



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND

Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

EE40LT

**JUHTMEVABA HAAGISETULEDE
JUHTIMISSÜSTEEM**

WIRELESS TRAILER TAIL LIGHTS SYSTEM

BAKALAUREUSETÖÖ

Üliõpilane: Talis Tamm

Üliõpilaskood: 134794MAHB

Juhendaja: Marek Jarkovoi

Tallinn, 2017.a.

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

“.....” 201.....

Autor:
/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

“.....” 201.....

Juhendaja:
/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“.....”201... .

Kaitsmiskomisjoni esimees
/ nimi ja allkiri /



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Talis Tamm, 134794MAHB
Õppekava, peaaeriala: Mehhatroonika
Juhendaja: Nooremteadur, Marek Jarkovoi

Lõputöö teema:

(eesti keeles): **Juhtmevaba haagisetulede juhtimissüsteem**
(inglise keeles): **Wireless trailer tail lights system**

Lõputöö põhieesmärgid ja lahendatavad ülesanded ning töö koostamise kava:

1. Probleemi kirjeldamine ning uue lahenduse vajaduse põhjendamine
2. Olemasolevad tehnoloogiad ja nende võrdlus
3. Universaalse juhtmevaba süsteemi väljatöötamine (traktorite) haagisetuledele:
 - 3.1. Energiavajaduse hindamine ning akusüsteemi valik
 - 3.2. Sidesüsteemi valik ja kommunikatsiooni väljatöötamine
 - 3.3. Elektroonika ning juhtsüsteemi projekteerimine
 - 3.4. Korpuse ja kinnituste konstruktsioon
4. Süsteemi ehitamine ning katsetamine
5. Tulemuste hinnang ja kokkuvõte

Töö keel: eesti keel

Üliõpilane: Talis Tamm

10. märts 2017.a

/allkiri/

Juhendaja: Marek Jarkovoi

10. märts 2017.a

/allkiri/

Sisukord

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE	3
Sisukord.....	4
Sissejuhatus	6
1. Probleemi kirjeldus.....	7
2. Olemasolevad tehnoloogiad	8
3. Akusüsteemi valik.....	10
3.1 Voolutarbe arvutus.....	10
3.2 Aku valiku variandid	12
3.2.1 Pliiaku (Pb).....	12
3.2.2 Liitiumioon (Li-Ion)	12
3.2.3 Nikkel-metallhüdriid (NiMH)	13
3.3 Lõplik aku valik	14
4. Sidesüsteem ja kommunikatsioon	15
4.1 Kontroller	15
4.2 Raadiomoodul.....	16
4.3 Side loomine	16
4.4 Tarkvara.....	17
5. Elektroonika.....	18
6. Mehaanika	19
7. Kulu- ja tasuvushinnang.....	20
7.1 Kuluhinnang	20
7.2 Tasuvushinnang	20
8. Tulevikuplaanid ja edasiarendus.....	22
Kokkuvõte	23
Summary	24
Kasutatud kirjandus	25
Lisa 1: Arduino Micro täpsustatud andmed	26
Lisa 2: Arduino Micro elektriskeem	27
Lisa 3: Takistite standardväärtused	28
Lisa 4: Süsteemi elektriskeem	29
Lisa 5: Transmitteri koodi näide.....	30
Lisa 6: Ressiiveri koodi näide	31

Eessõna

Käesoleva lõputöö teema kujunes välja autori koduses majapidamises, kus probleemile lahenduse leidmine oli sobilik käsitleda bakalaureuse lõputööna. Samuti sobis teema hästi mehhatroonika erialaga, sisaldades nii mehaanikat, elektroonikat kui ka infotehnoloogiat. Lisaks soovib autor tänada lõputöö teema valikul abiks olnud venda Jorma Tamm'e.

See bakalaureuse lõputöö valmis Tallinna Tehnikaülikooli Elektroenergeetika ja Mehhatroonika instituudi nooremteaduri Marek Jarkovoi juhendamisel.

Sissejuhatus

Lõputöö eesmärgiks on luua juhtmevaba haagisetulede juhtimissüsteem nii traktoritele kui ka autodele. Konkreetset juhul peab autor rohkem silmas koduses majapidamises kasutuses olevaid traktoreid ja haagiseid.

Juhtmevaba haagisetulede juhtimissüsteem on mõeldud asendamaks haagise volukaablit, mille kaudu siis antakse vastavad signaalid traktorilt haagisetuledele. Juhtmevaba süsteem üldisemas pildis töötab konkreetsetel etteantud sagedusega raadiolainetel.

Loodav süsteem annab traktoristile mugavama ja parema võimaluse tegeleda traktori juhtimisega ja tööorganite ning haagiste haakimisega, seal juures olles püsivalt masina kabiinis. See aitab vältida töömehe liigset sisse-välja liikumist traktorist ning üldisemalt hoiab kokku energia pealt, mida traktoristil läheb pika tööpäeva jooksul väga vaja.

Juhtmevabas juhtimissüsteemis on neli tähtsamat osa:

1. Signaalide saatja ehk transmitter traktori 12V alalispingega haagisepistiku väljavõttes.
2. Signaalide vastuvõtja ehk ressiiver haagise peal.
3. Haagise peal oleva ressiiveri ja tulede toitesüsteem.
4. Side transmitteri ja ressiiveri vahel.

Sellest tulenevalt sai paika pandud lõputöö põhilised osad:

1. Süsteemi väljatöötamine ja vastavalt sellele komponentide valik.
2. Komponentide kokkusobitavus ja nendevahelise side loomine.
3. Süsteemi komplekteerimine, elektroonika elementide paigutamine korpusesse.
4. Valmis süsteemi testimine.

Praegusel ajal on analoogsed süsteemid hetkel turul olemas. Suurem osa neist on ligilähedased loodavale süsteemile, aga suureks erinevuseks on see, et olemasolevad süsteemid on täiskomplekssed ainult sellepolest, et teisaldatavad tuled on kinnitatud permanentselt ülejäänud süsteemi külge. Loodavat süsteemi on võimalik paigaldada ka olemasolevate haagise tulede külge, seega saab ära kasutada juba haagiste küljes olevaid tulesid ja ei pea lisaks panema dubleerivaid tulesid, mis teeb loodava süsteemi kuluefektiivsemaks ning universaalsemaks.

1. Probleemi kirjeldus

Juhtmevaba haagisetulede juhtimissüsteemi vajadus tulenes nii mõnestki probleemist, millega autor oma majapidamises kokku on puutunud. Esiteks, tänapäeval on tehnoloogiad piisavalt arenenud, et traktorile haakeseadme ühendamine toimub juba täielikult masinast väljumata. Haakekonksu ja konksulukku saab juba kergema vaevata lihtsa nupule vajutusega liigutada. Sellest tulenevalt, et vältida traktoristi pidevat sisse-välja liikumist haagisetulede kaabli ühendamiseks traktoriga, tekkis mõte luua juhtmevabasüsteem kaabli asendamiseks. See süsteem säästaks nii aega kui ka traktoristi jalavaeva.

Teiseks, mõeldes edasiarenduse peale, on võimalik samale platvormile rakendada ka teisaldatavaid tulesid. Koos nende tuledega, saaks lahendada probleemi, mis kaasneb vanemate haagistega: tihtipeale on nende voolukaablid juba väga haprad või täielikult purunenud ning sellisel juhul ei täida voolukaabel eesmärki ning haagisetuled ei tööta.

Kolmandaks, samuti koos edasiarenduses loodavate teisaldatavate tuledega, saaks seda süsteemi kasutada haagiste küljes, millel pole ettenähtud tagatulesid, aga ohutuse mõttes oleksid siiski väga kasulikud. Põllumajanduses on tihtipeale kasutusel sellised haagised, millega veetakse suuri ülegabariidilisi koormaid, mis varjavad ka traktori tagumisi tulesid ja sel juhul oleks väga tarvilik kasutada sellist süsteemi. Lisaks nendele haagistele veel pukseeritavad haakeriistad ja seadmed, mis samuti varjavad traktori tagatulesid. Kuna tegemist on 12V alalispinge peal töötava süsteemiga, siis on seda täiesti võimalik kasutada ka sõiduautodele mõeldud haagiste jaoks, nagu näiteks paadihaagised. Kuna paadihaagised on oma mõõtmetelt võrreldes paatidega võrdlemisi väikesed, siis ei paista haagisetuled paadi tagant välja ja sel juhul oleks tarvilik ohutuse mõttes paigaldada paadi külge teisaldatavad tuled.

Kokkuvõtvalt on peamine eesmärk lahendada probleem, mida sai kirjeldatud esimesena, ehk siis kasutada haagistel millel juba on olemasolevad tuled ja asendada voolukaabli ühendamine traktoriga hoopiski haagise küljes oleva karbikuga, kus on juhtmevabasüsteemi haagisepoolne toiteallikas ja vastuvõtja.

2. Olemasolevad tehnoloogiad

Turult võib leida mitmeid tooteid, mille abil saab haagisetulesid juhtmevabalt juhtida. On variante, kus on teisaldatavad magnetiga kinnitatavad tuled, mida saab juhtida raadioteel juhitava puldiga. Sisuliselt toimivad need nii, nagu tavaline kaugjuhtimispult autode ukسلukkude avamiseks. Puldi peal on siis vastavad nupud, mille vajutamisel aktiveeruvad vastavad tuled. Selline lahendus pole aga traktoristile sobilik, kuna töömehel läheb tarvis pidevalt mõlemat kätt, et juhtida traktorit, vahetada käiku ja samuti ka kasutada juhtkangi laaduri liigutamiseks. See poleks kindlasti mõeldav, kuna sel juhul peaks ühe käega liigutama suunatule kangi ja teise käega lisaks veel puldist vajutama haagisetulede lülitamiseks puldi pealt nuppu.

Samuti on turul ka puldivabasisid variante, mis võtavad signaalid masina haagisepistikust ja edastavad need raadiolainete abil vastuvõtjasse mis siis omakorda edastab need tuledele. See on väga sarnane loodavale süsteemile, aga olemasolevatel süsteemidel pole võimekust luua ühendust juba haagise küljes olevate tuledega. Samuti on erinevusi toitesüsteemis ning signaalide edastuses.

Tabelis 2.1 on näha võrdlust erinevate olemasolevate toodete ja loodava süsteemi vahel. Seal on ka ära toodud umbkaudsed hinnad. Eeldatav hind on üheks suureks eeliseks lisaks universaalsusele, mis paneb mõtlema, miks meie süsteem on parem kui olemasolevad lahendused.

Tabel 2.1 Erinevate tehnoloogiate võrdlus

	Easy On Wireless Taillights [1]	Larson Electronics HDTL-WLED-2X-M [2]	Lõputöös loodav süsteem
Kasutamine ja paigaldamine	+ Väga lihtsasti paigaldatav. + Puuduvad juhtmed. - Puldi kasutamine nõuab lisatähelepanu. - Puldi kasutamiseks vaja kasutada lisakätt.	+ Lihtsasti paigaldatav. + Süsteem saab tulede signaalid ise ja edastab need automaatselt haagisetuledele. - Juhtmete olemasolu.	+ Lihtsasti paigaldatav. + Süsteem saab tulede signaalid ise ja edastab need automaatselt haagisetuledele - Juhtmete olemasolu.
Süsteemi rakendusvõimalused	+ Rakendatav igale haagisele - Olemasolevate tuledega haagistel jäävad originaaltuled kasutuseta.	+ Rakendatav igale haagisele - Olemasolevate tuledega haagistel jäävad originaaltuled kasutuseta.	+ Koos edasiarendusega rakendatav igale haagisele. + Olemasolevate tuledega haagistel võimalus kasutada originaaltulesid.
Hind	alates 258,00 €	alates 180,00 €	eeldatav hind 100-150 €

3. Akusüsteemi valik

Seoses juhtmevabasüsteemiga, on vastuvõtja ja haagisetulede toimimiseks vaja haagise peale paigutada eraldi toitesüsteem. Saamaks täpsemalt aru, mis võimalused akude valikuks on, tuleb kõigepealt teada saada, kui võimsad on üldse haagisetuled ja kui suur on ühe tööpäeva jooksul vajaminev voolutarve. Üks tööpäev olgu arvestuslikult 12 tundi. Pärast päeva lõppu saab vajadusel tõsta aku laadimiseks korpusest välja, et järgmiseks tööpäevaks oleks aku jälle täis.

3.1 Voolutarbe arvutus

Voolutarbe arvutamiseks on vaja teada, mis võimsusega pirnid ja kui palju neid on haagisetuledes. Minimaalselt vajaminevaid tulesid on järgnevalt: kaks pidurituld, kaks tagatuld ja kaks suunatuld. Lisaks pirnide võimsusele ja kogusele on tarvis teada ka, kui kaua peavad need 12h tööpäeva jooksul põlema. Parktulede puhul on lihtne, need põlevad terve see aeg, kui traktor töötab ja haagis on järgi ühendatud. Suunatulede ja piduritulede korral peaks järgima praktilist kogemust. Lähtudes sellest, et suurem osa tööajast viibib traktor põllu peal, kus suunatulede kasutamist ei toimu, siis jääb nende kasutusaeg väga minimaalseks. Tuginedes Liiklusseaduse § 39 lõik 1-le [3], peab suunamärkuande andma mitte hiljem kui 3 sekundit enne manöövri sooritamist ja peab olema aktiveeritud tegevuse lõpuni. Arvestades sellega, et traktori ja haagise puhul tuleks olla veel tähelepanelikum, võtame varuga kogu tsükli pikkuseks T umbes 12 sekundit. Lisaks tuleb arvestada ka teiste olukordadega, nagu näiteks möödapõiked tee ääres liiklejatest. Ühe tunni jooksul võib neid tsükleid N tulla umbkaudu 10. Piduritulede põlemise tsükli pikkus T varieerub 2-6 sekundi vahel. Seega, arvutuste jaoks kasutame pikimat eeldatavat aega, ehk 6 sekundit. Arvestades, et pidurite vajutamist toimub tunduvalt tihedamini, kui suunatulede kasutamist, siis ühe tunni jooksul jääb vajutamise kordade arv N vahemikku 50-70. Arvestades seda, et vanematel haagistel ei pruugi olla säästlikumaid LED pirne, siis võtame arvutustes kasutusele hõõglampide võimsused.

Tabel 3.1.1 Haagisetulede andmed

Tule tüüp	Kogus tk	Võimsus P, W	Tsüklite arv tunnis N, tk	Tsükli pikkus T, s
Pidurituli [4]	2	21	50-70	2-6
Parktuli [5]	2	5	1	43200
Suunatuli [6]	2	21	10	8-12

Tabelis 3.1.1 väljatoodud andmete põhjal arvutame nüüd keskmise võimsuse valemi 3.1 abil, mis sai väljamõeldud leidmaks keskmist voolutarvet:

$$P_{kesk} = P_{park} + P_{pidur} * N_{pidur} * \frac{T_{pidur}}{3600} + P_{suund} * N_{suund} * \frac{T_{suund}}{3600} \quad (3.1)$$

Kus, P_{kesk} – keskmine võimsus, W;

P_{park} – parktule võimsus, W;

P_{pidur} – piduritule võimsus, W;

N_{pidur} – piduritule tsüklite arv;

T_{pidur} – piduritule tsükli kestus, s;

P_{suund} – suunatule võimsus, W;

N_{suund} – suunatule tsüklite arv;

T_{suund} – suunatule tsükli kestus ühes tunnis, s.

Kasutades nüüd andmeid tabelist ja pannes need valmisse 3.1, saame et

$$P_{kesk} = 10 + 42 * 70 * \frac{6}{3600} + 42 * 10 * \frac{12}{3600} = 16,3 \text{ W}$$

Sellest tulenevalt siis arvutame vajaliku aku energia elektrilise töö arvutamise valemiga [7]:

$$W = P * t \quad (3.2)$$

Kus, W – elektriline töö, Wh;

P – elektriline võimsus, W;

T – aeg, h.

Võttes nüüd kasutusele valemi 3.2 ja pannes sinna leitud väärtused, saame et

$$W = 16,3 * 12 = 195,6 \text{ Wh}$$

3.2 Aku valiku variandidid

Eelmises alajaotises väljaarvutatud vajamineva aku energia järgi saab nüüd teha valiku erinevate akude vahel, millised sobiksid antud süsteemile kõige paremini. Sealjuures tuleb arvestada sobivat pinget, mahutavust ja kindlasti on määrava tähtsusega ka hind ja mõõtmed. Valikusse on võetud pliiaku (Pb), liitiumioonaku (Li-Ion) ja Nikkel-metallhüdriidaku (NiMH). Järgnevalt sai analüüsitud erinevate akuliikide positiivseid ja negatiivseid omadusi ja sobivust seatud nõudmistega [8].

3.2.1 Pliiaku (Pb)

Plussid:

- Odav ja lihtne ülalpidamiseks – kulu ühe kilovatt-tunni kohta on suletud süsteemiga pliiakul kõige madalam võrreldes teiste akusüsteemidega.
- Usaldusväärne – korrektse kasutuse korral peab väga hästi vastu.
- Väga madal iseeneslik tühjenemine – üks madalaima iseenesliku tühjenemisega taaslaetavate akusüsteemide seas, umbes 5% kuus.
- Madalad hoolduskulud – puudub mälu; pole vaja täita elektrolüüti

Miinused:

- Pikalt tühjana seistes kaob võimalus akut uuesti kasutada.
- Madala energia tihedusega – halb massi ja energia suhe.
- Piiratud arv täislaadimise kordi
- Pole loodussõbralik – elektrolüüt ja pliiist sisu on loodust kahjustavad.
- Transportimisel suured ohud - purunemise korral võib kahjulik pliihape keskkonda sattuda.

3.2.2 Liitiumioon (Li-Ion)

Plussid:

- Kõrge energia tihedusega – potentsiaali veel suuremateks mahtudeks.
- Suhteliselt madala iseenesliku tühjenemisega – ligi poole võrra vähem, kui NiMH aku, umbes 10% kuus.
- Madalad hoolduskulud – ei pea perioodiliselt tühjaks laadima; puudub mälu.

Miinused:

- Nõuab kaitseahelat – kaitseahel piirab pinget ja voolutugevust
- Kipub vananema ka siis, kui ei kasuta – külmas hoiustamine ja 40% täituvuse peal hoidmine aitab vähendada vananemise ohtu.
- Kallis tootmine – umbes 40% kõrgema hinnaga, kui nikkel-kaadiumaku (NiCd).
- Alluvad transpordi regulatsioonidele – suurema koguse transportimisel võimalik regulatiivne kontroll.

3.2.3 Nikkel-metallhüdriid (NiMH)

Plussid:

- 30-40% suurema mahutavusega kui standardsed NiCd akud. Potentsiaali veel suuremaks energia tiheduseks.
- Vähem aldis mälule, kui NiCd aku. Perioodilisi töötsükleid nõuab vähem.
- Lihtne hoiustada ja transportida – transpordi tingimused ei nõua regulatiivset kontrolli.
- Loodussõbralik – sisaldab ainult keskmise tugevusega toksiine; kasumlik taastöödelda

Miinused:

- Aku nõuab regulaarselt täielikku tühjenemist, et ära hoida kristalliseerumist.
- Suure iseenesliku tühjenemisega – umbes 50% suurem iseeneslik tühjenemine kui NiCd aku puhul, umbes 30% kuus.
- Piiratud voolutugevuse kasutamine – kuigi NiMH on võimeline välja andma tugevat voolu, siis korduvalt tugeva voolu kasutamine vähendab aku eluiga. Parim on kasutada voolu mis on 20-50% mahutavusest.

3.3 Lõplik aku valik

Jaotises 3.1 väljaarvutatud ja analüüsitud tulemuste põhjal, kus vajalikuks pingeks $U = 12 \text{ V}$ ja elektriliseks tööks $W = 195,6 \text{ Wh}$, arvutame välja sobiva aku mahtuvuse ampertundides. Selleks kasutame valemit 3.3 [9].

$$Q_{(mAh)} = 1000 * \frac{W_{(Wh)}}{U_{(V)}} \quad (3.3)$$

Pannes nüüd varem leitud arvud valemisse, saame et

$$Q_{(mAh)} = 1000 * \frac{195,6}{12} = 16300 \text{ mAh}$$

Arvestades saadud tulemust, siis tõenäoliselt ei leia täpselt 16,3 Ah akut, seega võtame väikese varu ja otsime küllaltki standardset 18 Ah mahtuvusega akut. Internetis erinevaid akusid müüvaid veebipoode külastades selgub, et konkreetsetele nendele näitajatele ja seatud nõudmistele vastab kõige paremini pliiaku. Lisaks oli määrava tähtsusega veel kõige väiksem iseeneslik tühjenemine ning kasutamise ja laadimise lihtsus. Arvestades veel seda, et traktoriga tehakse tööd aastaringsetl, siis on sama oluline ka aku vastupidavus temperatuuride muutusele. Tulenevalt Eesti kliimast, siis pliiaku näitajad on täiesti sobilikud, et pidada vastu nii $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ külmaga kui ka $35 \text{ }^\circ\text{C}$ kuumaga. Viimaseks, aga mitte kõige vähemolulisemaks sai vaadatud erinevate pliiakude hindasid. Valituks osutus Lemona electronicsi veebipoes müüdav Ultracell UL18-12 [10].



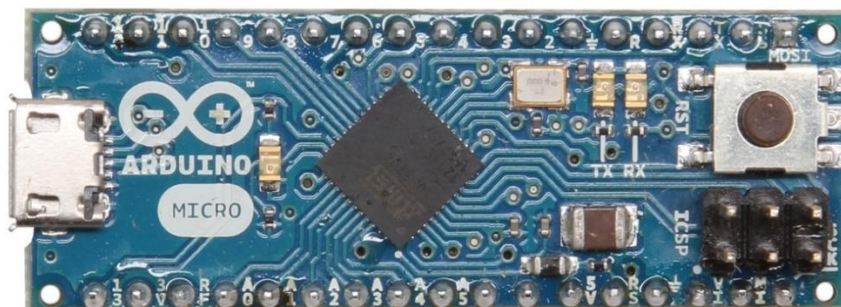
Sele 3.3.1 Ultracell UL18-12 pliiaku

4. Sidesüsteem ja kommunikatsioon

Vastavalt süsteemi toimimisele on vaja seda kuidagi juhtida ja vastavad signaalid nii välja saata, kui ka vastu võtta. Kui signaalid kätte saadud, siis tuleb neid kuidagi ka sünteesida ning seejärel kasutada vastavalt vajadusele. Meie süsteemi põhiline ülesehitus on selline, et esimene kontrolleri saab traktori tuledepistikust toite ja signaalid otseses kokkupuutes mööda juhet. Seejärel, peab kontrolleri suutma edastada vastavad signaalid raadiomooduli kaudu teisele moodulile mis siis omakorda annab info teisele kontrolleri. Kui haagisel asuv kontrolleri on signaalid kätte saanud, siis edastab need pistiku kaudu mööda juhet haagisetuledele.

4.1 Kontrolleri

Süsteemi jaoks sai valitud oma lihtsuse, võimekuse ja mõõtmete poolest just Arduino Micro R3 arendusplaat koos ATmega32U4 mikrokontrolleriga. Micro külge saab ühendada kõik juhtmed, mille kaudu tulevad pistikust signaalid ja samuti ka raadiomooduli mida antud ülesandes vaja läheb. Omades 20 sisend-väljundviiku ja võimekus töötada pingega 6-20 V, saame väga edukalt kasutada seda kontrolleri traktori tuledepistikust tulevate signaalide ja 12 V pingega kasutamiseks. Täpsemat infot kontrolleri kohta näeb lisa 1.



Sele 4.1.1 Arduino Micro R3 arendusplaat koos Atmega32U4 mikrokontrolleriga

4.2 Raadiomoodul

Raadiomooduliks sai valitud transsiiver NRF24L01. Valituks osutus see sellepärast, et sellel on äärmiselt lihtne viis luua ühendus Arduino mikrokontrolleriga ning kuna tegemist on transsiiveriga, siis toimib see signaalide saatjana kui vastuvõtjana. Modem töötab 2,4 GHz sagedusel ja parimal juhul võimeline andmeid edastama ja vastu võtma 100 m kauguselt.



Sele 4.2.1 NRF24L01 juhtmevaba moodul koos antenniga

4.3 Side loomine

Teades seda, kui laialtlevinud ja -kasutatud on Arduino mikrokontrollerid ja raadiomoodul NRF24L01, siis sai side loomise jaoks abi internetis leiduvast allikast, kus oli samuti ühendatud kaks Arduinot ja loodud side eelpool mainitud raadiomoodulite kaudu [11]. Näites kasutatakse tüüpilist esmast koodi, kus edastatakse tekst „Hello World“. Vastavalt sellele töötab ka meie süsteemi andmeedastus. Järgnevalt toon välja kommenteeritud koodinäited nii transmitteri kui ka ressiiveri jaoks.

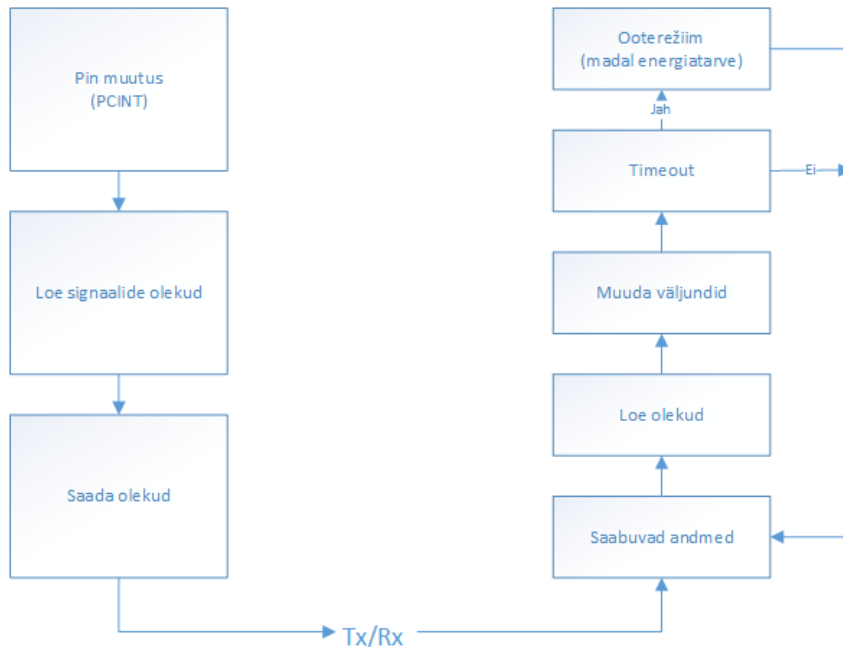
Transmitteri koodi puhul tuleb kõige pealt luua teegid, mis aitavad luua vastavaid funktsioone ja seovad need modemiga. Järgmisena luuakse objekt „radio“, millega näidatakse ära digitaalsisendite järjekorranumbrid, millega ühendatakse signaalid CE ja CSN. Edasi luuakse aadress, mille kaudu saab modem infot Arduinolt. *Setup* funktsioonis aktiveeritakse modem, luuakse alamfunktsioon, mis saadab teatud aja jooksul teatud arv kordi infot teisele modemile kuniks pole side katkenud. Seejärel sätestatakse ressiiveri aadress, kuhu info saadetakse. Pärast seda on transmitteri modem edastuse režiimis. *Loop* funktsioonis luuakse kirje, mida soovitakse edastada ja kalkuleeritakse kirje suurus bittides. Koodi näide on toodud lisa 5.

Ressiiveri koodi puhul tuleb alguses teha samad operatsioonid, mis transmitteriga – luua teegid, objekt „radio“ koos digitaalsisendite järjekorranumbritega ja aadress mille kaudu jagatakse infot. *Setup* funktsioonis tehakse USB pordi vahetus COM pordiks ja sätestatakse modulatsioonikiirus läbi pordi. Seejärel aktiveeritakse modem ja määratakse ära aadress, millelt hakatakse infot lugema. Pärast seda on modem vastuvõtmise režiimis. *Loop* funktsioonis tehakse kontroll, kas modem sai konkreetselt aadressilt info kätte. Kui info käes, luuakse 32-elementiline tähemärkidest koosnev rida.

Pärast seda valitakse meetod, kuidas infot lugeda ja määratakse ära millist muutujat millises suuruses soovitakse salvestada. Kui vastav info on kätte saadud, siis kuvatakse see ekraanil. Koodi näide on toodud lisan 6.

4.4 Tarkvara

Järgmisena ja väga tähtsa osana selles töös on tarkvaraline pool. Kui komponendid on olemas ja need ka vastavalt ühendatud, siis on vaja teada, kuidas süsteem peaks käituma. Konkreetsetel süsteemil on ainult peaprogramm. Lähtume sellest, kui edastusepoolne kontrollor on ühendatud traktori tuledepistikusse, on süsteem valmis vastu võtma signaale. Kuna signaalid lähevad kontrollorisse PCINT sisendite kaudu, siis reageerib see igale signaalioliku muutusele. Vastavalt sellele, kui on toimunud olekute muutus, siis kontrollor loeb kõik olekud üle ja edastab need raadiomooduli kaudu teisele moodulile. Järgnevalt, haagisepoolne kontrollor loeb saadetud olekud. Olles olekud kätte saanud, muudab kontrollor väljundi väärtused, mille puhul olid olekud muutunud, mis siis tähendab seda, et süttivad vastavad haagisetuled. Juhul, kui vastuvõtja kontrollor ei saa teatud aja jooksul (näiteks 10 min) uusi olekuid, lülitab see haagisetuled välja ja läheb ooterežiimi ehk jääb ootama uusi olekuid, aga olles ise passiivses olekus. See oleks siis nii-öelda energiasäästurežiim, kus volutarve on viidud minimaalseks. Samas jääb kontrollor piisavalt aktiivseks, et juhul kui tulevad uued olekud transmitterilt, siis reageerib nendele koheselt ja käitub jällegi vastavalt algoritmis näidatud käikudele.



Sele 4.4.1 Peaprogramm

5. Elektroonika

Seoses sellega, et traktori tuledepistikust väljuvad signaalid on 12 V, ühendame need mikrokontrolleri PCINT sisendi klemmidega, mis kannatavad kuni 5 V suurust pinget, siis tuleb luua tulede signaalidele pingejagur. Pingejagur on elektriabel, mille väljundpinge on osa sisendpingest. Väljundpinge suurus sõltub elektriabelas olevate takistite suhtest. Meil on teada, et sisendpinge on 12 V ja väljundpinge ei tohi olla suurem kui 5 V ja teame ka seda, et vaja läheb 2 takistit. Seoses sellega, tuleb meil leida takistite väärtused valemiga 5.1, mis on tuletatud Ohmi seadusest.

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{U_v}{U_s} \quad (5.1)$$

Kus, R_2 – takisti 2 väärtus;

R_1 - takisti 1 väärtus;

U_v - väljundpinge väärtus, V;

U_s - sisendpinge väärtus, V.

Kasutades nüüd seda valemit ja pannes sinna sisse vastavad pinge väärtused, saame et

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{5}{12}$$

Edasi teisendades saame takistite vahelise suhte.

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{7}{5}$$

Nüüd valime takistite standardväärtuste hulgast sobivad takistid, mille suhe oleks 7/5. Takistite standardväärtusi saab näha lisa 3.

Mõistlik oleks võtta R_2 takistiks 1 k Ω ja kuna 1,4 pole standardväärtuste hulgas, siis võtame R_1 takisti väärtuseks 1,5 k Ω . Vastavalt nendele takistite väärtustele ja valemile 5.1 tuginedes näeme, et väljundpinge tuleb 4,8 V, mis sobib väga hästi meie süsteemi jaoks.

Arvestades seda, et kontrolleri V_{in} sisend kannatab kuni 20 V pinget, siis pole probleemiks sinna otse ühendada traktorist tuleva 12 V pingega V+ signaal. Samuti saab seda teha massiga ehk GND-ga. Seejärel tuleb ühendada Arduino mikrokontroller raadiomooduliga. NRF24L01 moodul saab oma toite Arduino 3.3 V väljundist. Moodul suhtleb kontrolleri SPI kasutajaliidese kaudu, seega ühendame vastavad sisendid/väljundid näite järgi [11]. Eelnevad ühendused kehtisid ainult transsmitteri-poolses osas.

Ressiiveri korral tuleb mikrokontrollerist väljuvatele signaalidele, välja arvatud GND-le lisada N-kanaliga MOSFET ja 12V/12V SPST rele. MOSFET ehk isoleeritud paisuga väljatransistor on vajalik sellepärast, et Arduinost tulevad signaalid on 5 V ja aku toide on 12 V, siis on vaja need ühtlustada ja panna need tööle juhul, kui töötamiseks vastav pinge on käes. Pärast MOSFET-i on vaja kasutada releed, mis siis tekitab selle lülituse, kui vastav pinge on kätte saadud. Meie süsteemis käitubki rele kui lüliti. Pärast releed juhitakse signaalid haagisepoolsesse pistikusse, kuhu siis saab ühendada tulede voolukaabli. Täpsem elektriskeem on näidatud lisa 4.

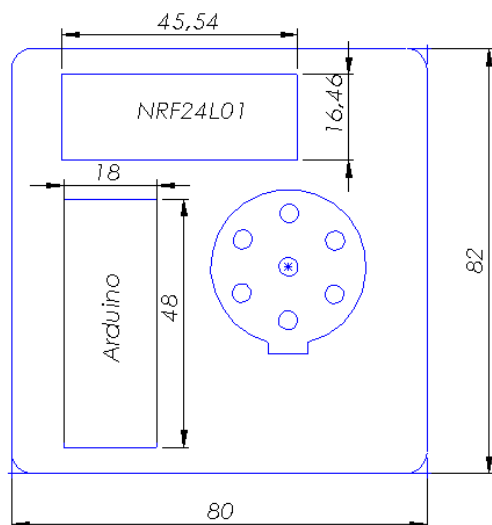
6. Mehaanika

Antud töös jääb mehaanika osa küll tühiselt väikeseks, aga siin all tooks välja mikrokontrollerite, raadiomoodulite, aku ja teiste elektroonikakomponentide paigutuse vastavatesse karpidesse. Kokku läheb vaja kahte veekindlat karpi, kuhu ühte lähevad siis isane pistik, üks Arduino mikrokontroller koos NRF24L01 raadiomooduliga. Teise karpi lähevad emane pistikupesa, Arduino mikrokontroller koos NRF24L01 raadiomooduliga. Arvestades Arduino, raadiomooduli ja isase pistikuotsa mõõtusi ning lisades ka väikese varu, selgus, et nende komponentide jaoks oleks sobilik karp suurusega 80x82x55 mm [12]. Saamaks ka rohkem aimu karbi suuruse vajadusest, näitame ära ka põhiliste komponentide asetuse karpis. Teine karp tuleb praktiliselt samasugune esimesega, aga ainuke erinevus seisneb selles, et isase pistikuotsa asemel on emana pistikupesa. Samuti, arvestades eelnevalt jäetud varu, siis mahuvad ka releed sinna ära.

Arvestades aku suurst, siis ei leidnud sobilikku karpi, kuhu saaks koos akuga paigaldada vastavad komponendid, seega jääb selle töö raames aku ilma korpuseta. Samas saab teise karbi kinnitada aku külge.



Sele 6.1 80x82x55 mm karp



Sele 6.2 Esimese karbi komponentide paigutus

7. Kulu- ja tasuvushinnang

7.1 Kuluhinnang

Kui kogu süsteem on koos ja kõik vajalikud komponendid on olemas, siis oleks mõistlik vaadata ka üle, kui suured olid süsteemi loomise jaoks vajaminevad kulutused. Kuna töötunde on raske kokku arvutada, siis tööjõukulud jätame sellest välja. Lisaks ei arvesta hinna sisse pisikomponente (takistid, releed jne).

Tabel 7.1 Komponentid ja hinnad

Komponent	Hind, €
Isane kärupistik (1 tk) [13]	2,47
Emane kärupistikupesaga (1 tk) [14]	2,94
Arduino Micro (2 tk) [15]	43,20
NRF24L01 (2 tk) [16]	28,20
Pliiaku UL18-12 (1 tk) [10]	45,60
Karp 80x82x55 mm (2 tk) [12]	14,00
Kokku	136,41

7.2 Tasuvushinnang

Lähtuvalt süsteemi loomise vajadusest ja mugavusest, saame välja arvutada kui palju aega aitab see süsteem töölisel kokku hoida. Kahjuks pole arvuliselt võimalik hinnata tööliste mugavusest tulenevat rahulolu, seega arvestame ainult traktorist väljas käimiseks mõeldud aega.

Umbkaudu läheb traktorist väljumiseks, kaabli ühendamiseks ja uuesti traktorisse sisenemiseks 30 sekundit. Samuti peab tähelepanelikult jälgima, et pistikuühendus oleks korrektselt ja kaabel poleks kuidagi ümber haagisetiisli või traktori aisade. Vastasel juhul võib manööverdamise ajal kaabel minna pingele alla ja puruneda. Arvestades nüüd seda, et tööpäeva jooksul tekib selliseid olukordi, kus oleks vaja haagist lahti haakida umbes 6-10 korda. Valemi 7.1 abil arvutame säästetud aja minutites ühe tööpäeva kohta.

$$T_{\text{sääst}} = \frac{T_{\text{kulu}}}{60} * N_{\text{kord}} \quad (7.1)$$

Kus, $T_{\text{sääst}}$ – säästetud aeg ühes tööpäevas, min;

T_{kulu} – säästetud aeg liikumiselt, s;

N_{kord} – kordade arv tööpäevas, tk.

Pannes valemisse 8.1 arvud sisse, saame et

$$T_{\text{sääst}} = \frac{30}{60} * 10 = 5 \text{ min}$$

See tähendab, et traktorist säästab ühe 12 tunnise tööpäeva jooksul lihtsalt traktorist edasi-tagasi käimise pealt 5 minutit. Nüüd arvutame säästetud aja ühes kuus, eeldusel, et tööline teeb selle ajaga 180 töötundi ehk ühes kuus keskmiselt 15 tööpäeva. Selleks kasutame uuesti valemit 7.1, aga väikeste muudatustega.

$$T_{\text{sääst}} = \frac{T_{\text{kulu}}}{60} * N_{\text{kord}}$$

Kus, $T_{\text{sääst}}$ – säästetud aeg ühes kuus, h;
 T_{kulu} – säästetud aeg ühes tööpäevas, min;
 N_{kord} – tööpäevade arv, tk.

$$T_{\text{sääst}} = \frac{5}{60} * 15 = 1,25 \text{ h}$$

Sellest tulenevalt, et ühes kuus säästame 1,25 tundi, arvutame välja, kui palju sellest on kokkuhoid töandjale, kes maksab traktoristile netopalka suurusega 9 €/h. Vastavalt sellele, saame arvutada tasuvusaja. Selleks kasutame valemit 7.2

$$T_{\text{tasuvus}} = \frac{K_{\text{invest}}}{T_{\text{sääst}} * S_{\text{neto}}} \quad (7.2)$$

Kus, T_{tasuvus} – tasuvusaeg, kuud;
 K_{invest} – investeeringukulud, €;
 $T_{\text{sääst}}$ – säästetud aeg kuus, h;
 S_{neto} – netopalk, €/h.

Võttes nüüd kasutusele eelnevalt leitud väärtused, saame et

$$T_{\text{tasuvus}} = \frac{136,41}{1,25 * 9} \approx 12,2 \text{ kuud}$$

See omakorda tähendab seda, et puhtalt säästetud aja poolest tasub see lahendus ära 12 kuu ja 6 päeva ehk 1 aasta ja 1 kuu möödudes. Tundub küllaltki mõistlik aeg, aga samas on hindamatu väärtusega moraalne kasum, mida tajub töötaja, kes ei pea nii palju enam traktorist sisse-välja käima. Samuti ei saa arvuliselt hinnata säästetud energiakulusid, mis selle süsteemi kasutamisega kaasnevad. Nii moraalne kasum kui ka energia sääst kujundlikult vähendavad seda tasuvusaega.

8. Tulevikuplaanid ja edasiarendus

Selle süsteemi lõplik ehitamine ja viimistlemine vajaks täiendavat aega ja uurimistööd. Esiteks on kindlasti võimalik mõelda lüüti peale, millega saaks vajadusel välja lülitada kogu süsteemi, eelkõige just edastuse poole pealt. See tähendaks seda, kui traktor jõuab haagisega põllule ja selle seal lahti haagib, siis ei peaks haagise tuled reageerima enam traktori tuled lülitustele. See aitaks kokku hoida energiaressurssi, mida aku toitel haagisetuled kasutavad.

Teiseks, seda süsteemi saaks edasi arendada nii, et signaalid liiguksid ka haagiselt traktorile. See tähendab seda, et saaks ülevaate, kas mõni haagisetulepirn on läbi või mitte. Sellisel juhul annaks haagisel olev kontrollid tagasisidet juhtkontrollerile, mis siis näiteks annab traktoristile märku, kas helisignaali või LED-i näol, et mõne tulepirniga on probleeme.

Kolmandaks, nagu eelpool sai mainitud, siis edasiarendusena tuleks luua ka komplekti kuuluvad teisaldatavad ja magnetiga kinnituvad haagisetuled. Need oleksid hädavajalikud seadmetele, mille puhul pole tulesid ettenähtud, aga ohutuse mõttes tasuks need haakeseadmetele kinnitada. Sellisel juhul võiksid need haagisetuled olla LED-idega, mis aitaks tublisti kokku hoida energiakuludelt.

Kokkuvõtvalt, sellest süsteemist saaks luua väga kasuliku ja tulusa toote, mis aitaks väga palju just põllumajandusega seotud inimesi. Tänu sellele süsteemile saab palju kasu töötaja, kes vähendab sellega oma jalavaeva ja suurendab sellega oma heaolu töötegemisel. Samuti saab sellest süsteemist suurt kasu ka tööandja, kelle tööjõukulud vähenevad märgatavalt, seoses sellega, et traktorist jõuab sama ajaga rohkem tehtud, sest kaob ära ajaline kulu haagisejuhtme ühendamiseks. Muidugi, et sellest saaks selline kasulik ja tulus toode, on vaja teha palju arendustööd. Siin kohal saaks öelda, et sellel projektil on veel arenguruumi, mida saaks käsitleda magistritöö käigus, seal juures töökindluse, turvalisuse ja efektiivsuse optimeerimisega.

Kokkuvõte

Antud bakalaureuse lõputöö käigus sai loodud juhtmevaba haagisetulede süsteem. Lahendust oli vaja leida probleemile, millega autor oma koduses majapidamises kokku oli puutunud. Seoses sellega, et tänapäeval toimub traktorile haagise järgi ühendamine mugavalt masinast väljumata, siis oli tarvis ka juhtmevaba lahendust haagise tulede juhtimiseks, et traktorist ei peaks tuledekaabli ühendamiseks masinast väljuma.

Esialgul sai vaadeldud olemasolevaid lahendusi ja analüüsitud nende positiivseid ja negatiivseid omadusi. Selgus, et on vaja luua universaalne juhtmevaba haagisetulede juhtimissüsteem. Sellest tulenevalt, sai hinnatud loodava süsteemi jaoks vajaminevaid teadmisi ja uuritud kasutatavaid komponente. Laias laastus jagunes see kolmeks suuremaks osaks: akusüsteemi valik, sidesüsteem ja elektroonika.

Akusüsteemi valiku puhul tuli kõigepealt välja arvutada kui suure energiahulgaga tuleb antud süsteemi puhul arvestada. Seejärel sai teha valiku erinevate akusüsteemide seast. Valik tuli langetada tuginedes kasutatavale pingele, mahtuvusele ja käsitlemise lihtsusele. Sidesüsteemi puhul sai komponentideks valitud Arduino Micro arendusplaat koos Atmega32U4 mikrokontrolleriga ja nRF24L01 raadiomoodul. Elektroonika poole pealt tuli arvestada erinevaid pingeid nõudvate seadmete kasutamisega. Seoses sellega sai kasutatud vajaminevaid elektroonikakomponente nagu takisti, transistor ja relee. Näiteks takistitega tuli luua pingejagur üleminekuks 12 V pingele pealt 5 V pingele peale.

Lisaks põhilistele osadele, sai veel tehtud tasuvushinnang, mis näitas, et selle süsteemi kasutamine tasub ära juba 1 aasta ja 1 kuu möödudes. See tähendab, et see oleks igati hea investeering, mis ühtlasi aitab kaasa ka töölise heaolule.

Kokkuvõtvalt sai loodud süsteem, mis on lahenduseks eelnevalt mainitud probleemidele. Konkreetset süsteemi on võimalik edasi arendada veel efektiivsemaks ja tunduvalt töökindlamaks. Pärast põhjalikku arendustööd kindlasti ka realiseeritav reaalse ja tulusa tootena.

See töö aitas kaasa nii vanade teadmiste meelde tuletamisele kui ka uute teadmiste ammendamisele. Samuti oli töö praktilise osa koostamisest palju kasu, sest tänu sellele said paljud teoreetilised teadmised tunduvalt paremini selgeks.

Summary

The given thesis is the development of a wireless trailer tail lights system. This solution was created to solve a problem that the author had come into contact with when managing tractors. Since the connections of trailers themselves can be connected without leaving the cockpit but the lighting wires had to be manually connected from the outside some comfort was lost still.

At first there was extensive research done on existing solutions to find out knowledge of what to do how to do and what should be improved. It became apparent that a universal wireless trailer light connection was required. The complexity of the task and availability of required components was assessed. The solution was divided into three main parts: battery system, communication and general electronics.

In selection for the battery from existing solutions, the amount of energy required for the entire system to run was taken into consideration. The final decision was made based on voltage, capacity and also simplicity. For communication an Arduino micro development board with MCU Atmega32U4 and radio module nRf24L01. With electronics the variables were various voltages and current for the different components. For this, components like resistors, transistors and for larger currents relays were used. For example resistors were used to create a voltage divider from 12V to 5V.

In addition to the main components a payoff evaluation was made. It is estimated that this system will make up for the recourses spent on it within 1 year and 1 month. This makes it a good investment for the employer as well as improving the workers comfort.

In conclusion a solution was developed for the previously mentioned problem. Further development of the system is still possible, to make it more efficient and reliable. After a thorough design improvement a real and successful product can be made.

Making of this helped me in remembering previously learned as well as acquire some new knowledge. The real work with components that was required helped a lot with understanding of theoretical part of science.

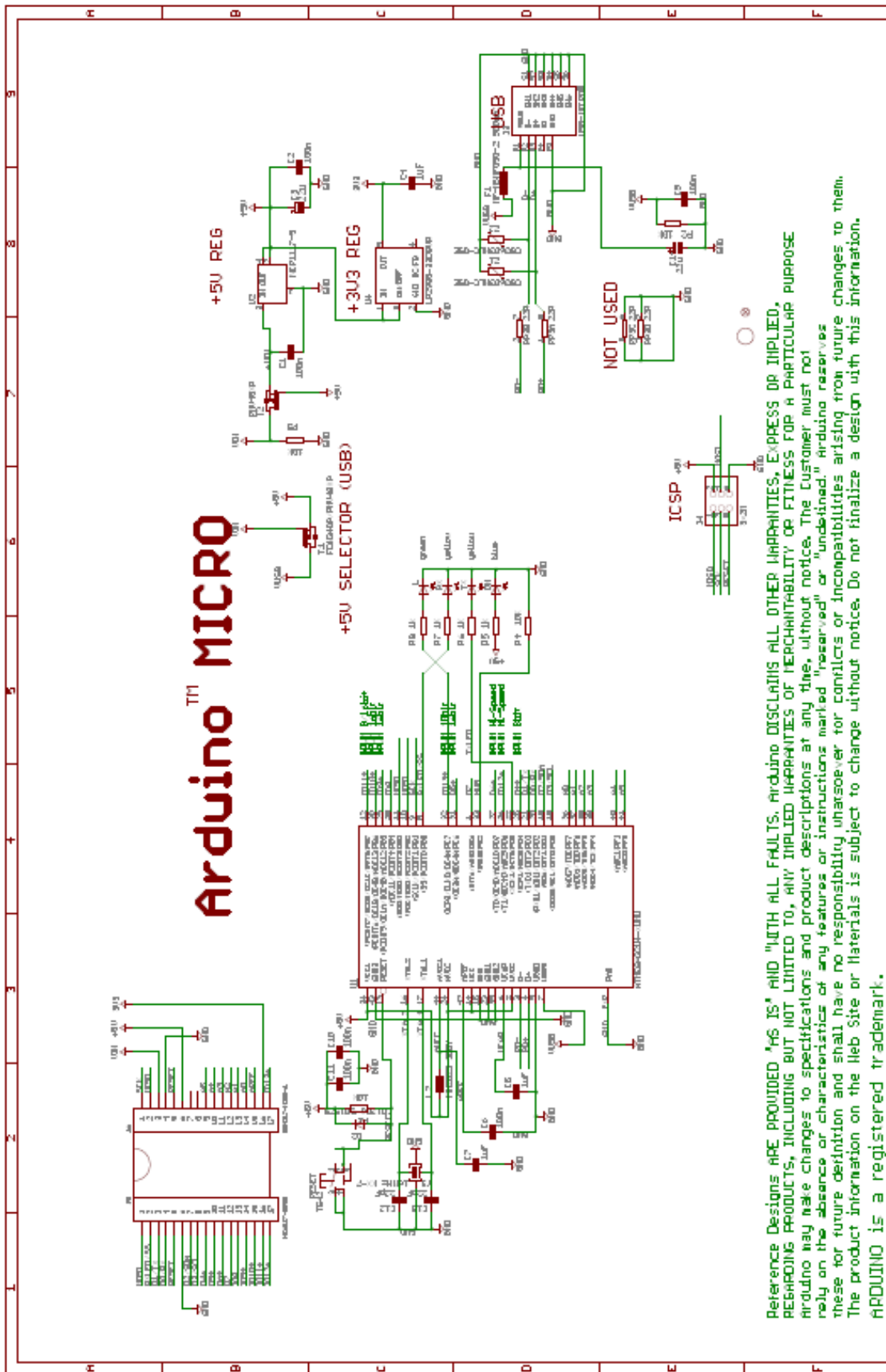
Kasutatud kirjandus

- [1] Easy On Wireless Taillights, Inc. [WWW] <http://www.easyontailights.com/> [02.05.2017].
- [2] Larson Electronics LLC. [WWW] <http://www.larsonelectronics.com/p-145917-.aspx>. [02.05.2017].
- [3] Riigikogu, „Liiklusseadus,“ [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/117032011021>. [05.05.2017].
- [4] Salome Auto AS, „Pidurituli,“ [WWW] https://www.automaailm.ee/et/Eshop/Product/1824/s10358061/pirn_12v_p21w_ba15s. [07.05.2017].
- [5] Salome Auto AS, „Parktuli,“ [WWW] https://www.automaailm.ee/et/Eshop/Product/1865/s10358062/215w_bay15d_pirn. [07.05.2017].
- [6] Salome Auto AS, „Suunatuli,“ [WWW] https://www.automaailm.ee/et/Eshop/Product/1844/8ga006841121/12v_21w_bau15s_kollane. [07.05.2017].
- [7] üldtoimetaja Kulu, P. Mehaanikainseneri käsiraamat, Tallinn: TTÜ kirjastus, 2015.
- [8] „Battery university,“ [WWW] http://batteryuniversity.com/learn/archive/whats_the_best_battery [08.05.2017].
- [9] „Watt-hours (Wh) to mAh conversion calculator,“ [WWW] <http://www.rapidtables.com/calc/electric/wh-to-mah-calculator.htm>. [10.05.2017].
- [10] „LEMONA electronics - Elektroonikakomponendid,“ [WWW] https://www.lemona.ee/?page=item&i_id=213236. [12.05.2017].
- [11] „Connecting and programming nRF24L01 with Arduino and other boards - Starter Kit,“ [WWW] <http://starter-kit.nettigo.eu/2014/connecting-and-programming-nrf24l01-with-arduino-and-other-boards/#comments>. [13.05.2017].
- [12] „Oomipood - karp,“ [WWW] https://www.oomipood.ee/product/box_g366_plastikkarp_veekindel_80_82_55mm [14.05.2017].
- [13] „Isane kärupistik,“ [WWW] https://www.automaailm.ee/et/Eshop/Product/5374/s1037008/karupistik_isane [16.05.2017].
- [14] „Emane kärupistik,“ [WWW] https://www.automaailm.ee/et/Eshop/Product/5353/s103025087/karupistik_emane_otsik [16.05.2017].
- [15] „Arduino Micro,“ [WWW] <http://yeint.ee/elektroonika-1/arendusvahendid/arduino/arduino-platvormid/arduino-micro-with-headers> [17.05.2017].
- [16] „nRf24L01,“ [WWW] http://www.ittgroup.ee/et/juhtmevaba-side-moodulid/726-juhtmevaba-moodul-nrf24l01palna.html?search_query=nrf24l01&results=5 [17.05.2017].

Lisa 1: Arduino Micro täpsustatud andmed

Microcontroller	ATmega32U4
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	20
PWM Channels	7
Analog Input Channels	12
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega32U4) of which 4 KB used by bootloader
SRAM	2.5 KB (ATmega32U4)
EEPROM	1 KB (ATmega32U4)
Clock Speed	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Length	48 mm
Width	18 mm
Weight	13 g

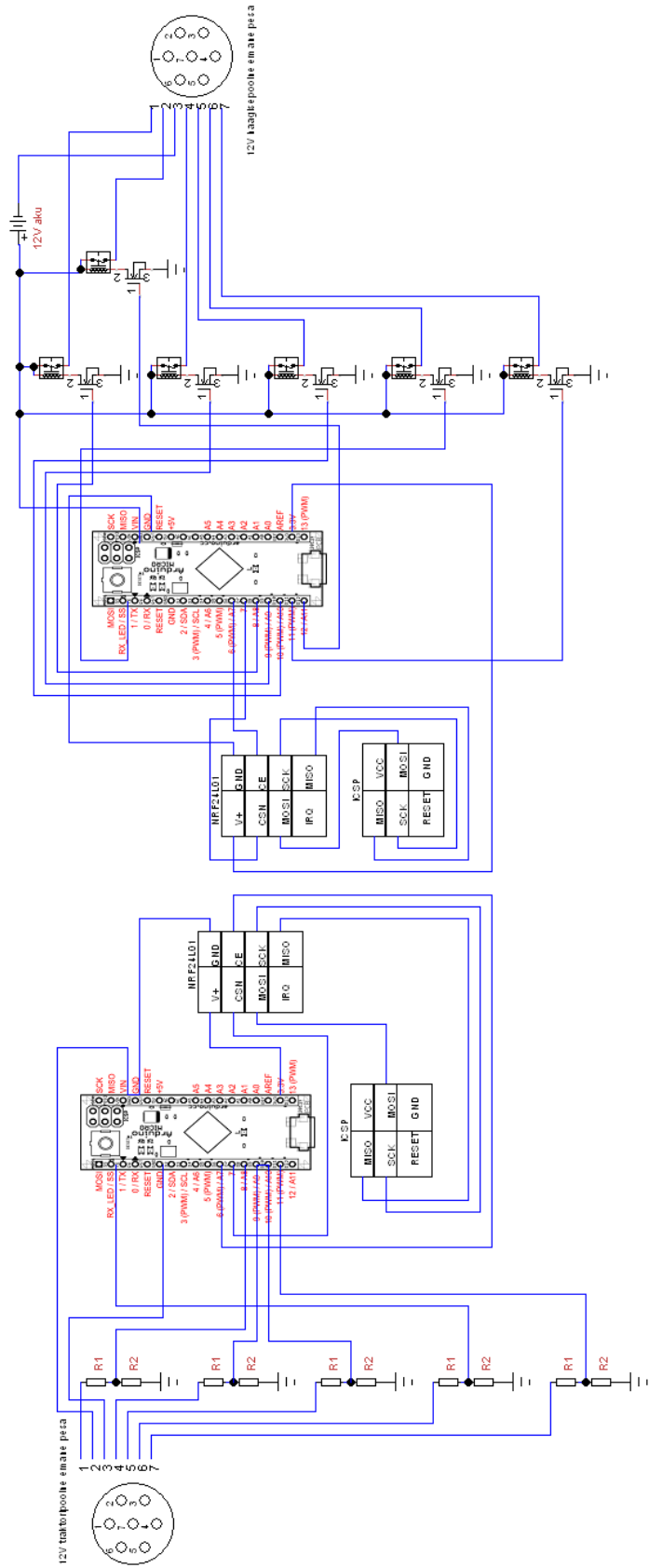
Lisa 2: Arduino Micro elektriskeem



Lisa 3: Takistite standardväärtused

Standard Resistor Values ($\pm 5\%$)						
1.0	10	100	1.0K	10K	100K	1.0M
1.1	11	110	1.1K	11K	110K	1.1M
1.2	12	120	1.2K	12K	120K	1.2M
1.3	13	130	1.3K	13K	130K	1.3M
1.5	15	150	1.5K	15K	150K	1.5M
1.6	16	160	1.6K	16K	160K	1.6M
1.8	18	180	1.8K	18K	180K	1.8M
2.0	20	200	2.0K	20K	200K	2.0M
2.2	22	220	2.2K	22K	220K	2.2M
2.4	24	240	2.4K	24K	240K	2.4M
2.7	27	270	2.7K	27K	270K	2.7M
3.0	30	300	3.0K	30K	300K	3.0M
3.3	33	330	3.3K	33K	330K	3.3M
3.6	36	360	3.6K	36K	360K	3.6M
3.9	39	390	3.9K	39K	390K	3.9M
4.3	43	430	4.3K	43K	430K	4.3M
4.7	47	470	4.7K	47K	470K	4.7M
5.1	51	510	5.1K	51K	510K	5.1M
5.6	56	560	5.6K	56K	560K	5.6M
6.2	62	620	6.2K	62K	620K	6.2M
6.8	68	680	6.8K	68K	680K	6.8M
7.5	75	750	7.5K	75K	750K	7.5M
8.2	82	820	8.2K	82K	820K	8.2M
9.1	91	910	9.1K	91K	910K	9.1M

Lisa 4: Süsteemi elektriskeem



Lisa 5: Transmitteri koodi näide

```
#include <SPI.h> //käsitlemaks kommunikatsiooni kasutajaliidest modemiga
#include <nRF24L01.h> //käsitlemaks konkreetse modemi draiverit
#include <RF24.h> //andmebaas mis aitab juhtida raadio modemit
RF24 radio(6, 7); //objekti "radio" loomine, 6 ja 7 on digitaalsisendite
järjekorranumbrid, millega on signaalid CE ja CSN ühendatud

const byte rxAddr[6] = "00001"; //aadressi 00001 loomine, mille kaudu
modem saab infot Arduinol

void setup() //setup funktsiooni loomine
{
    radio.begin(); //modemi aktiveerimine

    radio.setRetries(15, 15); //funktsioon, mis saadab 15 korda infot
teisele modemile ja kui siis pole teine modem infot kätte saanud, seiskub
//esimene arv näitab, kui tihti modem
tegevust kordab ja teine arv näitab, mitu korda tegevust tehakse

    radio.openWritingPipe(rxAddr); //sätestab ressiiveri aadressi, kuhu
info saadetakse

    radio.stopListening(); //muudab modemi edastuse režiimile
}

void loop() //loop funktsiooni loomine
{
    const char text[] = "Hello World"; //kirje loomine, mida soovime
edastada

    radio.write(&text, sizeof(text)); //sõnumi saatmine läbi raadio
modemile; & näitab muutuja; sizeof kalkuleerib automaatselt mitu bitti on
kirje

    delay(1000); //1000 millisekundit viivitus
}
```

Lisa 6: Ressiiveri koodi näide

```
#include <SPI.h> //käsitlemaks kommunikatsiooni kasutajaliidest modemiga
#include <nRF24L01.h> //käsitlemaks konkreetse modemi draiverit
#include <RF24.h> //andmebaas mis aitab juhtida raadio modemit
RF24 radio(6, 7); //objekti "radio" loomine, 6 ja 7 on digitaalsisendite
järjekorranumbrid, millega on signaalid CE ja CSN ühendatud

const byte rxAddr[6] = "00001"; //aadressi 00001 loomine, mille kaudu
modem saab infot arduinolt

void setup() //setup funktsiooni loomine
{
    while (!Serial); //ootab Arduino USB pordi vahetumist serial COM
    pordiks

    Serial.begin(9600); //sätetab modulatsioonikiiruse läbi USB/COM

    radio.begin(); //modemi aktiveerimine

    radio.openReadingPipe(0, rxAddr); //määrab ära aadressi, milline modem
    saab infot; esimene tähis näitab striimi arvu ja teine tähis näitab
    aadressi millelt koguda infot

    radio.startListening(); //paneb modemi ootele - modem valmis infot
    vastu võtma
}

void loop() //loop funktsiooni loomine
{
    if (radio.available()) //kontrollib, kas modem sai konkreetselt
    aadressil infot
    {
        char text[32] = {0}; //kui info kätte saadud, loob 32-elementse
        tähemärkidest koosneva rea nimega text

        radio.read(&text, sizeof(text)); //meetod info lugemiseks; esimene
        tähis näitab millist muutujat soovime salvestada; teine tähis näitab mis
        suurusel infot muutujast salvestada

        Serial.println(text); //kui info käes, kuvab saadud teksti
    }
}
```