

Ron Winstén

Robottiruohonleikkuri

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinöörityö

15.11.2017

Tekijä Otsikko	Ron Winstén Robottiruohonleikkuri
Sivumäärä Aika	22 sivua + 2 liitettä 15.11.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja	Lehtori Timo Tuominen
<p>Insinööriyön tarkoituksena oli suunnitella ja rakentaa ohjausjärjestelmä robottiruohonleikkurille. Robotti rakennettiin omaan käyttöön. Työ toteutettiin valmiille Ambrogio L200-robottiruohonleikkurin rungolle, josta oli poistettu kaikki alkuperäiset ohjainlaitteet. Robotille oli tavoitteena rakentaa sekä automaattitoiminto että kauko-ohjaus.</p> <p>Ohjausjärjestelmä päätettiin rakentaa Arduino Mega 2560 mikro-ohjainalustan ympärille. Ohjausjärjestelmää varten valittiin ja hankittiin tarvittavat komponentit. Arduinolle ohjelmoitiin Random- ja Line-leikkausohjelmat. Robotti ohjelmoitiin käynnistettäväksi ja sammuttavaksi manuaalisesti latausaseman puuttumisesta johtuen.</p> <p>Robotti saatiin toimintakuntoon ja kauko-ohjaus sekä Random-leikkausohjelma saatiin toimimaan. Line-ohjelmaa ei saatu toimimaan testausvaiheessa ilmenneiden ongelmien vuoksi.</p>	
Avainsanat	robottiruohonleikkuri, Arduino, robotti

Author Title	Ron Winstén Robotic Lawn Mower
Number of Pages Date	22 pages + 2 appendices 15 November 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation Technology
Specialisation option	
Instructor	Timo Tuominen, Senior Lecturer
<p>The goal of this final year project was to design and build control system for robotic lawn mower. Robot was built for personal use. The project was made using chassis of Ambrogio L200 robotic lawn mower that had its control system already disassembled. The aim was to build automatic and remote control modes for the robot.</p> <p>Control system was built around Arduino Mega 2560 single-board microcontroller. Necessary components were chosen and acquired for the robot control system. Random and Line cutting programs were programmed for Arduino. Robot was programmed to be turned on and off manually because there was no charging station for the robot.</p> <p>Remote control mode and Random cutting program were brought into operation successfully. Line program could not be made to function properly because of problems which occurred in testing.</p>	
Keywords	robotic lawn mower, Arduino, robot

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Yleistä robottiruohonleikkureista	2
2.1	Yleistä	2
2.2	Robottiruohonleikkureiden erilaisia toimintatapoja	3
2.2.1	Random	3
2.2.2	Line	3
2.2.3	Concentric	3
2.3	Ardu mower	4
3	Laitteisto	5
3.1	Mikro-ohjainalusta	5
3.2	Moottorinohjaimet	5
3.3	Virta-anturi	6
3.4	Ultraäänianturi	7
3.5	D-SUN LM2596 24 V – 5 V DC-DC muuntaja	8
3.6	Ohjausrele	8
3.7	Kauko-ohjauslaitteisto	9
3.8	Rajakaapelin lähetin ja vastaanotin	10
3.9	Sulakerasia	13
3.10	Akku	14
3.11	Liittimet	14
4	Robotin rakentaminen	15
4.1	Robotin kasaus	15
4.2	Ohjelmointi	19
4.3	Testaus	19
5	Yhteenveto	21
	Lähteet	22

Liitteet

Liite 1. Robotin kytkentäkaavio

Liite 2. Ohjelmien toimintaperiaatteet

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella ja toteuttaa ohjausjärjestelmä sekä kauko-ohjausmahdollisuus robottiruohonleikkurille. Ensisijaisena tavoitteena on saada robotti toimimaan roboteissa yleisesti käytetyllä Random- eli sattumanvaraisella leikkaustavalla. Toissijaisena tavoitteena on kehittää robottiin muita toimintatapoja käytettävissä olevan ajan puitteissa. Työ tehdään lahjoituksena saadun Ambrogio L200-ruohonleikkurirobotin rungolle, jossa on valmiina tarvittavat moottorit, pyörät sekä leikkuri, vain ohjausjärjestelmä puuttuu. Työ on oma henkilökohtainen projekti, ja robotti tulee omaan käyttöön.

2 Yleistä robottiruohonleikkureista

2.1 Yleistä

Ensimmäinen kaupallinen robottiruohonleikkuri oli yhdysvaltalainen Mowbot, joka esiteltiin vuonna 1969 (kuva 1). Robotin hinta tuolloin oli 795 dollaria, joka on inflaatioon suhteutettuna nykyrahassa noin 5 000 euroa, mistä johtuen robotti oli liian kallis suurimalle osalle ihmisistä, joten robotit eivät vielä yleistyneet. Leikkurin toimintaperiaate oli kuitenkin hyvin samankaltainen kuin useimpien nykyistenkin tuotteiden.



Kuva 1. Mowbot robottiruohonleikkuri oheislaitteineen. [1.]

Robottiruohonleikkurit yleistyivät kuitenkin vasta 2010-luvulla, kun akkutekniikka oli kehittynyt tarpeeksi, jotta pystyttiin valmistamaan tarpeeksi kevyitä akkuja riittävän kustannustehokkaaseen hintaan. Aikaisemmin käytetyt lyijyakut olivat melko painavia suhteutettuna robotin painoon, mikä osaltaan lyhensi robotin toiminta-aikaa. Suurinta osaa leikkureista pystytään myös ohjaamaan älypuhelimien avulla. Nykyisin erinäisiä robottiruohonleikkurien valmistajia on kymmeniä, suurimmista mainittakoon Ambrogio, Bosch, Husqvarna, Gardena, Robomow. Robottien hinnat asettuvat 500–3 500 euron välille. [1; 2; 3.]

2.2 Robottiruohonleikkureiden erilaisia toimintatapoja

2.2.1 Random

Random eli sattumanvaraisessa leikkaustavassa leikkuualue rajataan kaapelilla, jonka kohdatessaan robotti kääntyy yleensä 90–150° oikealle tai vasemmalle ja näin ollen kulkee leikkuualueella sattumanvaraisesti leikaten. Tämänkaltaisella periaatteella toimivilta leikkureilta jää helposti pieniä siivuja leikkaamatta ja ongelman korjaamiseen onkin käytetty osassa uudemmissa roboteista antureita, jotka tunnistavat korkeaksi jääneen ruohon ja leikkaavat kohdan ympäriltä spiraalimaisesti ympyrän muotoisen pinta-alaltaan 1–2m²:n kokoisen alueen. Osassa leikkureita on saatavana lisävarusteena kauko-ohjain, jonka avulla käyttäjä voi manuaalisesti leikata robotilta leikkaamatta jääneet alueet. [3.]

2.2.2 Line

Line-leikkaustavassa leikkuualue rajataan kaapelilla, jonka kohdatessaan robotti kääntyy takaisin tulosuuntaan suuntaan siirtyen samalla leikkuuleveyden verran vuorotellen joko oikealle tai vasemmalle. Näin alue tulee leikattua rivi riviltä järjestelmällisesti ja tehokkaasti. Robotin täytyy tuntea jatkuvasti sijaintinsa leikkuualueella, jotta se pystyy palaamaan sijaintiinsa latauksen jälkeen. Ohjauspiirin monimutkaisempi rakenne kuitenkin tekee robotista kalliimman valmistaa, mistä johtuen leikkuutapaa ei käytetä edullisimmissa roboteissa. [4.]

2.2.3 Concentric

Concentric- eli samankeskiisessä leikkaustavassa robotti seuraa alkuun leikkuualueen rajaavaa kaapelia yhden kierroksen verran, jonka aikana robotti tallentaa muistiin leikkuualueen muodon ja mitat. Seuraavaksi robotti laskee kuljetun reitin perusteella saman muotoisen, mutta säteeltään leikkuuleveyden verran pienemmän alueen, jonka rajaa seuraten robotti kulkee seuraavaksi. Robotti jatkaa tätä siirtyen aina sisemmälle, kunnes robotti on alueen keskellä, jolloin koko alue on leikattu. Tällä hetkellä kyseistä leikkuukuviota ei käytetä yhdessäkään kaupallisessa robotissa. [5.]

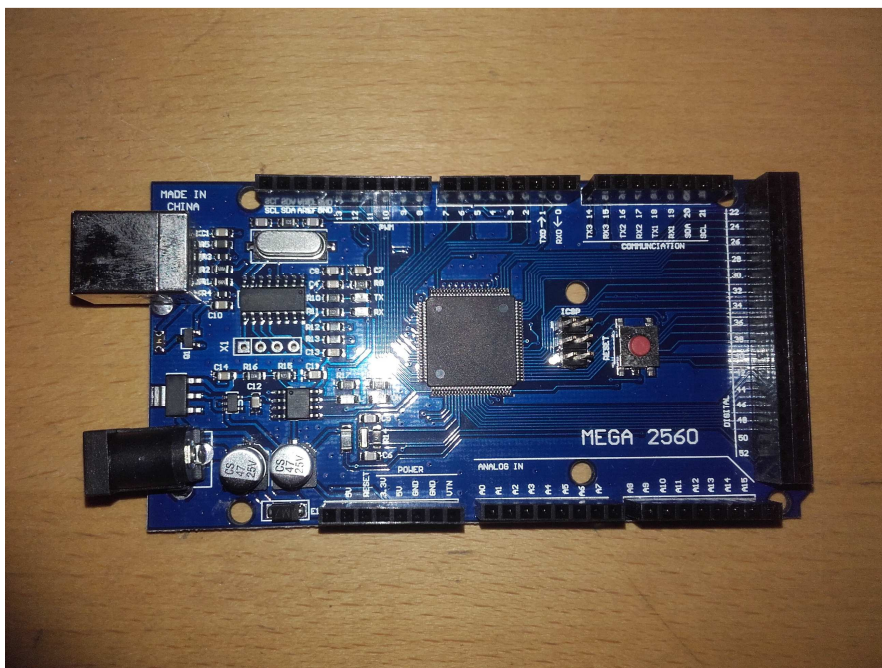
2.3 Ardumower

Ardumower on avoimeen lähdekoodiin perustuva tee-se-itse-robotiruohonleikkuriprojekti. Projektin ideana on tarjota pohja robottileikkurille, jota rakentaja voi muokata ja soveltaa mielensä mukaan. Projektin verkkokaupasta on mahdollista ostaa kaikki robotin rakentamiseen tarvittavat komponentit erikseen. Projektista on myös paljon rakentajien tekemiä muunnelmia, ja projektin tarkoitus onkin, että käyttäjät jakaisivat suunnittelemiensa robottien ohjeita myös muille. Projektin foorumeilla käyttäjät voivat esitellä ideoitaan ja parannuksia robotteihin. [6.]

3 Laitteisto

3.1 Mikro-ohjainalusta

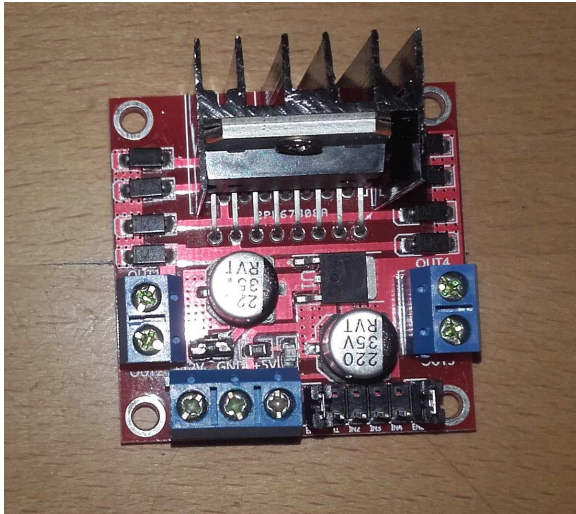
Robotti rakennettiin Arduino Mega 2560-mikro-ohjainalustan ympärille. Alusta valittiin sen suuren liitännämäärän ansiosta, jotta ohjauspiiriin pystytään halutessa lisäämään jälkikäteen komponentteja ilman ohjainalustan vaihtoa. Arduino Mega 2560 on edullinen avoimeen laitteistoon perustuva mikro-ohjainalusta, jonka toiminta perustuu ATmega2560-mikro-ohjaimen (kuva 2). [7.]



Kuva 2. Arduino Mega 2560-mikro-ohjainalusta.

3.2 Moottorinohjaimet

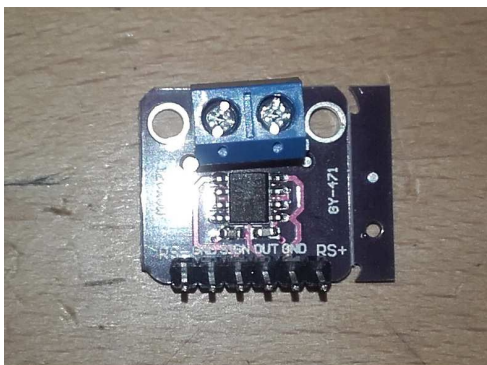
Työssä käytettiin L298N-mikropiiriin perustuvia moottorinohjainpiirejä (kuva 3), joilla pystytään ohjaamaan enintään kahden moottorin nopeutta sekä pyörimissuuntaa. Ohjainpiiri soveltuu käytettäväksi käyttöjännitteeltään 5–35 V:n välille asetettujen moottoreiden kanssa. Virrankesto on 2 A, joka on riittävä robotin kaikille moottoreille. Piirilevyssä on myös regulaattori, jonka avulla piirilevystä saadaan 5 V:n ohjausjännitteen ulostulo, mikäli käyttöjännite on 12 V. Tässä työssä kyseistä ulostuloa ei kuitenkaan pystytä käyttämään suuremman käyttöjännitteen vuoksi. [8.]



Kuva 3. L298N-moottorinohjain.

3.3 Virta-anturi

Robottissa käytettiin kahta GY-471-tyyppistä virta-anturia (kuva 4). Robotin molempien renkaiden moottorinohjainten syöttöjännite tuotiin oman virta-anturinsa läpi. Virta-anturi kehittää jännitesignaalin, jonka jännite on yhtä suuri kuin anturin läpi kulkeva virta ampeereina. Virta-anturin avulla pystytään havaitsemaan, mikäli robotti törmää esteeseen, jolloin robotin pyörien moottoreiden virta nousee välittömästi. [9.]



Kuva 4. GY-471-virta-anturi.

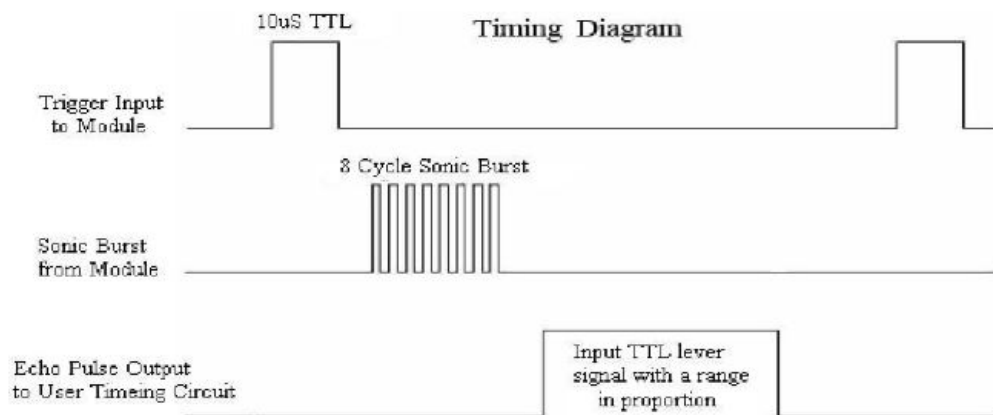
3.4 Ultraäänianturi

Robottiin asennettiin HC-SR04-mallinen ultraäänianturi (kuva 5) vaihtoehdoksi virta-anturien käytölle robotin reitille osuvien esteiden tunnistamisessa.



Kuva 5. HC-SR04-ultraäänianturi.

Anturi pystyy havaitsemaan edessä olevat esteet jopa 4 metrin päästä. Anturi toimii siten, että sille annetaan trigger-nastaa 10 μ s:n pituinen jännitepulssi, jonka jälkeen anturi lähettää 8 jakson pituisen taajuudeltaan 40 kHz:n ultraäänien, joka heijastuu esteestä takaisin anturiin, jolloin anturi antaa echo-nastasta jännitepulssin ulos (kuva 6). [10.]



Kuva 6. Aikakaavio ultraäänianturin toiminnasta. [10.]

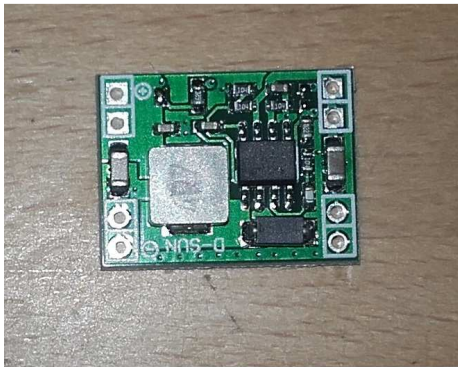
Etäisyys esteeseen saadaan laskettua kaavalla:

$$d(cm) = \frac{t(\mu s)}{59}$$

jossa d on etäisyys esteeseen, t on aika trigger-nastaan syötetyn jännitepulssin ja echo nastasta saadun jännitepulssin välillä.

3.5 D-SUN LM2596 24 V – 5 V DC-DC-muuntaja

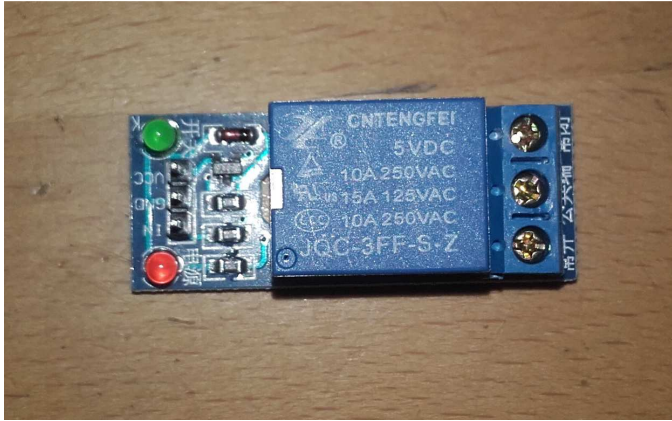
Robotissa käytettiin LM2596-jänniteregulaattoriin perustuvaa DC-DC-muuntajaa (kuva 7), jonka avulla saadaan muunnettua akkujännite 24 V:n ohjauspiirin vaatimaksi 5 V:n jännitteeksi. Regulaattorin virrankesto on 3 A, ja se pystyy muuntamaan enintään 28 V:n jännitteen 5 V:ksi.



Kuva 7. 24 V – 5 V DC-DC-muuntaja.

3.6 Ohjausrele

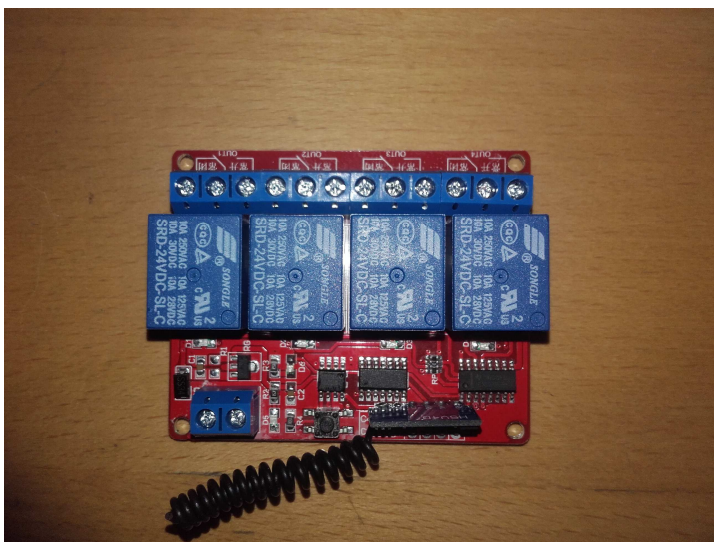
Robotissa jouduttiin käyttämään käytettiin ohjausrelettä (kuva 8), sillä virtalukon virrankesto ei ollut riittävä, jotta kaikkien moottoreiden virta olisi voinut kulkea sen lävitse. Moottoreiden jännitteensyöttö haluttiin kuitenkin pystyä katkaisemaan luotettavasti virtalukosta. Ohjausrele on vetäneenä silloin kun joko automaatti- tai käsiohjauspiiriin on kytketty 5 V:n jännite.



Kuva 8. Ohjausrele.

3.7 Kauko-ohjauslaitteisto

Kauko-ohjainlaitteena käytettiin nelikanavaista kauko-ohjattavaa relemoduulia (kuva 9). Releiden sisääntuloon yhdistettiin 5 V:n ohjausjännite ja releiden ulostulot yhdistettiin suoraan moottorinohjaimien ohjausnastoihin. Kauko-ohjaus voidaan kytkeä päälle robotissa olevasta vipukytkimestä, jolloin Arduinolta katkeaa jännitteensyöttö ja kauko-ohjattavalle relekytkentälevylle kytkeytyy jännite.



Kuva 9. Kauko-ohjaimen vastaanotinmoduuli.

Kauko-ohjaimessa (kuva 10) on neljä eri toimintoa: eteen, taakse, kääntyminen vasemmalle sekä kääntyminen oikealle.

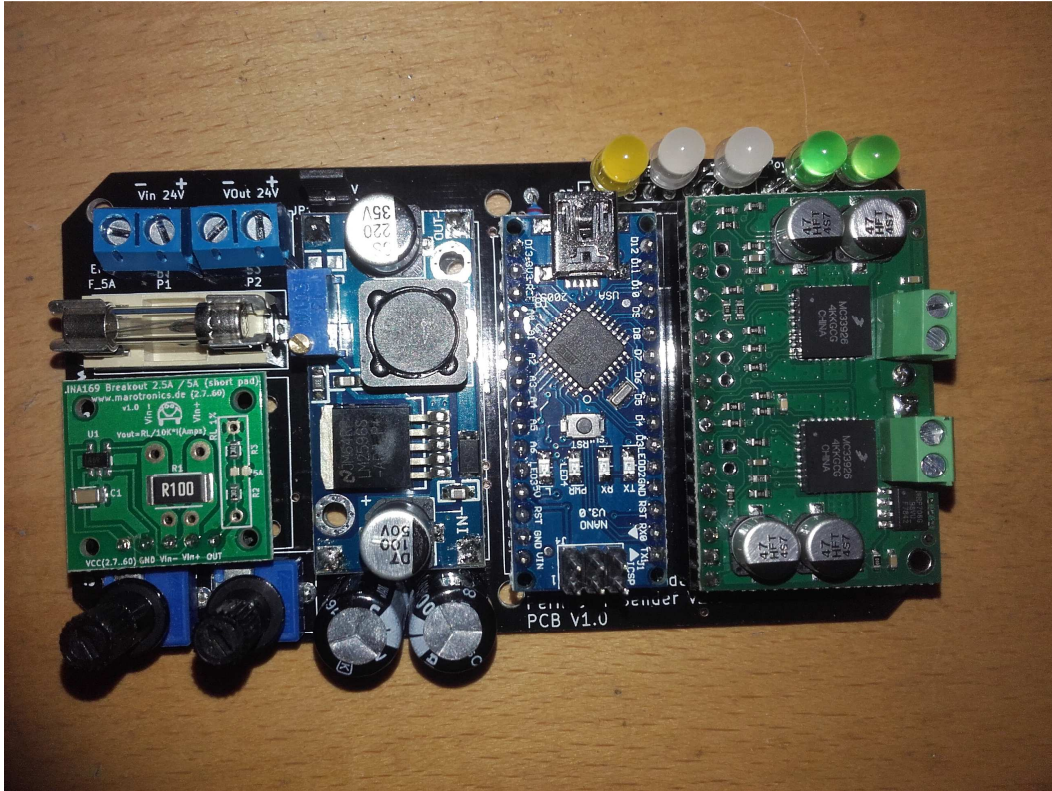


Kuva 10. Kauko-ohjain.

3.8 Rajakaapelin lähetin ja vastaanotin

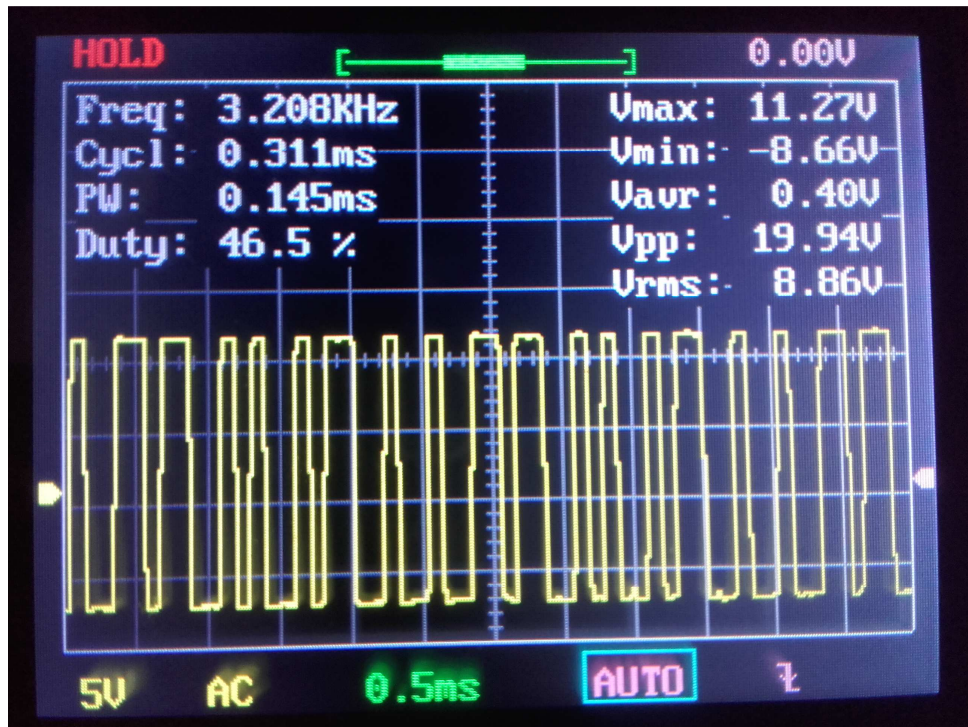
Koska robotin alkuperäistä rajakaapelitarvikkeita ei ollut tallella, työssä päädyttiin käyttämään rajakaapelin osalta Ardumower-projektin mukaisia komponentteja. Tarvikkeet tulevat rakennussarjana, joka täytyy kasata itse valmiiden piirustusten mukaan. Lähetin (kuva 11) koostuu neljästä eri pääkomponentista:

- Arduino Nano-mikro-ohjainlustasta
- Pololu Dual MC33926-moottorinohjainpiiristä
- INA 169-virta-anturista
- LM2596 Step-down-muuntajasta.



Kuva 11. Rajakaapelin lähetinyksikkö.

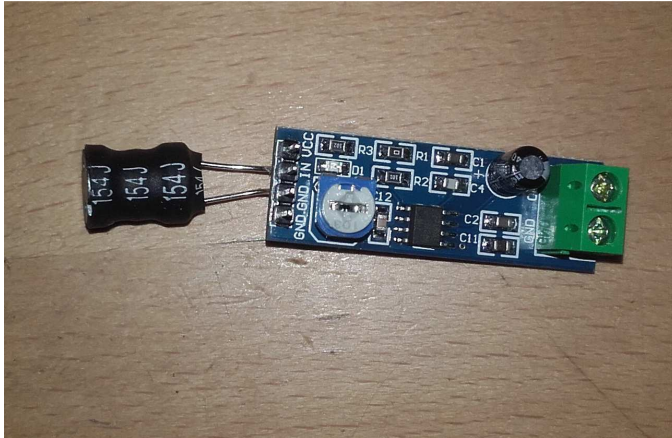
Lähetin tuottaa noin 3 kHz:n taajuista muodoltaan kantiaaltoista signaalia Arduino Nanon avulla (kuva 12). Signaali on muodoltaan jaksoittaista koodia, jonka avulla vastaanottimen signaalista pystytään tarvittaessa päättelemään onko robotti alueen sisä- vai ulkopuolella. Signaalin avulla robotti voidaan myös ohjelmoida seuraamaan rajakaapelia pitkin takaisin latausasemalle.



Kuva 12. Lähettimen tuottama signaali oskilloskoopilla tarkasteltuna.

Lähettimen signaali vahvistetaan käyttäen moottorinohjainta, jonka ulostuloon on liitetty rajakaapeli. Rajakaapeliin kanssa kytketään sarjaan 10 Ω :n vastus ja jännite säädetään kaapelin pituuden mukaan välille 6–12 V siten, että kaapelissa kulkeva virta on noin 1 A. Rajakaapelin kokonaispituus tulisi olla 20–450 m.

Vastaanottimena robotissa toimii robotin eteen keskelle sijoitettu kela, joka on suoraan liitetty operaatiovahvistimeen (kuva 13). Operaatiovahvistin on yhdistetty Arduinoon, jossa ohjelma tunnistaa signaalin ja päättelee sen perusteella, onko robotti alueen sisä- vai ulkopuolella.



Kuva 13. Raja-alue-signaalin vastaanotin.

Latausaseman puutteen vuoksi signaali kuitenkin toistaiseksi tasasuunnattin operaatiovahvistimen ja Arduinon välillä kahden diodin avulla, sillä tietoa onko robotti rajakaapelin ulko- vai sisäpuolella, tarvitaan välttämättä ainoastaan, kun robotti seuraa rajakaapelia päästäkseen latausasemalle. Ratkaisulla välttyttiin vastaanottimen signaalin prosessointiin vaadittavan monimutkaisen aliohjelman tekemiseltä, sillä rajakaapelinsarjaan kanssa käytettäväksi tarkoitettu Ardumower-projektin ohjelma ei olisi ollut soveltuva muun ohjausjärjestelmän ratkaisujen erilaisuudesta johtuen. [11.]

3.9 Sulakerasia

Robottiin asennettiin neljäpaikkainen sulakerasia (kuva 14) suojamaan moottorinohjaimia sekä kaapelointia liian suurilta virroilta. Kaikille kolmelle moottorille vietiin jännitteensyöttö oman 3 A:n sulakkeen kautta ja yksi sulakepaikka varattiin 10 A:n pääsulakkeelle, jonka läpi kaikki robotin käyttämä virta kulkee.



Kuva 14. Sulakerasia.

3.10 Akku

Työssä käytettiin robotin alkuperäistä litiumioniakkua, joka on nimellisjänniteeltään 25,2 V ja kapasiteetiltaan 6,9 Ah (kuva 15). Robotti pystyy akun avulla toimimaan latausten välillä n. 1–2 tuntia.



Kuva 15. Robotissa käytetty akku.

3.11 Liittimet

Johtimien yhdistämisessä käytettiin 5 paikkaisia Wago-vipurasiiliittimiä (kuva 16), joista on tarvittaessa helppo irroittaa yksittäisiä johtimia.



Kuva 16. Wago-vipurasiiliitin.

4 Robotin rakentaminen

4.1 Robotin kasaus

Robotin rakentaminen aloitettiin ohjauspaneelista (kuva 17), jossa sijaitsee robotin alkuperäisestä ohjauspiiristä jäänyt näppäimistö. Näppäimistöstä otettiin start- ja stop-näppäimet käyttöön. Näppäimet johdotettiin normaalista asennustavasta poiketen yhdistämään Arduinolle menevä johdin maihin, kun nappia painetaan johtuen Arduinon toimintavasta, joka vaatii painonappien kohdalla kyseisen kytkentätavan. Ulkopuolelle paneeliin asennettiin virtalukko, hätäseis-painike sekä vipukytkin, jolla valitaan käytetäänkö automaatti vai kauko-ohjaustoimintoa. Robotin alkuperäinen sadetunnistin jätettiin ohjauspaneeliin, vaikka sitä ei toistaiseksi otettu käyttöön.



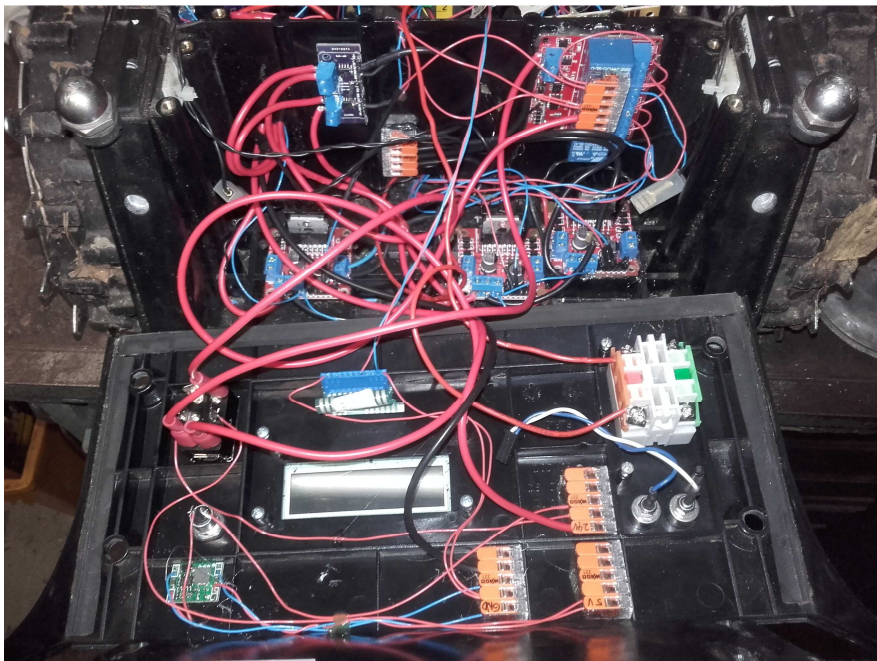
Kuva 17. Robotin ohjauspaneeli.

Vipukytkimeksi valikoitui kaksikoskettiminen vaihtokytkin, sillä kytkimellä täytyi katkoa 24 V:n jännitteensyöttöä kauko-ohjainlaitteistolle sekä 5 V:n jännitteensyöttöä Arduinolle, joten yksikoskettimisen kytkimen käyttö ei olisi ollut mahdollista kahdesta erisuuruudesta potentiaalista johtuen. Hätäseis-painike asennettiin katkaisemaan yhteys akun 24 V:n navan ja pääsulakkeen väliltä. Virtalukko asennettiin katkaisemaan 5 V:n

muuntajan jännitteensyöttö. Paneelin sisäpuolelle asennettiin 5 V:n muuntaja heti virtalukon läheisyyteen.

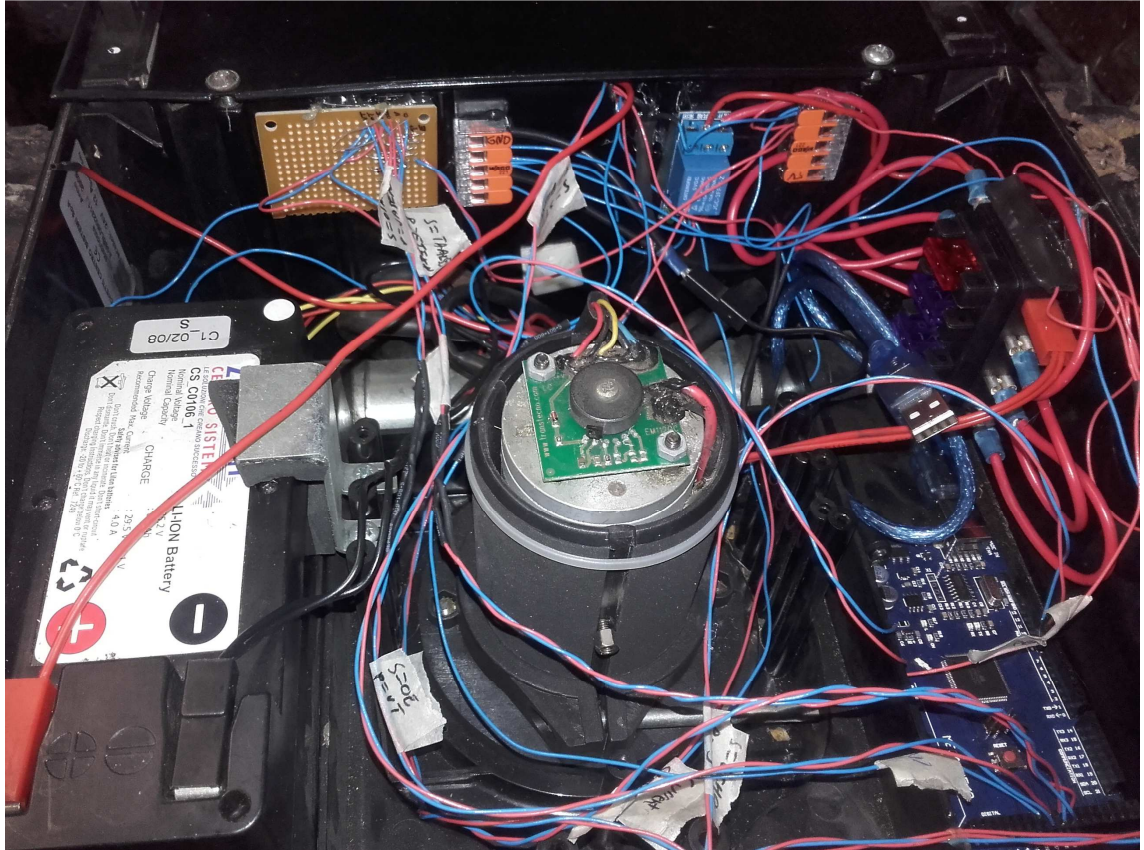
Itse varsinaisen robotin puolella rakentaminen aloitettiin suunnittelemalla jokaiselle piirilevylle sopiva sijainti, jotta kaikki mahtuisivat tarkoituksenmukaisiin paikkoihin ja erityisesti 24 V:n johdotuksen pituus jäisi mahdollisimman pieneksi. Komponenteista Moottorinohjaimet, virta-anturit sekä kauko-ohjauslaitteisto päädyttiin sijoittamaan robotin ohjainlaitteille varattuun tilaan (kuva 18). Robottiin sijoitettiin 7 kappaletta vipurasialiittimiä:

- 3 kpl maadoitukselle, yksi jokaiseen tilaan
- 1 kpl 24 V:n jännitteelle ohjauspaneelin taakse
- 1 kpl 5 V:n jännitteelle ohjauspaneelin taakse
- 1 kpl kauko-ohjauspiirin 5 V:n jännitteelle kauko-ohjaimen vastaanottimen päälle
- 1 kpl automaattiohjauspiirin 5 V:n jännitteelle robotin moottoritilaan



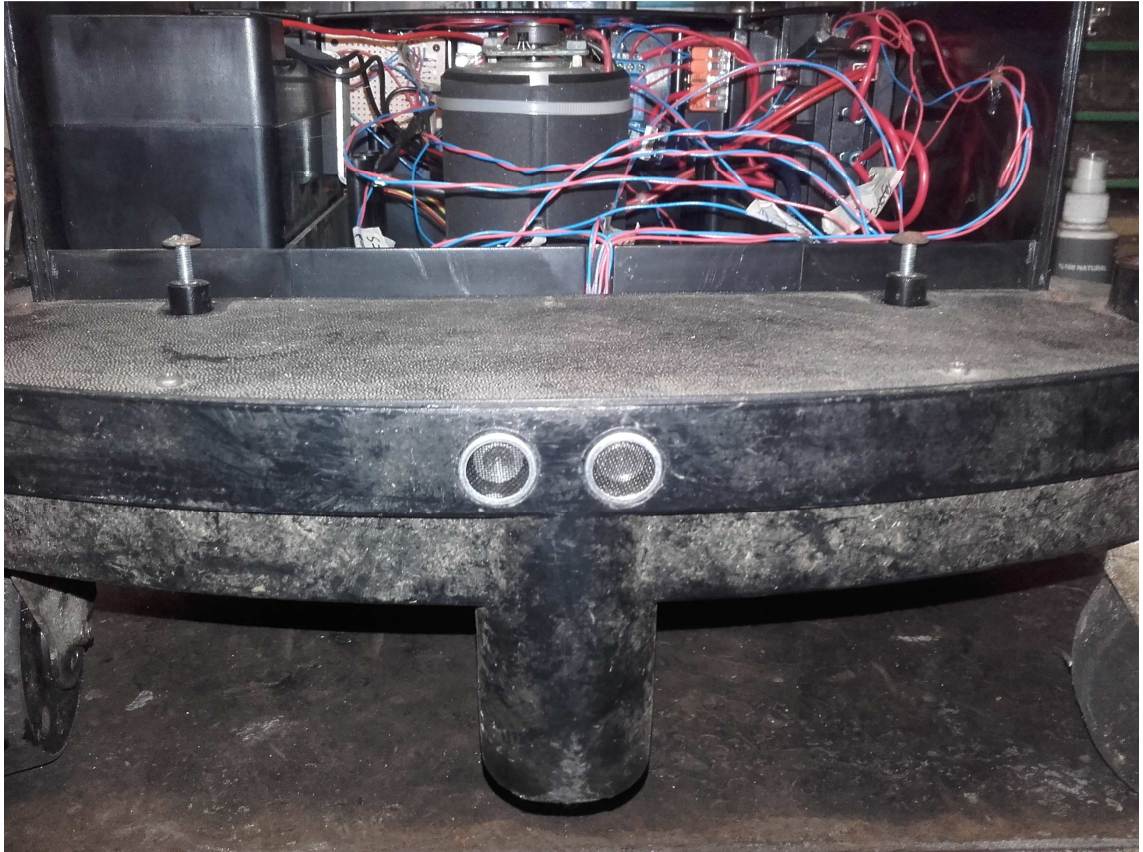
Kuva 18. Robotin ohjauslaitteille varattu tila sekä ohjauspaneelin taustapuoli.

Arduino, ohjausrele sekä sulakerasia asennettiin robotin moottoreiden kanssa samaan tilaan (kuva 19), jotta näihin komponentteihin pääsisi helpommin käsiksi myös jälkikäteen ilman useiden kansien irrottamista. Samassa tilassa on sijoitettuna myös robotin akku.



Kuva 19. Robotin moottoritila.

Ultraäänianturi sekä raja-alue-tunnistin sijoitettiin robotin keulaan puskurin sisälle (kuva 20). Tunnistimen kela sijoitettiin robotin alkuperäisen tunnistinkelan paikalle kuvassa näkyvään tarkoitusta varten tehtyyn putkeen, joka johtaa noin 2–3 cm:n korkeudelle maanpinnasta, jolloin kelaan indusoituva signaali on mahdollisimman voimakas.



Kuva 20. Ultraäänianturin ja raja-alue-tunnistimen sijainti robotissa.

Robotin rungossa ei juurikaan ollut valmiita kiinnityspaikkoja, joita olisi voitu käyttää komponenttien kiinnityksessä, joten työssä päädyttiin kiinnittämään piirilevyt sekä muut komponentit robotin runkoon kuumaliiman avulla. Näin kiinnitettynä komponentit ovat erittäin tukevasti kiinni, mutta tarvittaessa irroitettavissa kohtuullisella vääntövoimalla rikkomatta mitään.

Johdotuksessa käytettiin poikkipinta-alaltaan $0,6 \text{ mm}^2$ paksua yksisäikeistä parikaapelia 5 V:n ohjausjännitteen osalta. 24 V:n johdotuksessa käytettiin poikkipinta-alaltaan 1 mm^2 paksua autokäyttöön tarkoitettua monisäikeistä kaapelia. Liitteestä 1 voidaan nähdä robotin kytkentäkaavio. Kaikkiin 5 V:n johtimiin, jotka jakoivat määränpään jonkin muun johtimen kanssa juotettiin 1N4148-tyyppiset diodit väliin estämään jännitteen pääsy automaattiohjauspiiristä käsiohjauspiiriin tai päinvastoin, koska tämä olisi johtanut toimintahäiriöihin.

4.2 Ohjelmointi

Robotin ohjelmointi toteutettiin Arduino-ohjelmalla, jossa ohjelmointi tehdään käyttämällä Arduinon omaa ohjelmointikieltä, joka perustuu ohjelmointikieliin C ja C++. Robotille tehtiin kaksi erillistä ohjelmaa Random- ja Line-leikkaustavoille. Lohkokaavioista (liite 2) voidaan nähdä ohjelmien toimintaperiaatteet. Ultraäänianturi ohjelmoitiin toimimaan niin, että mikäli anturi havaitsee esteen 5 cm:n päässä, robotti kääntyy samalla tavalla kuin rajakaapelin kohdatessaan. Koska robottiin ei ollut latausasemaa, ohjelmoitiin robotin toiminnan aloitus siten, että se laitetaan ennen leikkauksen aloittamista leikkuualueelle, missä painetaan start-nappia ja robotin saavutettua halutun leikkaustuloksen painetaan stop-nappia robotin pysäyttämiseksi.

4.3 Testaus

Robotin testaus (kuva 21) aloitettiin kokeilemalla kauko-ohjausmoodia. Alkuun robotti ei tuntunut tottelevan ohjausta kunnolla vaan se liikkui pätkittäin. Ongelman syy löytyi kuitenkin melko nopeasti, sillä huomattiin, että Arduinoon syttyi samanaikaisesti valo, vaikka automaattiohjauspiiri olisi pitänyt olla jännitteetön. Ongelma johtui Arduinon ja moottorinohjaimen väliltä puuttuvasta diodista, jonka takia kauko-ohjauspiiriin jännite pääsi Arduinoon ja aiheutti siten toimintahäiriöitä. Diodin lisäämisen jälkeen käsiohjaus tuli täysin toimintakuntoiseksi, vaikkakaan varsinaista ruohonleikkausta ei päästy enää myöhäisen vuodenajan takia kokeilemaan.

Seuraavaksi testattiin rajakaapelin toimintaa. Testaus aloitettiin kytkemällä rajakaapeliksi 3 m pitkä johdin ja viemällä se vastaanottimen kelan lähelle, jotta pystyttiin toteamaan vastaanottimen toiminta oskilloskoopin avulla. Lähetintä kokeiltiin erisuuruisilla virroilla ja todettiin, että virran on oltava vähintään 0,5 A, jotta signaali on riittävän vahva, että siitä saadaan luotettava tieto rajakaapelin lähestymisestä. Seuraavaksi maahan asennettiin robotin testausta varten kaapeli rajaamaan pinta-alaltaan noin 20 m²:n kokoinen alue. Robottia kanssa kokeiltiin alkuun Random-ohjelmaa, joka toimi pääpiirteittäin niin kuin pitikin, joskin kääntymisaikaa täytyi alkuun hieman säätää, jotta robotti kääntyisi aina rajakaapelin kohdatessaan noin 90–120°.

Robotilla oli alkuun epäsäännöllisesti ongelmia rajakaapelin tunnistamisen kanssa. Joillakin kerroilla robotti ei havainnut ollenkaan rajakaapelia ja jatkoi matkaansa suoraan sen yli, kun taas välillä robotti haivaitsi kaapelin, mutta liian myöhään. Raja-alue-signaalin vastaanottimen potentiometrillä Arduinolle lähtevää signaalia tämä ongelma kuitenkin korjaantui. Robotilla haivaittiin myös tietyissä kohdissa olevan ongelmia päästä pois rajakaapelin läheisyydestä. Robotti jatkoi kääntymistä paikallaan useita kertoja ennen kuin pääsi pois. Tämän ongelman aiheuttajaksi paljastui kuitenkin ohjelmallinen syy, sillä kun robotti oli aloittanut kääntymisen, jäi rajakaapelin tunnistukseen käytetyn muuttujan arvo voimaan, eikä robotti aina ehtinyt lukea uutta arvoa ennen kuin kääntymistoiminto käynnistyi jo uudelleen. Ongelma korjaantui asettamalla kyseisen muuttujan arvo nolaksi robotin aloitettua kääntymisen.

Line-ohjelman käyttö ei kuitenkaan onnistunut, koska robottia testatessa huomattiin, että robotti ei kulkenut täysin suoraan, mikä olisi ollut välttämätöntä ohjelman toiminnan kannalta. Sen sijaan Random-ohjelman toiminnan kannalta ei robotin kulkulinjalla ollut suurta merkitystä.



Kuva 21. Robotti testiajossa

5 Yhteenveto

Insinöötyön ensisijaisena tavoiteena oli suunnitella ja rakentaa ohjausjärjestelmä robottiruohonleikkurille. Suunnittelu onnistui ja robotti saatiin toimimaan sekä Random-automaattitoiminnolla että kauko-ohjauksella. Toissijaisena tavoitteena oli kehittää robottiin muita toimintatapoja. Robotille kehitettiin ohjelma Line-leikkaustavalle, mutta robottia testatessa todettiin, ettei robotti kulje täysin suoraan, mutta ohjelma saataneen toimintakuntoon, mikäli moottorien pyörimisnopeudet saadaan säädettyä yhtä suuriksi.

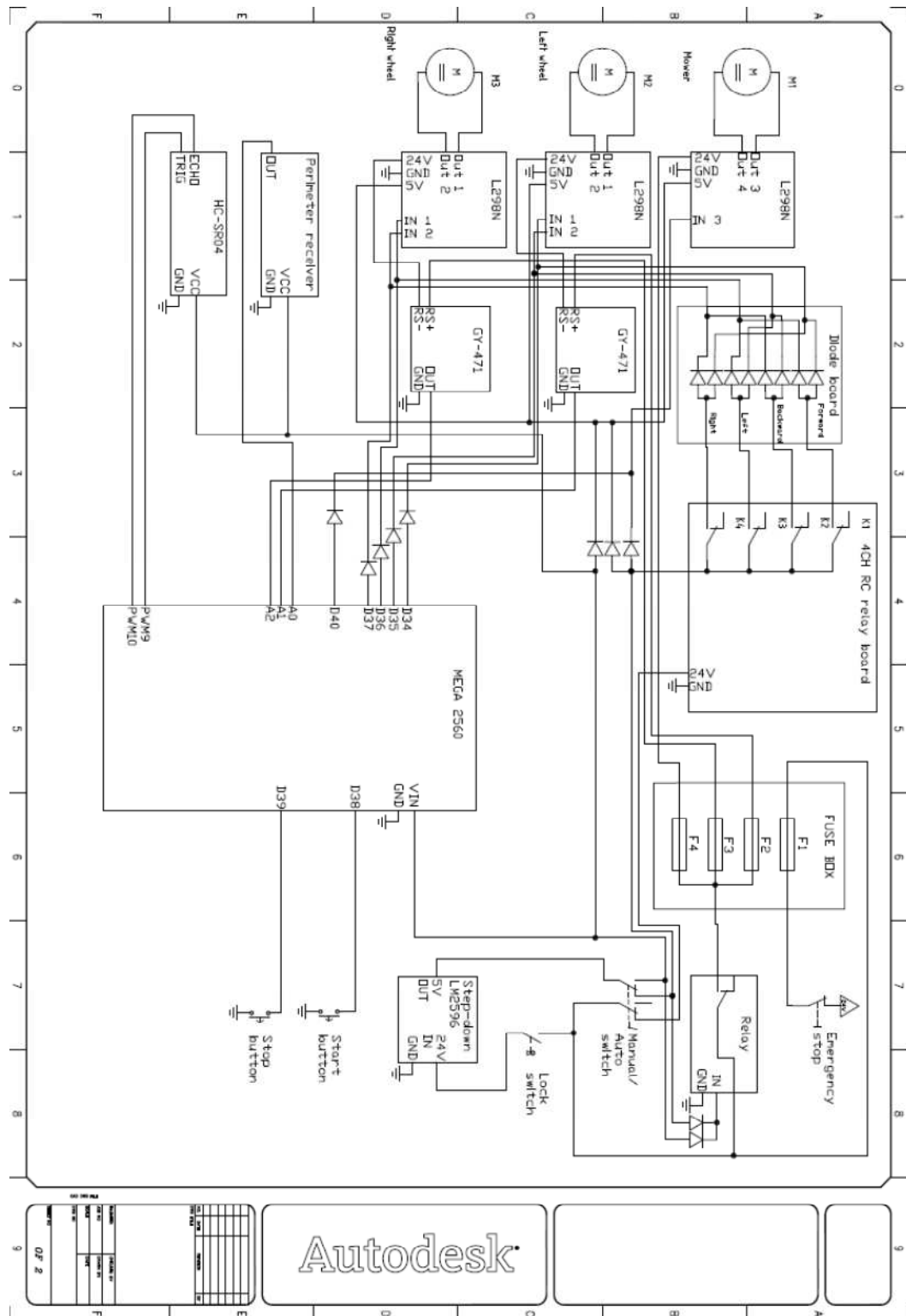
Robotin leikkaustulosta ei pystytty myöhäisen vuodenajan vuoksi enää testaamaan, joten tältä osin robottia saatetaan joutua vielä säätämään. Insinööryön tarkoituksena olikin tehdä robotti, jonka toimintaa pystytään helposti jälkikäteen muokkaamaan ja johon voidaan tulevaisuudessa ohjelmoida uusia toimintoja sekä asentaa tarvittavia lisäkomponentteja käyttökokemuksen perusteella.

Robottiin on tarkoitus vielä ennen varsinaista käyttöönottoa asentaa turvajärjestelmä, joka katkaisee jännitteen moottoreilta, mikäli robotti kaatuu tai sitä nostetaan. Tulevaisuudessa on tarkoituksena selvittää mahdollisuutta tallentaa robotin muistiin reitti kauko-ohjauksen avulla sekä myös muita älykkäitä navigointitapoja.

Lähteet

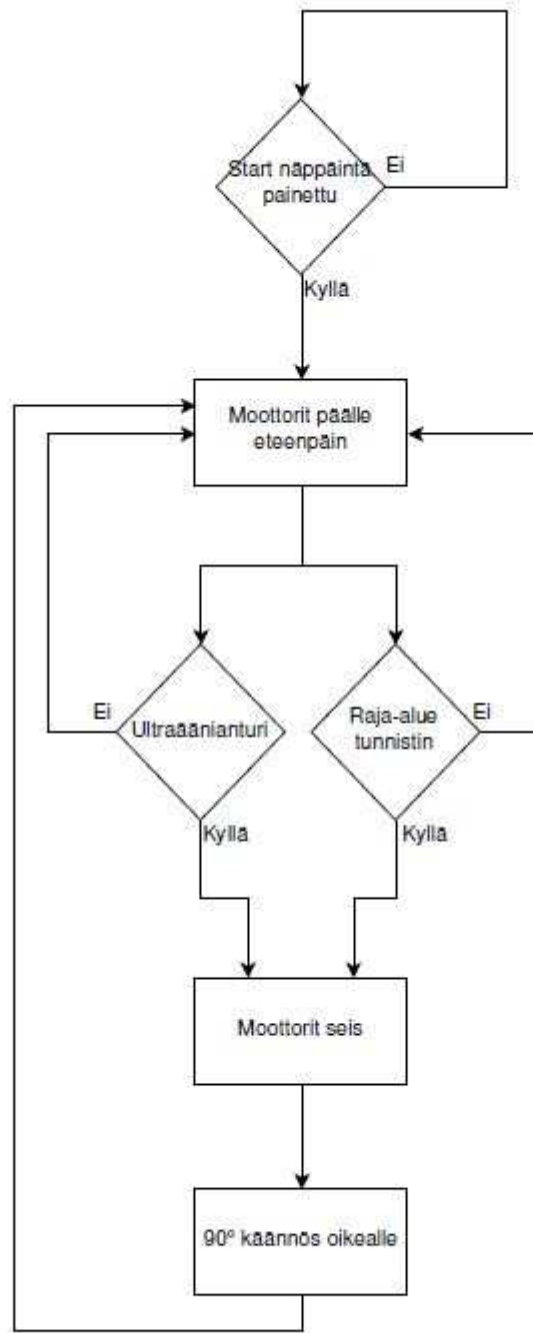
- 1 Hand, Jackson 1969: New Robot Lawn Mower. Popular Science 1/1969, s. 136–138.
- 2 Hilpern, Kate 2017. 9 best robot lawnmowers. Verkkoaineisto. Independent. <<http://www.independent.co.uk/extras/indybest/house-garden/gardening/best-robot-lawn-mowers-review-uk-value-budget-rated-a7672036.html>>. 8.9.2017. Luettu 11.11.2017
- 3 Best Robot Lawn Mower. Verkkoaineisto. Chainsaw Journal. <<http://www.chainsawjournal.com/best-robot-lawn-mower/>>. 5.3.2017. Luettu 10.11.2017.
- 4 Bosch Indego (video). Verkkoaineisto. Robot center. <https://www.youtube.com/watch?time_continue=6&v=8Efs4FSWiJY >. 15.8.2012 Katsottu 10.11.2017
- 5 Patentti. US, A, 5204814, Mobot, Inc. 20.4.1993.
- 6 Ardumower – Do-It-Yourself robot lawn mower project. Verkkoaineisto. Ardumower. <<http://www.ardumower.de/index.php/en/>>. 4.1.2012. Luettu 10.10.2017.
- 7 Arduino Mega 2560 Datasheet. Verkkoaineisto. Robotshop. <<http://www.robotshop.com/media/files/pdf/arduinomega2560datasheet.pdf>>. Luettu 10.11.2017
- 8 Boxall, John 2014. Tutorial – L298N Dual Motor Controller Module 2A and Arduino. Verkkoaineisto. Tronixlabs. <<https://tronixlabs.com.au/news/tutorial-l298n-dual-motor-controller-module-2a-and-arduino>>. 22.11.2014. Luettu 9.11.2017.
- 9 Hobby Components forum –keskustelupalsta. MAX471 GY-471 3 A Current Sensor Module (HCSSENS0041). Verkkoaineisto. Hobby Components Ltd. <<http://hobbycomponents.com/sensors/900-max471-gy-471-3a-current-sensor-module>>. Luettu 14.11.2017.
- 10 Ultrasonic Ranging Module HC – SR04. Verkkoaineisto. Elec Freaks. <<http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf>>. Luettu 13.11.2017.
- 11 Perimeter Sender (English). Verkkoaineisto. Ardumower Wiki. <[http://wiki.ardumower.de/index.php?title=Perimeter_sender_\(English\)](http://wiki.ardumower.de/index.php?title=Perimeter_sender_(English))>. Luettu 12.11.2017.

Robotin kytkentäkaavio

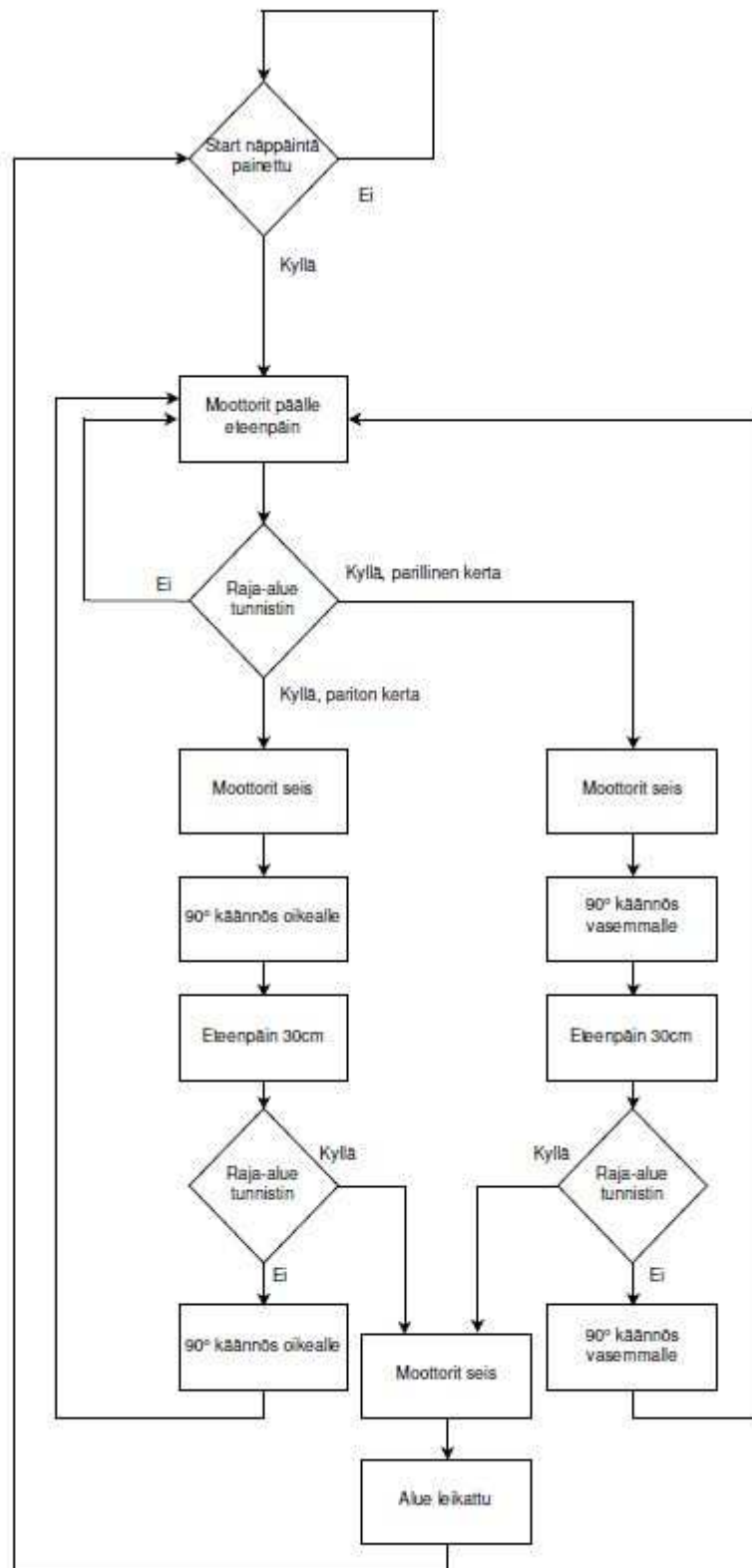


Kuva 1. Robotin kytkentäkaavio

Ohjelmien toimintaperiaatteet



Kuva 1. Random-ohjelman toimintaperiaate



Kuva 2. Line-ohjelman toimintaperiaate