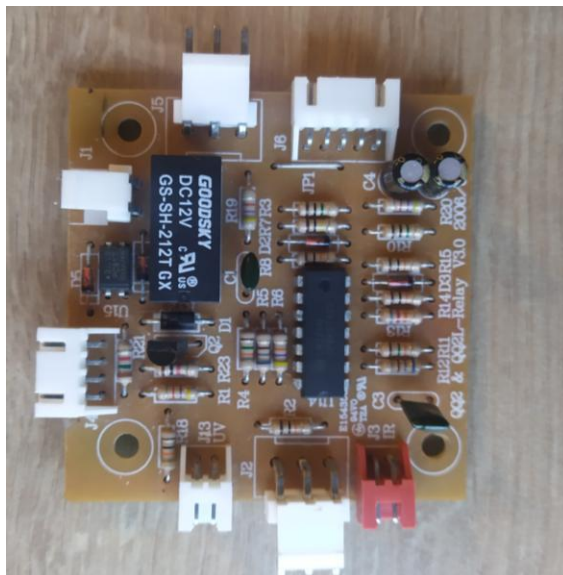


Foto 8. Releelaat

Kolmas trükkplaat (edasipidi emaplaat) vastutab signaalide vastuvõtmise ja edasisaatmise eest teistesse trükkplaatidesse. Emaplaati ühenduvad kõik astmeandurid, sahaandurid, sumisti ja navigeerimiseks mõeldud mootorid.

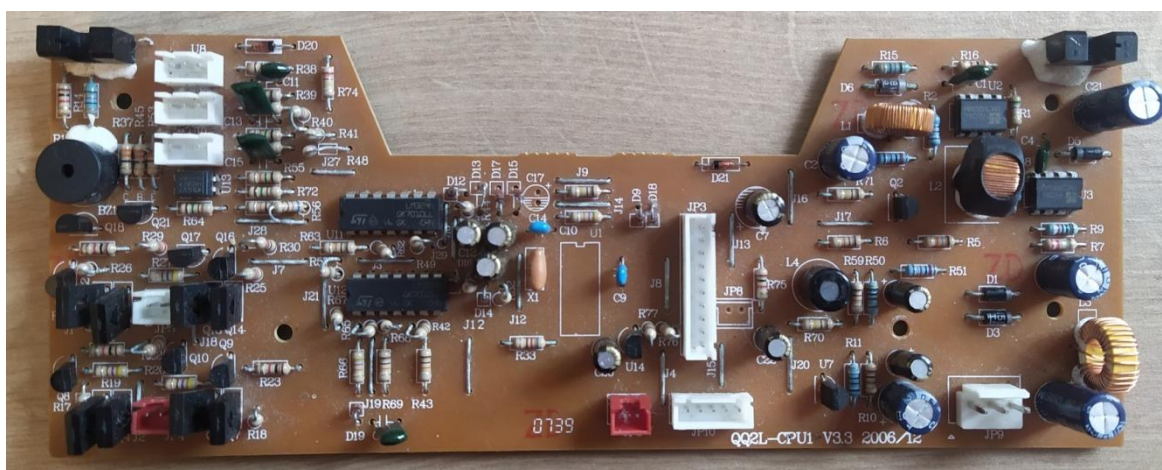


Foto 9 Emaplaat

Neljas trükkplaat (edaspidi laadimisjaama plaat) vastutab aku laadimise eest, lisaks sellel trükkplaadil oleva infrapuna diodi abil võetakse vastu signaale laadimisjaamalt, et tuvastada laadimisjaama asukoht. Lisaks trükkplaadi tagumisel küljel asuva optoisolaatori abil kontrollitakse, kas aku laadimist teostatakse toiteadapteri või laadimisjaamaga. Fotol on näha laadimisjaama plaadil toiteklemme, akuklemme, imurimootori ja pöördharja mootori väljundklemme.

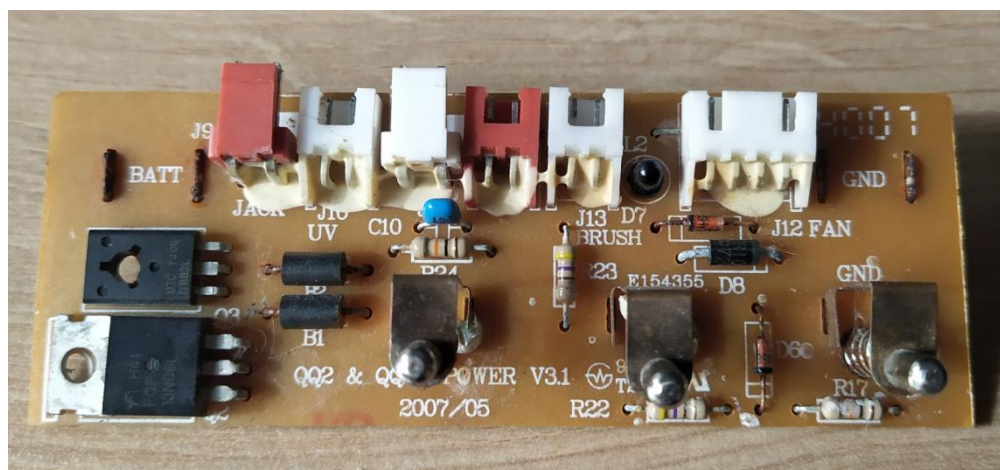


Foto 10 Laadimisjaama plaat

Viies trükkplaat (edaspidi UV plaat) vastutab UV lambi toite eest. Roboti UV lambitüübist lisainfot ei ole kajastatud puuduvate allikate tõttu.

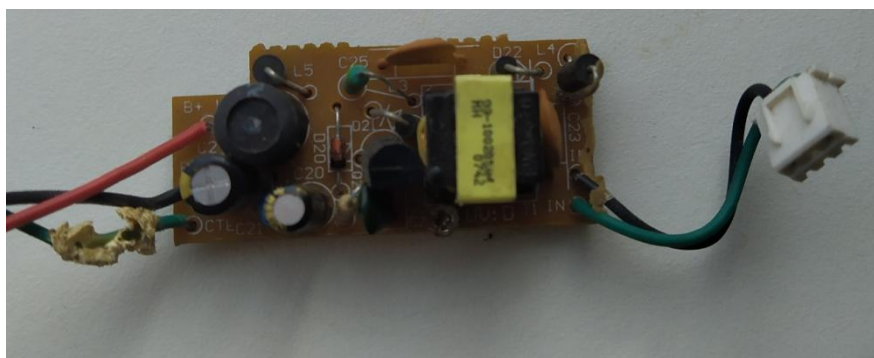


Foto 11 UV plaadist.

4. PÖÖRDPROJEKTEERMINE

Et paremini aru saada seadme tööpõhimõtetest, kasutatakse pöördprojekteerimist. Pöördprojekteerimine on protsess, mille käigus võetakse midagi (seade, elektroonika komponent, tarkvara programm, vms) lahti ja analüüsitakse detailselt selle toimimist. Tavaliselt on protsessi eesmärgiks aru saada uuritava objekti struktuurist, funktsioonist ja kasutamisest. Põhikasutust leiab pöördprojekteerimine näiteks toodete täiustamisel, kopeerimisel, sh ka spionaažis, liideste loomisel ja turvaanalüüsiks [16] Elektriliste süsteemide puhul sisaldaks see seadme lahtivõttu, ahelate mõõtmist ja komponentide dokumenteerimist.

Lähtudes tööks püstitatud eesmärkidest ja juba tekkinud kitsaskohtadest võetakse roboti kõik olemasolevad funktsioonid üle, viies juhtimine ja laadimissüsteem teisele juhtplatvormile, mille tulemusena ei pruugi enam kõiki trükkplaate ja trükkplaatidel olevaid komponente vaja minna. Samuti, teades roboti omadusi, ei kajastata töös kõiki trükkplaadil olevaid komponente vaid uuritakse hädavajalikumaid komponente, et roboti funktsioonide töö jääks tagatud.

Töös kasutatakse pöördprojekteerimise läbiviimiseks suvalist multimeetrit ahelajuhtivus funktsioonil ja sülearvutit, et leida interneti andmebaasidest komponentide andmelehti.

1. Juhtplaat

Juhtplaadi uurimisel on märgata, et ühel mikroskeemil on tootja nimi ja mudel maha lihivitud, mis teeb protsessi läbiviimise keeruliseks. Küll aga, kui jätta tundmatu mikroskeem välja, saab enamus komponente plaadilt tuvastada.

Esmasel vaatlusel tuvastatakse teised mikroskeemid, milleks on 74HC595N nihkeregistrid, millel on olemas ka dokumentatsioon.[17]

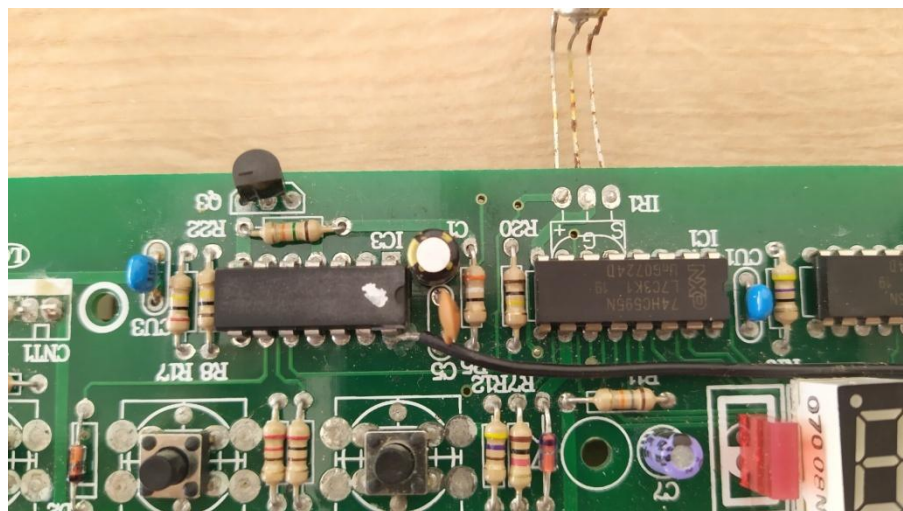


Foto 12, juhtplaadilt leitud mikroskeemil puuduv tootja mudel ja nimi.

Nihkeregistreid kasutatakse näiteks mikroprotsessori sisendsignaali või väljundsignaali juurde saamiseks. Seda saavutatakse, muutes signaali andmetüüpi paralleelist seerialiks. Mikroprotsessor suhtleb nihkeregistriga seerial andmetüübiga ja nihkeregister kogub või annab informatsiooni edasi paralleelsüsteemis. Nihkeregistreid on kahte põhitüüpi: SIPO (Serial in, parallel out) ja PISO (Parallel in, serial out). Skeemis kasutatud nihkeregistrid on SIPO tüüpi, mis võimaldavad juhtida mitut väljundsignaali korraga. PISO tüüpi nihkeregistrid on head mitme sisendsignaali vastuvõtuks [18]

Hinnates plaadil olevaid väljundite arvu, ja uurides nihkeregistri dokumentatsiooni, leitakse, et 1 nihkeregister vastutab 7 segment displei numbrite kuvamise ja teine nihkeregister muude LED-ide väljundsignaalide eest. Nuppude signaalid lähevad otse tundmatusse mikroskeemi.

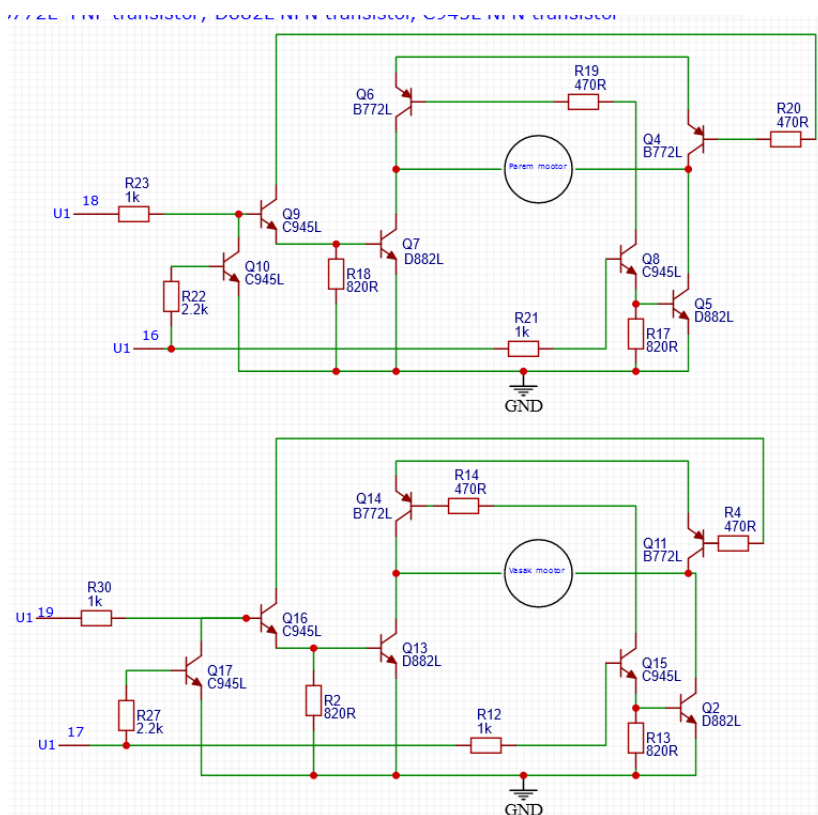
2. Emaplaat

Uurides emaplaati, on võimalik tuvastada pea kõiki komponente. Emaplaat saab esmalt toite akupakilt, mis läbib dioode, tagamaks ainult voolu ühesuunalist liikumist. Seejärel on koostatud AMC34063AM mikroskeemidest kaks pingeladit, et tagada teistele mikroskeemidele ja infoplaadile kindel toitepinge olenemata akupaki pingest, eeldusel, et akupaki pinget ei jää alla reguleeritavat pinget. [19]

Emaplaati ümber keerates avastatakse järgmine mikroskeem, millel tootja nimi ja mudel on maha lihvitud. Roboti juhtimise üleviimise vaatest oleks vaja teada ainult, millistele mikroskeemi jalgadele mingi signaal jõuab. Emaplaadi uurimisel pööratakse rohkem tähelepanu sahaanduri, trepi astmeandurite ja mootori juhtahelatesse.

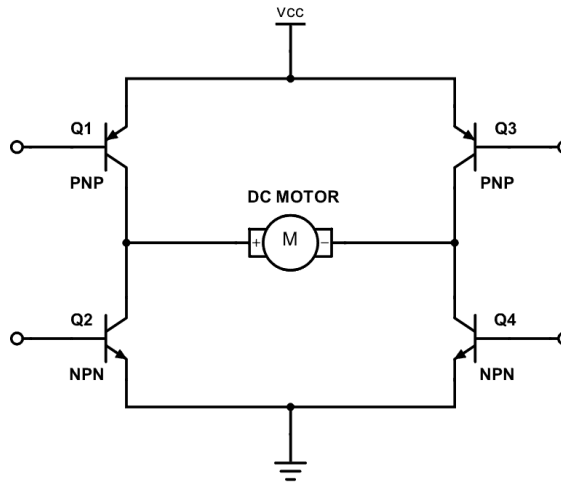
1. Mootorite juhtimine

Esmalt koostatakse skeem mootorite juhtahelast. Joonisel on märgata 3 erineva nimega transistori. Transistoride tüüpideks etteantud skeemis on NPN ja PNP, kus B772L on PNP tüüpi transistor ja C945L ja D882L NPN tüüpi transistor.[20];[21];[22] Komponenti numbrid on samastatud trükkplaadil olevate numbritega.



Joonis 2 Robotil navigatsioonimootorite juhtskeem

Skeemi edasi uurides tuvastatakse, et mootori juhtimiseks kasutatakse NPN ja PNP transistoridest koosnevat H-silla konfiguratsiooni. Tööpõhimõtte selgitamiseks kasutame H-silla lihtsustatud skeemi



Joonis 3 lihtsustatud H-silla skeem[23]

Pingestades diagonaalselt näiteks Q1 ja Q4 transistori baasi ja samal ajal pingestades VCC ja maanduse otsi muutuvad transistor Q1 ja Q4 voolu juhtivaks, mille abil liigub akutoide VCC klemmist läbi Q1 transistori, mis seejärel liigub mootori plussklemmidele. Mootori miinusklemmist liigub vool läbi Q4 transistori maanduse, mille tulemusena hakkab mootor pöörlema. Mootori pöörlemissuuna muutmiseks pingestatakse Q2 ja Q3 transistorid.

Kuid lihtsustatud skeemi võrdlemisel joonestatud skeemiga uurides ei saanud autor aru, miks transistori Q6 ja Q4 emitteritest ei toodud eraldi toitepinge otsa. Põhjus võib olla autori poolt valesti joonestatud skeemis. Ajakulu vähendamiseks joodetakse mootori juhtahela jaoks mõeldud transistorid hiljem trükkplaadilt maha ja paigaldatakse uuele makettplaadile ja ühendatakse vastavalt lihtsustatud skeemi järgi.

2. Infrapuna andurid

Robot kasutab nii astmeääre tuvastuseks kui ka sahaandurites infrapuna andureid. Kõigepealt selgitatakse IR anduri tööpõhimõtteid ja nende olemust.

IR andur on seade, mis eraldab infrapunakiirgust objektide tuvastamiseks. Lisaks suudab IR andur mõõta objekti temperatuuri ja tuvastada liikumist. Tavaliselt elektromagnetlainete alla kuuluva infrapunakiirguse lainespektris, kiirgavad kõik objektid, mis omavad temperatuuri, termalselt. Seda

tüüpi kiirgus on silmadele nähtamatu, kuid IR andur suudab neid tuvastada. On olemas kahte tüüpi infrapuna andureid. Aktiiv ja passiv infrapunaandurid. [24]

Aktiiv infrapunaandur koosneb kahest elemendist- infrapuna allikas ja infrapuna tajur. Infrapuna allikaks võib olla IR LED või infrapuna laserdiod. Infrapuna tajuriks võivad olla fotodiodid või fototransistorid. Infrapuna saatjast tulenev kiirgus peegeldub objektilt ja põrkub objektilt infrapuna vastuvõtjasse. [24]

Passiiv infrapunaandurites ei kasuta infrapuna saatjat ja vastuvõtjat. Passiv andureid on kahte tüüpi.- kvant ja termo. Termo infrapunaandurid kasutavad infrapunast tekkivad soojusenergiat. Termopaarid, püroelektrilised detektorid ja bolomeetrid on termo infrapuna anduritel põhinevad. Kvant tüüpi infrapuna andurid pakuvad kiiremat tuvastust, kui termo infrapunaandurid. Kvant tüüpi andurite tundlikus sõltub infrapuna lainepikkusest. [24]

Anduri tüübile tuginedes on roboti mõlemad andurid aktiiv infrapunaandurid.

3. Sahaandurid

Sahaanduriteks on fototransistorist ja infrapuna LED-ist koosnev süsteem. Infrapuna LED saadab infrapuna kiire, mille võtab vastu fototransistor. Kui takistust anduri vahel ei ole, liigub IR signaal LED-ist fototransistorini, mis muudab transistori juhtivaks. Kui anduri vahele tekib takistus, katkeb fototransistori juhtivus. Selle olekut kontrollitakse LM324 mikroskeemide abil koos olemasolevate lisakomponentidega, mille signaal jõuab lõpuks tundmatu mikroskeemini.

4. Trepiastme andurid

Trepiastme anduriteks on, mis koosneb IR LED-ist ja fotodiodist, mis kokku moodustavad fotoelektrilise anduri. Pinna pealt, kus robot asetseb, peegeldub IR signaal, mis võetakse vastu fotodiodiga. Kui IR LED-ist tulev signaal ei peegeldu pinnaga, katkeb voluring. Ja selle muutust kontrollib samuti LM324 mikroskeem, suunates väljundsignaali otse tundmatusse mikroskeemi.

3. Laadimisjaama plaat

Laadimisjaama plaadilt saavad toite imuri ja rullharja mootor. Imurit juhitakse 13N06L, isoleeritud paisuga väljatransistori ehk MOSFET-iga.[25] Harjase mootorit juhitakse kasutades D882L NPN

transistorit. Imuri mootoril kasutatakse MOSFET-i tänu kõrgemale voolutaluvusele. Puldi fotolt on märgata VAC nuppu, mis viitab imuri väljalülitus võimalusele. Sellegipoolest, oleks uuendatavale robotile mõistlik lisada ka niiöelda akusäästja režiim, kus imuri võimsust voolu tarbivuse vähendamisega saaks muuta. .

4. UV lambi käivitamine

Nagu eelnevalt mainitud, ei teatud enne roboti ülevaatust UV lambi seisukorda. Trükkplaati lähemalt uurides on märgata, et trükkplaadi sisenditeks on B+ ; B- ja CTL. B+ ja B- tulevad laadimisjaama plaadilt, CTL aga releelaadilt.

Esitatakse hüpotees põhimõtte skeemist lähtuvalt, et kui releelaadi jõuab UV klemmile akupinge ja B+ ja B- klemmid saavad vajaliku toite laadimisjaama plaadist, siis UV lamp käivitub. Hüpoteesi katsetati, liites B+ ja CTL juhtmeots suvalise 12V akutoite pluss klemmi ja B- miinusklemmi. UV lamp läks seejärel tööle.

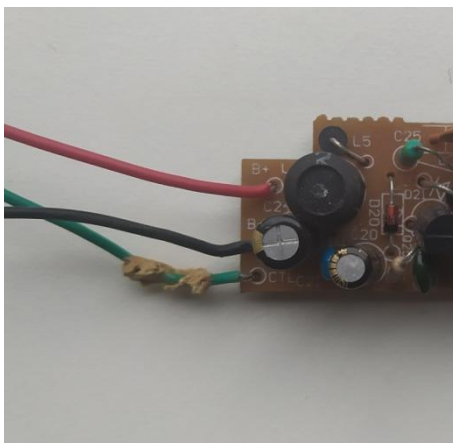


Foto 13, UV juhtplaadi sisendpunktid

5. UUS RIISTVARA

1. MIKROKONTROLLERI VALIMINE

Antud kontekstis tuleks robotile uus riistvara valida nii sisendsignaali arvu, väljundsignaali arvu. ja teiste erisoovide järgi, milleks kujunesid töös mikrokontrolleri lihtne ühilduvus internetiga ja autorile tuttav programmeerimiskeel. Valikul võetakse arvesse ka asjaolu, et info liikumiskiirus ei ole

esmatähtis. Et adekvaatsemalt hinnata, kui palju sisendeid- ja väljundsignaale kokku on, koostatakse sisendväljund tabel, kuhu kantakse kõik roboti teadaolevad signaalid.

Tabel 2 ülesloendatud sisenditest

Sisendite tüüp	Sisend viikide arv	Komponentide kogus
Roboti sisefunktsioonid		
Takistussaha andurid	2	2
Trepi astmeandurid	2	3
Infrapuna puldi sisend	1	1
Aku CC/CV laadimismooduli LED-id	2	2
Aku pinge mõõtmine	1	1
Tolmusahkli andur	2	1
Juhtpaneel		
Juhtnupud	1	3
Infrapunaandur	1	1
Sisend viikide arv kokku	21	14

Tabel 3 ülesloendatud väljunditest

Väljundite tüüp	Juhtivate viikide arv	Komponentide kogus
Roboti sisefunktsioonid		
Mootorid		
Vasak ja parem mootor	4	1
Imuri mootor	1	1
Harjamootor	1	1
LED-id	1	1
Sumisti	1	1
UV Lamp	1	1
Juhtpaneel		
Indikaator LED-id	1	6
7 segment displei	7	1

Väljund viikide arv kokku	22	12

Tabeli tulemusel selgub, et sisendsignaale robotil on kokku 21 ja väljundsignaale 22. Sellest lähtuvalt, tuleks valida mikrokontroller, millel on olemas vähemalt 45 sisend ja väljundsignaali võimalust. Võrdlusesse valitakse 3 mikrokontrollerit. Tabelisse lisatakse Raspberry Pi Zero, programmeerimisloengus kasutatav MSP430 Launchpad mikrokontroller ja Arduino Mega R3 Wifi kloon.

Tabel 4 mikrokontrolleri võrdlustabel [26];[27];[28]

Nimi	Raspberry Pi Zero	MSP430 Launchpad	Arduino Mega R3 WiFi kloon
Wifi võimalus	Ei	Ei	Jah
Signaali väljund	5V	5V	5V
Toite sisend voltides (USB pessa)	5V	5V	5V
Toite sisend VIN/DC pesast	5V	5V	7-16V
Tarbimine	5V 160mA	-	5V; 800mA
Pingeloogika (voltides)	5V	5V	5V
USB ühendamise tüüp	Micro USB	Mini USB	Micro USB
Digitaal viikide arv	40	8	54

Nimi	Raspberry Pi Zero	MSP430 Launchpad	Arduino Mega R3 WiFi kloon
Analoog viikide arv	-	8	16
Vahemälu suurus	512MB	512B	256KB
Lisa suhtlusprotokollid teiste seadmetega	SPI, I2C	SPI, I2C UART Serial	Serial, OTA, SPI, I2C
Programmeerimiskeel	Lihtsustatud C	C	Lihtsustatud C
Hind (eurodes)	5	26.99	13[29]

Valituks osutuks Arduino Mega R3 WiFi mikrokontroller kuna see vastab meie algnõuetele ja lisaks on võimalik programmeerida WiFi võrgu abil, Lisaks jäi selle mikrokontrolleri kogumaksumus alla 15 euro

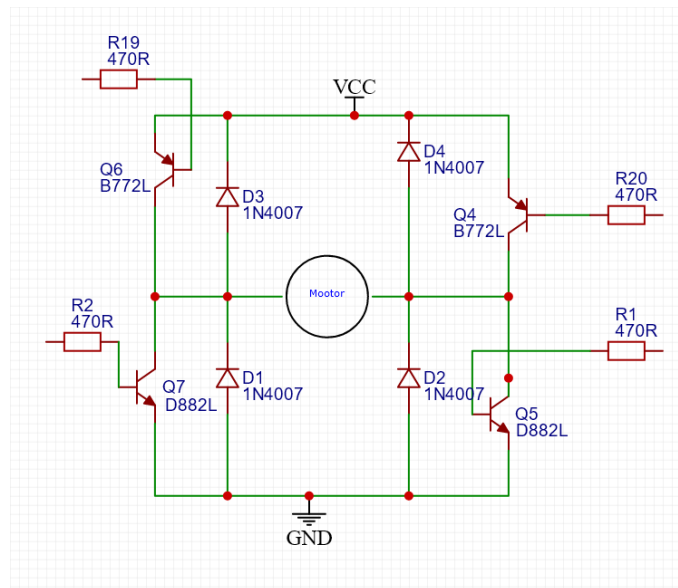


Foto 14 Arduino Mega R3 WiFi mikrokontroller[27]

6. UUE MIKROKONTROLLERI SIGNAALIDE JA TOITE SAAMINE

1. Signaalid

Roboti kaalu vähendamise ja juhtimise ühtsustamiseks joodetakse kõik pöördprojekteerimise abil leitud vajalikud komponendid trükkplaatidelt maha, mis joodetakse hiljem uuele makettplaadile ümber.



Joonis 4 muudetud H-silla näidis

H-sillale lisatakse 1N4007 diodid, kaitsmaks transistore välja lülitamisel võimalikust mootori elektromotoorjõu eest.

Andurid ühendatakse otse takistitega mikrokontrollerisse (Lisa 2).

Lisaks lõigatakse emaplaadist välja osad, mida uue mikrokontrolleri jaoks vaja ei lähe, milleks osutus enamus trükkplaatides.. Järele jääb ainult sahaandurite osa koos kruviaukudega, et trükkplaati oleks võimalik kinnitada roboti külge tagasi.

2. Toide

Akusüsteemi vahetamisel tuleks arvestada ka uue mikrokontrolleri toite eest. Nimelt vajab Arduino Mega kloon toitepingeks vahemikus 9-16V. Arvestades, et uuel kavandataval akupakil puudub alapinge kaitse, võetakse mikrokontrolleri toiteks kasutusse pingeregulaator ja kasutatakse mikrokontrolleri abi akupaki pinge mõõtmist. Pingeregulaator valitakse vastavalt selline, mis ei peaks alandama liigset pinget ja mis suudaks töödada veel Li-ion akude miinimumpinge juures, milleks on planeeritud 3V akuelemendi kohta. Kasutades L7812CV pingeregulaatorit, vajab pingeregulaator korrektseks toimimiseks vähemalt 2V kõrgemat toitepinget, kui pingeregulaator ise reguleerib. See teeks antud lahenduse puhul alampingepeeriks 14V, mis on liiga kõrge. [30] Proovides L7809CV pingeregulaatorit, vajab see samuti 2V kõrgemat pinget, kui seade ise reguleerib. [30] See teeks alampingepeeriks 11V, mis ületaks akude miinimumpinge. Seega valitakse efektiivsuse ja soojuseralduse kaalutlustel XL4015 mikroskeemil põhinev aladimoodul.[31]

3. Akusüsteemi vahetus

Roboti toitesüsteem baseerub NiMH akudele, kus aku laadimissüsteem on integreeritud robotisse endasse. Kuna laadimisjaama ei ole, saab robotit laadida ainult käsitsi toiteadapteriga. Et robotit ei peaks tihti laadima, konstrueeritakse robotile uue akupakk. Autoril on erinevatest projektidest üle jäänud Li-Ion akusi, mille tulemusel otsustatakse akusüsteem välja vahetada, et vähendada roboti üldkaalu ja teha aku laadimine lihtsamaks.

Lisaks kaalu vähendamisele suudab Li-ion pakkuda paremat energiatihedust. [32] Akupaki koostamisel tulebks valida algsele akupakile ligilähedane konfiguratsioon.

4. 3S või 4S?

Akupakkide koostamisel saab kasutada akuelementide pakki panemisel süsteemi, kus akuelemente saab ühendada jadamisi või paralleelselt. Inglise keeles kutsutakse seda SP süsteemiks ehk series parallel. Akupaki konstrueerimisel saab kombineerida akuelementide asetust, nii et saaks suurema nominaalpinge või suurema mahtuvuse. Võimalik on kombineerida kokku ka mõlemaid. Näiteks akupakk 3S konfiguratsiooniga akupakk tähendab, et 3 akuelementi on pandud jadamisi, mis teeks näiteks Li-ioni akupaki nominaalpingeks $3.7V \cdot 3 = 11.1V$, ja laetuna $4.2V \cdot 3 = 12.6V$. 3S2P konfiguratsioon tähendaks, et kolm eraldi kahegrupilist akuelementi komplekti on ühendatud

paralleelselt, mis on omakorda ühendatud jadamisi, mis tõstab akumahtuvuse kahekordseks. Valides 4S tuleks akupaki nominaalpingeks $3.7 \times 4 = 14.8\text{V}$ ja täislaetuna $4 \times 4.2 = 16.8\text{V}$

Vaadates algset NIMH akupaki nimiandmeid otsustatakse 4S konfiguratsiooni kasuks, sest aku nominaalpingeks jääks 14.8V ja täislaetuna 16.8V , mis annaks robotile umbes 2V jagu lisapinget.

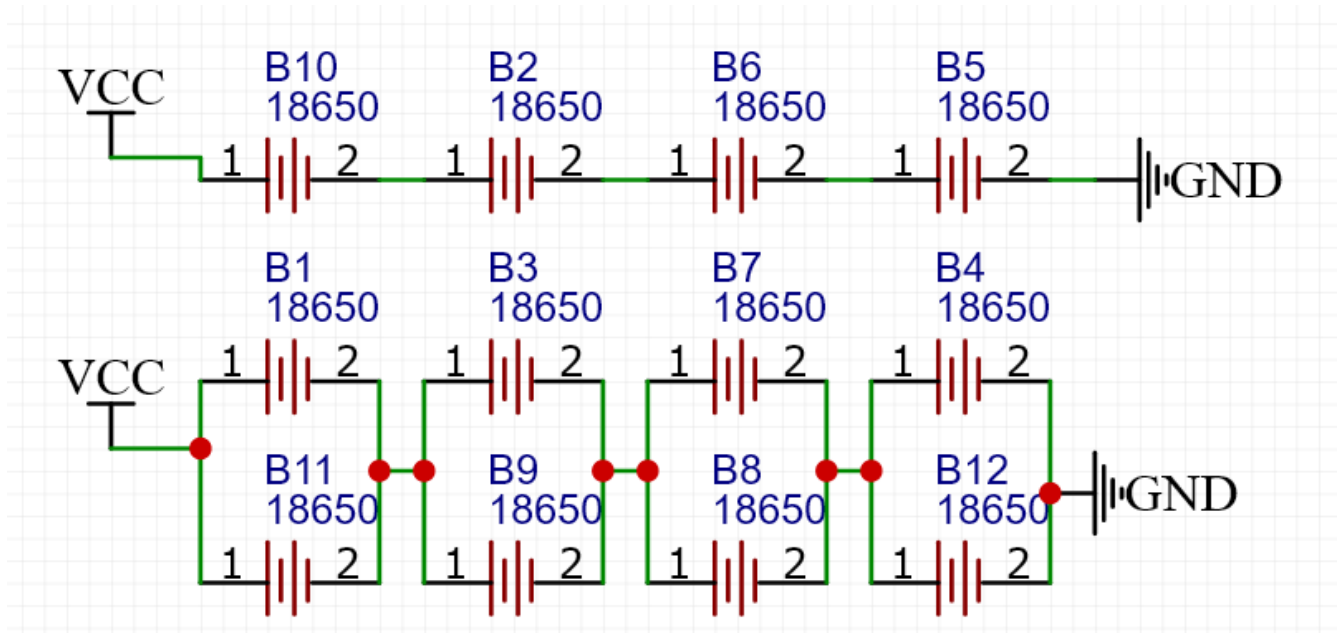


Foto 15, 18650 akuelementidest koosnev 4S asetus ja 4S2P asetus

Roboti akupaki koostamisel kasutatakse tundmatu tootja Li-ion akusi, mis pärinevad Chint akutrellide akupakkidest. Kasutades kahte 1400mAh mahtuvusega Li-Ion akuelementi paralleelselt, tuleks akupaki mahtuvuseks $2 \times 1400 = 2800\text{mAh}$

Võrreldi ka valmistatud akupakkide kaalu. Kaaludes originaal NIHM akupakki kaalus see 608g , kuid kaaludes tavalisel köögikaalul isetehtud 4S Li-ion akupakki koos BMS-iga, kaalus isetehtud akupakk ainult 375g , mis kolmveerand korda kergem originaalist.

5. Akupaki laadimine

Võrreldes Li-Ioni laadimist NiMH pidevooluga laadimisel, vajab Li-Ion laadimisel CC/CV (constant current, constant voltage ehk pidevoolu ja pidevpinge) Selleks kasutakse selles projektis eraldiseisvat CC/CV moodulit XL4015

Moodul esmalt alustab pidevvoolu laadimisfaasist, kus aku pinget tõuseb kuni aku laetud pinget väärtuseni. [33]

Sellele järgneb pidevpinge faas, kus vooluväärtus langeb nullilähedale. Pidevpinge faas lubab akuelemendi elektrootdis olevatel osakestel laieneda ja on enamasti vajalik akuelemendi suure mahtuvuse utiliseerimiseks ilma maksimumpinge ületamiseks. [33]

Kuid, kuna vooluväärtus pidevpinge faasis langeb, on laadimisaeg võrreldes ainult pidevvoolu laadimisega pikem. Pidevvoolu ja pidevpinge laadimise lihtsus ja integreerimise võimalus süsteemidesse on sellest moodusest saanud tavalaadimisprotokolliks. [33]

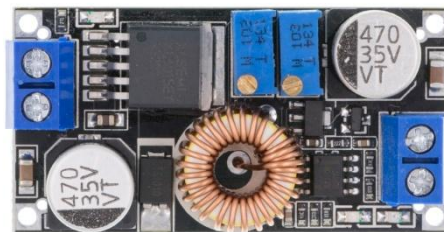


Foto15, XL4015 moodulist

Moodulil on võimalik muuta nii laadimispinget, kui ka laadimisvoolu väärtust, kasutades potentsiomeetreid. Laadimispingeks valitakse 4S süsteemi vastavalt 16.8V.

Laadimisvoolu valimisel lähtutakse akuelementide tootjate soovitusel laadida akusi 0.8C laadimisvõimsusega, et aku eluiga pikendada [34]. Arvestades, et kasutusel on tundmatu tootja akud, siis vähendatakse laadimisvõimsust 0.8C-st 0.5C-le. Kuna kasutuses on 4S2P konfiguratsioon, siis on meil võimalik laadida akusi 1.4A juures.

Lisaks on valitud moodulil indikaator LED-id, mis annavad märku aku laadimis olukorrast. LED-ide otstele joodetakse juhtmed, et oleks võimalik mikrokontrolleri abil mõõta LED-ide pinget, mille abil saab teada akulaadimise seisukorra.

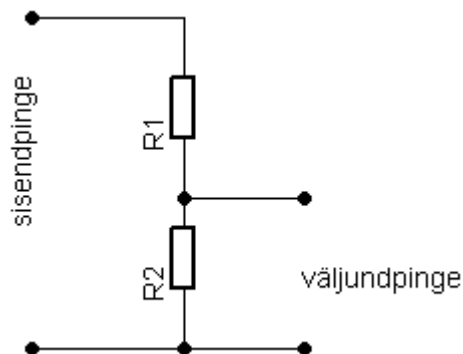
Li-ioni akupaki koostamisel ei piisa ainult õige laadija kasutamisest. Nimelt tuleks akuelemendid ka ära balansseerida, eriti kui on tegemist tundmatute akudega. Selleks kasutatakse BMS-i ehk akuhaldussüsteemi. Akuelementide tootmisel esinevad aku sisetakistuses kõrvalekaldid, mistõttu võivad akuelementide maksimum pinged ajas muutuda.

BMS siis tühjendab teisi akuelemente (näiteks, 4.15V-ni) ja siis lubab laadjal akusi uuesti laadida. Tsükkel kordub kuni kõik akuelemendid on omavahel pingeliselt balansseeritud.[35]

Töös kasutatakse 4S süsteemi jaoks mõeldud BMS-i.[36] Sellel Kasutataval BMS-il puudub madala toitepinge katkestamisahel, mistõttu tuleb teha otsus, kas lisada ohutus tagamiseks lisakomponente.

6. Aku pinge mõõtmine 2 takisti abil

Et hinnata akutaset akut käsitsi mõõtmata ja kaitsta akut liigse tühjenemise eest, on võimalik mikrokontrolleriga mõõta akupinget ja anda nutitelefonile rakendusse teada aku liigsest tühjenemisest. Arduino mikrokontroller suudab mõõta pinget pingevahemikus 0-5V, analoogväärtusega vahemikust 0-1023, mistõttu tuleks leida moodus mõõtmaks akupinget, mis oleks mikrokontrollerile sobiv. Selleks kasutatakse näiteks 2 takistist põhinevat pingejagurit.



Joonis 5 pingejaguri põhimõte[37]

$$U_{Väljund} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} * U_{sisend}$$

Valem 1 pingejaguri takistuse leidmiseks

$U_{Väljund}$ - väljundpinge, praeguse töö vaates mikrokontrollerile mõõdetav pinge;

R_2 - teine takisti

R_1 - esimene takisti

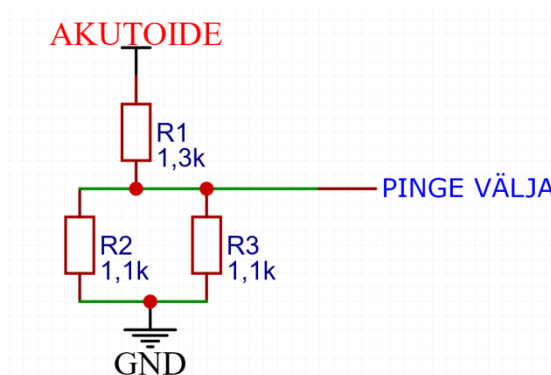
U_{sisend} - Sisendpinge, praeguse töö vaates akupaki pinge.

Teades, et täislaetud Li-Ion 4S akupakk on 16.8V ja väljundpingeks on valitud vastavalt mikrokontrolleri võimalusele 5V, tuleks leida takistuse väärtused, mis sobiksid kõige paremini. Proovides erinevaid takistuse väärtusi, pannakse prooviks R_1 takistuseks 1300 Ω ja leitakse R_2 . Valemit teisendatakse ja asendatakse tähised arvudega:

$$U_{Väljund} = \frac{U_{sisend} * R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow R_2 = \frac{16.8 * R_2}{1300 + R_2} \Rightarrow 16.8R_2 = 5(1300 + R_2) \Rightarrow 16.8R_2 = 6500 + 5R_2 \Rightarrow 11.8R_2 = 6500 \Rightarrow R_2 \approx 550,85\Omega \text{ (oomi)}$$

Valemil abil saadakse tulemus, et takisti R_2 võiks olla ligikaudu 550,85 Ω (oomi). Nii täpset takistust tavakasutusest ei leita, kuid sellise takistuse saamiseks kasutatakse takistite paralleelühendamist, pannes kaks takistit paralleelselt, sest kahe sama takistusega takisti paralleeli ühendamisel takistus väheneb 2 korda.[38]

Selleks et leida takistid, tuleb korrutada leitud takistus kahega, saame takisti väärtusteks 1101,7 oomi. Kõige lähim takistiväärtus on 1100 Ω (oomi.) Koostatakse täiendatud pingejaguri skeem.



Joonis 6, uuendatud pingejaguri skeem

7. Lisafunktsioonid

1. Märja lapi süsteem

Uutel robottolmuimejatel on olemas ka märglapi süsteem, millega puhastatakse siledaid põrandaid. Robotitel on elektripumbaga veepaak, millega hoitakse põrandalapp märjana. Autori kodustes tingimustes on palju parkettpõranda pind, mistõttu otsustati lapi süsteem lisada, kasutades lihtsat mikrofiiber lappi ja takjateipi. Veepaaki ei lisata, sest lapist löigatakse välja

2. Tolmusahtli täite andur

Kuna mõnedel uutel robotitel on olemas ka tolmusahtli andur, millega teavitatakse tolmuksasti täitumist, Soovitakse ka see funktsioon lisada ka muudetavale seadmele. Taaskasutamise eesmärgil kasutatakse selleks QTR-8RC infrapuna andurmoodulit, [39] mis pärineb kunagisest joonejärgimisrobotist. Andurile löigatakse pesa roboti korpusesse, suunates andurid tolmusahtli poole. Anduri tööpõhimõtted on sarnased astmeanduri tööpõhimõtetele.

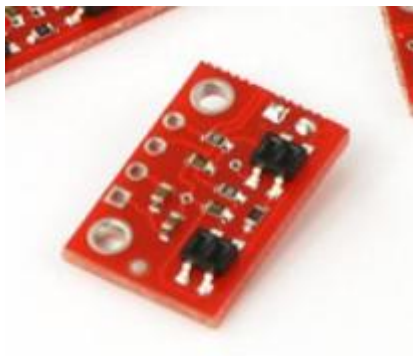


Foto 16 QTR-8RC kahene submoodul [39]

5. TARKVARAARENDUS

1. MIKROKONTROLLERI PROGRAMMEERIMINE

Mikrokontrolleri programmeerimiseks kasutatakse Arduino IDE tarkvara. Põhjuseks koodivaramute olemasolu ja varasem kokkupuude.

Valitud mikrokontrolleril programmeeritakse ESP8266 moodul ja MEGA osa eraldi, lülitades DIP lülititega Mega või ESP8266 moodulid eraldi välja.

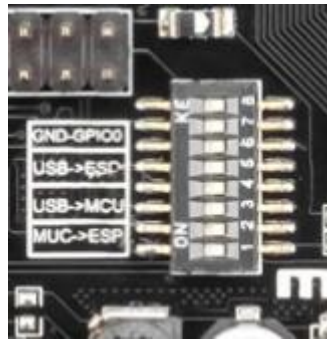


Foto 17, Arduino Mega R3 Wifi DIP lülitid[27]

Arduino Mega käitub süsteemis kui Slave seadmena, võttes vastu andurite signaalid ja saates need ESP8266 moodulile Serial suhtlusprotokolliga edasi.

ESP8266 aga suhtleb läbi WiFi võrgu abil nutitelefoniga rakendusega, saates serial informatsiooni edasi ESP8266 mooduli poolt loodud lokaalsele veebilehele, kust äpp info saab ja ekraanile kuvab.

1. NUTITELEFONI RAKENDUSE PROGRAMMEERIMINE

Nutitelefoni äppi programmeeritakse kasutades Massachusetts'i Tehnoloogia Instituudi (MIT) poolt loodud veebikeskkonnas MIT APP inventor, mis kasutab Scratch programmeerimiskeelt.

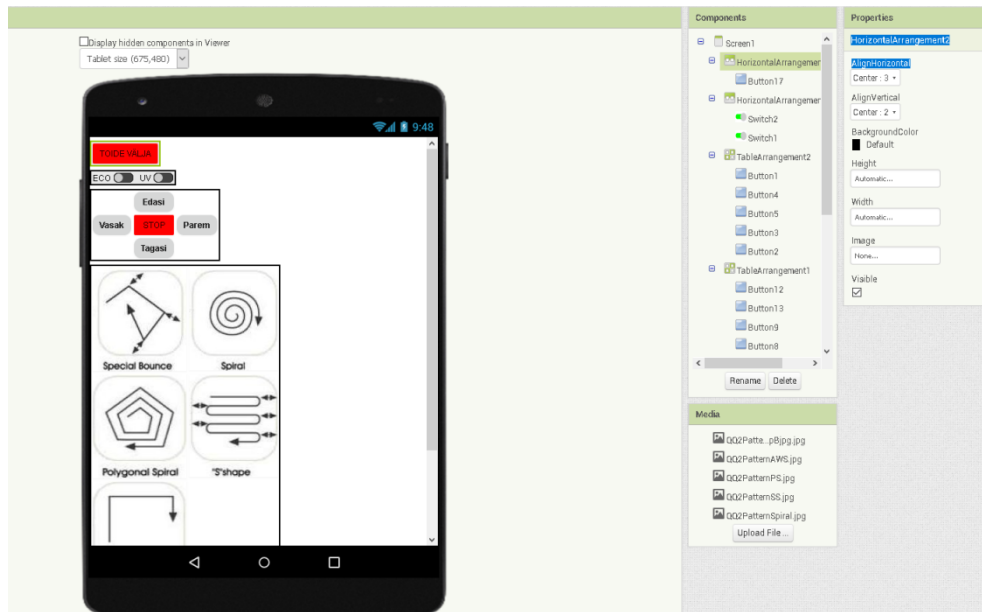


Foto 16, MIT APP Inventori veebikeskkonnas nutitelefoni rakenduse loomine

Scratch on uue põlvkonna graafiline programmeerimiskeel, mis on mõeldud programmeerimise õppimiseks/õpetamiseks algajatele. Scratchis on pööratud suurt tähelepanu atraktiivsusele ning multimeedia kasutamisele: lihtsalt ja kiiresti on võimalik luua mängu, animatsioone, koomikseid jms. Erinevalt traditsioonilistest programmeerimiskeeltest võimaldab Scratch omandada olulisemalt kiiremini programmeerimise ja algoritmimise põhimõtted ja oskused. [40]

Kui telefonist saadetakse välja käsk, saadetakse kõigepealt info saamise soov ESP8266 lokaalsele veebilehele, kust ESP8266 jälgib Serial andmeid. Nähes õige nimega käsku, annab ESP8266 info Seriali abil edasi Megale, mis käivitab käsu lokaalselt. Mega saadab tagasi info, kui käsk on täitmisel või täidetud.

6. SEADME KATSETUSED JA TASUVUSARVUTUS

1. Muudetud seadme võrdlemine vana seadmega

Peale roboti muutmist on autoril võimalus testida modifitseeritud robotit modifitseerimata mudeliga, mis samuti oli saadud prügimäelt. Kuna komponentide purunemise tõttu ei saanud robot valmis, jätkub seadme katsetused lõputöö kaitsmisele eelneval perioodil. Küll aga loetletakse üles katsetused, mis seadmega tehakse. Testimisel testitakse:

- Ajaliselt aku vastupidavust
- roboti kaalu
- roboti läbitud vahemaad kindlas ruumis
- UV lambi tööaega

Aku vastupidavuse testi testime puhtal parkettpõrandal, lastes robotil sõita toas niikaua, kuni robot annab teada aku tühjenemisest. Mõlemad robotid alustavad samast stardipositsioonist suunaga seina poole. Robotiteid testitakse ükshaaval, aega mõõdetakse tavalise stopperiga.

Roboti kaalu mõõdetakse tavalise köögikaaluga.

Vahemaa mõõtmiseks kasutatakse nutitelefoni güroskoopi ja GPS-i, mis on kleebitud testi ajaks robotile, et leida roboti tegelik läbitud vahemaa. UV lambi tööaega mõõdetakse täislaetud akuga ja kui kõik ülejäänud funktsioonid on välja lülitatud.

2. Tasuvusarvutus

Et leida projekti kogumaksumus, tuleb kokku arvutada kõik kulud, mis kulusid roboti ümber tegemiseks. Kulude liitmisel selgub, et projekti maksumus jäi alla 65 euro, mis oli parim stsenaarium. Tulles turult saadavate seadmete peatükis esitatud hüpoteeside juurde tagasi. Hüpoteese kontrollida ei saa, kuna seade lõputöö esitamise ajaks ei teostatud kõiki teste.

KOKKUVÕTE

Lõputöö eesmärgiks oli taastada robottolmuimeja algfunktsioonid. Lõputöö üleandmisel ei suudetud robotit komponentide purunemise tõttu lõpuni konstrueerida, mistõttu roboti kõiki funktsioone testimisi ei käsitletud. Laadimisjaama funktsioone järele ei tehtud vaid vahetati akutehnoloogia NIMH-ist Li-Ion akudele ja tehti uus akupakk, et robotit peaks vähem laadima.

Lõputöö käigus analüüsiti idee mõistlikust ja võrreldi robot tolmuimejaid, mida on Eesti veebikaubamajadest saada. Töös kasutati pöördprojekteerimist, et aru saada seadme tööpõhimõtetest ja et leida uusi signaali saatmise ja vastuvõtmise võimalusi. Robotist visati välja mõned trükkplaadid ja asendati uue mikrokontrolleriga. Ainult vajalikud signaalide jaoks mõeldud trükkplaadid jäeti alles. Lisati tolmuakasti täiteandur ja märja lapi valmidus. Seadme katsetused jätkuvad ja eeldatav tulemuste esitamise aeg on töö kaitsmisel.

Lõppsõnana sooviks autor mainida, et enne kui midagi ära viskama hakatakse, tuleks hoolikalt mõelda, kas äravisatavale asjale ei saaks anda uut tööringlust, olgu see siis varuosadena või anda seade kellelegi edasi uude ringlusesse minemise eesmärgiks.

SUMMARY

This thesis provides an overview of restoring an Infinuvo Cleanmate QQ2 robot vacuum cleaners functionality that was collected from a local recycling center without the remote and the charging station. Based on the cost calculation results of the analysis, some can see whether the robot modifications to restore functionality were economically viable to make the robot compete with newer robots now available in the local Estonian market. Introductory part of the thesis gives an overview of the e-waste amount that was collected in Estonia from 2018 to 2019 and information from International Telecommunication Union on how much e-waste was produced in 2020 per capita. Introductory part also contains the description of what the thesis consists of, and the programming environments used.

During the thesis, various parts were dissected. One of the steps was analyzing the reasoning behind this thesis idea and comparing different robot vacuum cleaners available from local Estonian marketplaces. The data collected was used for budget estimation. The thesis also contains reverse engineering, which was used to analyze the schematics and to bypass unknown microchips that were present on some circuits. Furthermore, new functions were added to the robot including replacing the old charging system from NiMH to Li-ion, adding a dust bin sensor and the ability to mount a wet cloth for mopping.

Before submitting the thesis, the construction of the robot was not completed due to complications with component degregation and the robot will be finished before dissertation defense, provided new components will be found.

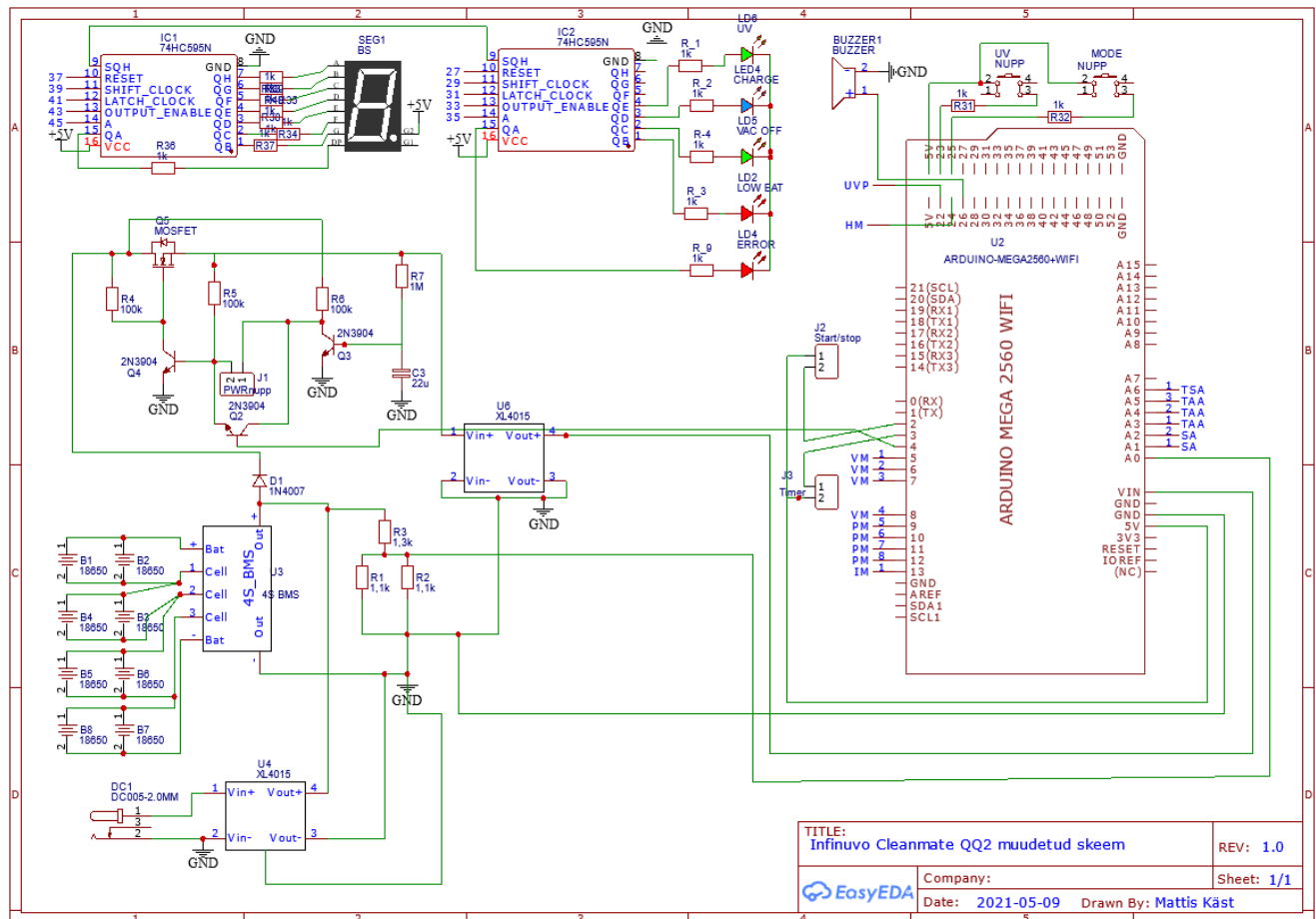
VIIDATUD ALLIKAD

- [1] „2018_2_ewc_hazard.pdf“. Vaadatud: mai 09, 2021. [Online]. Available at: https://jats.keskkonnainfo.ee/failid/2018_2_ewc_hazard.pdf
- [2] „2019_2_ewc_hazard.pdf“. Vaadatud: mai 09, 2021. [Online]. Available at: https://jats.keskkonnainfo.ee/failid/2019_2_ewc_hazard.pdf
- [3] V. Forti, C. P. Baldé, R. Kuehr, ja G. Bel, „The Global E-waste Monitor 2020“, lk 120.
- [4] „Nabíjecí stanice“, *Robotický vysavač*. https://www.roboticky-vysavac.cz/nabijeci-stanice-cleanmate?utm_source=Facebook.com&utm_medium=Referral&utm_campaign=product-share (vaadatud mai 09, 2021).
- [5] „Dálkové ovládání Cleanmate QQ-2“, *Robotický vysavač*. https://www.roboticky-vysavac.cz/dalkove-ovladani-cleanmate-qq2?utm_source=Facebook.com&utm_medium=Referral&utm_campaign=product-share (vaadatud mai 09, 2021).
- [6] „Roomba® s9+ Robot Vacuum Cleaner with Clean Base® | iRobot®“. <https://store.irobot.com/default/roomba-vacuuming-robot-vacuum-irobot-roomba-s9-plus/s955020.html> (vaadatud mai 10, 2021).
- [7] „Amazon.com - Roborock S4 Max Robot Vacuum with Lidar Navigation, 2000Pa Strong Suction, Multi-Level Mapping, Wi-Fi Connected with No-go Zones, Ideal for Carpets and Pets Robotic Vacuum -“. <https://www.amazon.com/Roborock-Navigation-Suction-Multi-Level-Connected/dp/B08CNCB44L> (vaadatud mai 10, 2021).
- [8] „Nikolina - Consumers and repair of products.pdf“. Vaadatud: mai 09, 2021. [Online]. Available at: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/640158/EPRS_BRI\(2019\)640158_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/640158/EPRS_BRI(2019)640158_EN.pdf)
- [9] „Hinnavaatlus - Suur kodutehnika / Robottolmuimejad“. Vaadatud: mai 09, 2021. [Online]. Available at: https://www.hinnavaatlus.ee/products/Suur+kodutehnika/Robottolmuimejad/?sort=min_price
- [10] „RVC201_IM_0_1_2_3.pdf“. Vaadatud: mai 09, 2021. [Online]. Available at: https://www.blaupunkt.com/uploads/tx_ddfproductsbp/RVC201_IM_0_1_2_3.pdf
- [11] „Infinuvo Cleanmate QQ2 manual“. Vaadatud: mai 09, 2021. [Online]. Available at: <https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/C13s3mjB+7S.pdf>
- [12] „205652_9302.pdf“. Vaadatud: mai 09, 2021. [Online]. Available at: https://site-static.ecovacs.com/upload/file/support/2020/02/19/205652_9302.pdf
- [13] „Robottolmuimeja Ecovacs Deebot 500EU, 110 min, must | hansapost.ee“. Vaadatud: mai 09, 2021. [Online]. Available at: https://www.hansapost.ee/et/kodu-jakook/kodumasinad/tolmuimejad/robottolmuimejad/ecovacs-vacuum-cleaner-deebot-500-eu-wa_1330c0ec/

- [14] „2009 - IPC-2152 Table of Contents.pdf“. Vaadatud: mai 10, 2021. [Online]. Available at: <https://www.ipc.org/TOC/IPC-2152.pdf>
- [15] „PCB Trace Width vs. Current Table for High Voltage Design“, *Altium*. <https://resources.altium.com/p/pcb-trace-width-vs-current-table-high-voltage-design> (vaadatud mai 10, 2021).
- [16] „PDF.pdf“. Vaadatud: mai 09, 2021. [Online]. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R0341&from=ET>
- [17] „2015 - 74HC595; 74HCT595 8-bit serial-in, serial or paral.pdf“. Vaadatud: mai 11, 2021. [Online]. Available at: <https://4donline.ihs.com/images/VipMasterIC/IC/PHGL/PHGL-S-A0000283114/PHGL-S-A0000283114-1.pdf?hkey=6D3A4C79FDBF58556ACFDE234799DDF0>
- [18] „Shift Registers - learn.sparkfun.com“. <https://learn.sparkfun.com/tutorials/shift-registers/all> (vaadatud mai 11, 2021).
- [19] „AMC34063AM pdf, AMC34063AM description, AMC34063AM datasheets, AMC34063AM view :: ALLDATASHEET“. <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/202806/ADDTEK/AMC34063AM.html> (vaadatud mai 11, 2021).
- [20] „2sb772l.pdf“. Vaadatud: mai 11, 2021. [Online]. Available at: https://alltransistors.com/adv/pdfdatasheet_utc/2sb772l.pdf
- [21] „NPN medium power transistor.pdf“. Vaadatud: mai 11, 2021. [Online]. Available at: https://alltransistors.com/adv/pdfdatasheet_st/2sd882.pdf
- [22] „2sc945.pdf“. Vaadatud: mai 11, 2021. [Online]. Available at: https://alltransistors.com/adv/pdfdatasheet_nec/2sc945.pdf
- [23] „What Is an H-Bridge?“, *Build Electronic Circuits*, dets 05, 2018. <https://www.build-electronic-circuits.com/h-bridge/> (vaadatud mai 12, 2021).
- [24] MACFOS, „IR sensor Working Principle and Applications | Robu.in“, *Robu.in | Indian Online Store | RC Hobby | Robotics*, mai 19, 2020. <https://robu.in/ir-sensor-working/> (vaadatud mai 11, 2021).
- [25] „2001 - FQP13N06L 60V LOGIC N-Channel MOSFET.pdf“. Vaadatud: mai 11, 2021. [Online]. Available at: <https://www.mouser.com/datasheet/2/149/FQP13N06L-109220.pdf>
- [26] „MSP430 Launchpad Pinout, Features, Programming & Datasheet“, *Components101*. <https://components101.com/microcontrollers/msp430-launchpad-pinout-datasheet> (vaadatud mai 11, 2021).
- [27] „MEGA+WiFi R3 ATmega2560+ESP8266, flash 32MB, USB-TTL CH340G, Micro-USB“. <https://robotdyn.com/mega-wifi-r3-atmega2560-esp8266-flash-32mb-usb-ttl-ch340g-micro-usb.html> (vaadatud mai 11, 2021).
- [28] „RaspberryPI models comparison | Comparison tables - SocialCompare“. <https://socialcompare.com/en/comparison/raspberrypi-models-comparison> (vaadatud mai 11, 2021).
- [29] „12.95€ 6% OFF|Mega2560 + WiFi R3 ATmega2560+ESP8266 32Mb memory USB TTL CH340G. Compatible for Arduino Mega NodeMCU For WeMos ESP8266[Integrated Circuits] - AliExpress“, *aliexpress.com*. https://www.aliexpress.com/item/32950536539.html?src=ibdm_d03p0558e02r02&sk=&aff_platform=&aff_trace_key=&af=&cv=&cn=&dp= (vaadatud mai 13, 2021).
- [30] „cd00000444-1795274.pdf“. Vaadatud: mai 10, 2021. [Online]. Available at: <https://www.mouser.ee/datasheet/2/389/cd00000444-1795274.pdf>
- [31] „XL4015 datasheet.pdf“. Vaadatud: mai 14, 2021. [Online]. Available at: <http://www.xlsemi.com/datasheet/XL4015%20datasheet.pdf>

- [32] „Battery Comparison of Energy Density - Cylindrical and Prismatic Cells“. <https://www.epectec.com/batteries/cell-comparison.html> (vaadatud mai 11, 2021).
- [33] „Full Text“. Vaadatud: mai 09, 2021. [Online]. Available at: <https://ieeexplore.ieee.org/ielx7/6287639/8600701/08834858.pdf>
- [34] „Charging Lithium-Ion Batteries“. https://batteryuniversity.com/learn/article/charging_lithium_ion_batteries (vaadatud mai 11, 2021).
- [35] spinningmagnets, „BMS's, what the hell do they do?“, *ElectricBike.com*, jaan 06, 2016. <https://www.electricbike.com/bmss-what-do-they-do/> (vaadatud mai 14, 2021).
- [36] „BMS-40A-4S_SGT.pdf“. Vaadatud: mai 09, 2021. [Online]. Available at: https://www.mantech.co.za/datasheets/products/BMS-40A-4S_SGT.pdf
- [37] „Pingejagur“, *Vikipeedia*. nov 15, 2017. Vaadatud: mai 09, 2021. [Online]. Available at: <https://et.wikipedia.org/w/index.php?title=Pingejagur&oldid=4816336>
- [38] „2.4. Takistite paralleelühendus“. <https://sisu.ut.ee/elektroonika/24-takistite-paralleel%C3%BChendus> (vaadatud mai 13, 2021).
- [39] „QTR-8x.pdf“. Vaadatud: mai 14, 2021. [Online]. Available at: <https://www.pololu.com/docs/pdf/0J12/QTR-8x.pdf>
- [40] „Scratch_Tutvustus.pdf“. Vaadatud: mai 13, 2021. [Online]. Available at: http://scratch.ttu.ee/failid/Scratch_Tutvustus.pdf

Lisa 1 Muudetud roboti skeem, pealeht



Lisa 2 Muudetud roboti skeem 2

