



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
MEHAANIKATEADUSKOND

Mehhatroonikainstituut

Mehhatroonikasüsteemide õppetool

MHE40LT

*Urmo Tuul*

# **Ülekäiguraja valgustuse reguleerimissüsteem**

BSc lõputöö

Autor taotleb  
tehnikateaduse bakalaureuse  
akadeemilist kraadi

Tallinn 2016

## AUTORIDEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus. Esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud. Töös kasutatud kõik teiste autorite materjalid on varustatud vastavate viidetega.

Töö valmis..... juhendamisel

“.....”.....201....a.

Töö

..... allkiri

Töö vastab bakalaureusetööle esitatavatele nõuetele.

“.....”.....201....a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele. .... õppekava kaitsmiskomisjoni  
esimees “.....”.....201... a.

..... allkiri

# SISUKORD

EESSÕNA .....	7
SISSEJUHATUS.....	8
PÕHIOSA .....	10
1. ANDURID.....	10
1.1 ANDURITE JA LIIKLUSMÄRKIDE ARV NING PAIGUTUS.....	10
1.2 INIMESI TUVASTAVAD ANDURID .....	11
1.2.1 Infrapunaandur.....	12
1.2.2 Mikrolaine andur .....	12
1.2.3 Mitme tehnoloogiaga kombineeritud andur.....	13
1.2.4 Infrapuna kiiri kiirgav andur .....	13
1.2.5 Ultrahelilainete andur .....	14
1.3 SÕIDUKEID TUVASTAVAD ANDURID .....	14
1.3.1 Induktiivandur .....	14
1.3.2 Videoandur .....	15
1.3.3 Magnetlaineid mõõtev andur.....	16
1.3.4 Ultrahelilainete andur .....	16
1.3.5 Infrapuna kiiri kiirgav andur .....	16
1.4 ANDURITE VÕRDLUS .....	16
1.5 ANDURITE VALIK .....	19
2. VALGUSTUS.....	22
2.1 LIIKLUSMÄRGI VALGUSTUS .....	22
2.1.1 Neonvalgustid.....	22
2.1.2 LED valgustorud .....	23
2.1.3 Flurosentslambid .....	23
2.2 ERINEVATE VALGUSTUSTITE VÕRDLUS.....	24
2.3 VALGUSTUSE VALIK.....	25
3. KONTROLLER.....	27
4. LIIKLUSMÄRK .....	28

4.1	SUURUS JA KUJU .....	29
4.2	KONSTRUKTSIOON JA ELEKTRIFITSEERIMINE.....	29
4.3	MÄRGI PAIGUTUS TÄNAVAL .....	31
5.	ELEKTRISKEEM .....	32
6.	KAVANDATAV TOODE.....	33
	KOKKUVÕTE.....	34
	SUMMARY.....	35
	KASUTATUD MATERJAL .....	36
	LISAD.....	38
	LISA 1. ANDURITE JA VALGUSTI TÖÖSKEEM.....	38
	LISA 2. LIIKUMISANDURITE TÖÖPIIRKONNAD.....	39
	LISA 3. ANDURITE PAIGUTUSE JA TÖÖPIIRKONNA LIHTSUSTATUD SKEEM .....	41
	LISA 4. UNITRONICS KONTROLLER [9] .....	42
	LISA 5. SOLIDWORKSIGA KOOSTATUD PILDID LÕPPTOOSTEST .....	43
	LISA 6. ELEKTRISKEEMID.....	45

TTÜ mehhatroonikainstituut  
Mehhanosüsteemide komponentide õppetool  
**BAKALAUREUSETÖÖ ÜLESANNE**  
2016. aasta kevadsemester

Üliõpilane: Urmo Tuul, 135028MAHB

Õppekava: MAHB02/13

Juhendaja: dotsent Igor Penkov

Konsultandid:

**LÕPUTÖÖ TEEMA (eesti ja inglise keeles):**

**Ülekäiguraja valgustuse reguleerimissüsteem**

**Adjusting system for crosswalk lighting**

**Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:**

<b>Nr</b>	<b>Ülesande kirjeldus</b>	<b>Täitmise tähtaeg</b>
<b>1</b>	<b>Materjali kogumine; Ülesande püstitus</b>	<b>10.3.2016</b>
<b>2.</b>	<b>Lõputöö teema kinnitamine</b>	<b>21.3.2016</b>
<b>3.</b>	<b>Liiklusmärgi valgustus, kasutatavad andurid ja elektrisüsteem</b>	<b>31.3.2016</b>
<b>4.</b>	<b>Andurid sõiduauto tuvastamiseks, asukoht, elektri- ja loogikasüsteem</b>	<b>11.4.2016</b>
<b>5.</b>	<b>Esialgne mustand valmis</b>	<b>25.4.2016</b>
<b>6.</b>	<b>Lõputöö vormistus</b>	<b>16.5.2016</b>

**Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid:**

Andurite paigutus, vastupidavus väliskeskkonna teguritele, ohutus (ei oleks kahjulik inimesele ja inimkonnale).

**Esitatav graafiline materjal:**

Kaitsmistootlus esitada deканаati hiljemalt 16.05.2016      **Lõputöö esitamise tähtaeg**  
20.05.2016

**Üliõpilane**      Urmo Tuul      /allkiri/ ..... kuupäev 18.03.2016

Kontakttelefon +372 555 98979      E-mail: [urmo.tuul@hotmail.com](mailto:urmo.tuul@hotmail.com)

**Juhendaja**      Igor Penkov      /allkiri/ ..... kuupäev 18.03.2016

Konfidentsiaalsusnõuded ja muud ettevõttepoolsed tingimused formuleeritakse pöördel

## EESSÕNA

Antud lõputöö teema sai välja mõeldud seoses sooviga parandada liiklusohutust Eesti Vabariigi asulate teedel. Pimedamal ajal on sõidukijuhtidele eriti ohtlikud ettevaatamatult sõiduteed ületavad inimesed ja loomad. Teema jaoks sain mõtlemisainet seoses õppeainega „Programmeeritavad kontrollid“, kus Tallinna Tehnikaülikooli õppejõud Rein Paluoja juhendamisel simuleerisime liiklusfooride valgustuse muutmist maketil mudelautode kaasabil.

Liikluskorralduse ja fooride kohta uurisin täpsemalt ettevõtte AS Signaal TM (<http://www.signaal.ee/index.php/et/>) töötajatelt ning nende käest sain olulist infot näiteks videoandurite ja liiklusmärgistuse standardite kohta.

Antud lõputöö valmis Tallinna Tehnikaülikooli Mehaanikateaduskonna õppejõu Igor Penkovi juhendamisel.

## SISSEJUHATUS

Igal aastal hukkub maailmas tuhandeid inimesi liikluses ja eriti sõidutee ääres. Põhjuseks on tihti ebapiisav nähtavus (halb tänavavalgustus, lumehanged, pargitud sõidukid jne) ja halbade ilmastikuolude (vihm, lumi jne) tõttu. Ehkki riikide juhid ja linnade kohalikud omavalitsused teevad endast olenevalt kõik, et parandada jalakäija turvalisust, on liiklussurmade arv endiselt suur. Käesoleva lõputöö ülesandeks olekski kavandada valgustusega liiklusmärk, mis asub jalakäijate ülekäiguraja ja sõidutee ristumiskoha juures.

Suuremal distantsil asetsev ja paremini nähtav liiklusmärk annab ülekäigurajale lähenevale mootorsõiduki juhile teada, et inimene või muu liikuv objekt võib asuda ülekäiguraja ligidal ning võib alustada sõidutee ületamist. Kui sõidukijuht näeb liiklusmärki kaugemalt, siis jõuab ta hinnata tekkinud olukorda kiiremini ja vajadusel alustada sõidukiiruse vähendamist. Kavandatav liiklusmärk ei asenda klassikaliselt reguleeritud ülekäiku ja kindlasti ei tähenda see seda, et mootorsõiduki juht oleks kohustatud peatuma, kui liikumist ülekäigurajal ei toimu. Süsteem õigustab ennast juhul kui sõiduteed läbivate autode hulk on suur, kuid ülekäigurada ületavate jalakäijate hulk on väike.

Sarnane lahendus on kasutusel mitmel pool Ameerika Ühendriikides, näiteks Californias ja Hawaii'l. Sõidutee ja liiklusmärk on varustatud LED tulukestega, mis hakkavad vilkuma, kui inimene on vajutanud vastavat nuppu liiklusmärgi lähedal. Tegemist on põhimõtteliselt fooriga, mis peatab liikluse kui on tuluksed on aktiveerunud ja inimene saab ohutult ületada ülekäiku. Süsteem saab toite elektrivõrgust või päikesepaneelidest. Eesti tingimustes ei ole otstarbekas päikesepaneeli kasutada kliimaatiliste olude tõttu. Lisaks autotee sisse ehitatud valgustid vajuksid asfaldi sisse ning peale sadanud vesi või lumi muudaksid sõidutee konarlikuks ja auklikuks ning nõudlus teeremondi järele kasvaks. Eestiski, täpsemalt Pärnus, asuv LED'idega varustatud liiklusmärk kasutab oma töös infrapuna kaameraid. Liiklusmärgi tuluksed aktiveeruvad juhul kui inimene on astunud ülekäigurajale.

Käesolevas lõputöös kavandatav liiklusmärk on varustatud tavaliste kodusdeski leiduvate liikumisanduritega, mis reageerib inimese, jalgratturi, kodulooma või muu liikuva objekti



peale. Lisaks kasutaksin andureid, mis arvestavad sõiduauto lähenemist ülekäigurajale. Andurite sünkroniseeritud koostoimel saab tekitada energia kokkuhoidu. Sõidutee- ja liiklusmärgi andurite koostoimel lülitab kontrolleri vastava signaaliga liiklusmärgi valgustuse sisse ja paistab mootorsõidukijuhile kaugelt silma. Kui inimene või muu liikuv objekt ületab sõiduteed, kuid sõidukit lähenemas ei ole, siis valgustus põlema ei lähe ja vastupidi. Selline lahendus saaks toite elektrivõrgust ja töötaks ööpäeva ringselt aasta läbi.

Antud lõputöö teevadki keeruliseks sobivate ja vastupidavate õuetingimustes töökindlate liikumisandurite leidmine, nende paigutus ning tööpiirkond. Valgustuse valikul pean leidma energiasäästliku ning vastupidava tihedale sisse- ja väljalülitisele. Kontrolleri juhitud süsteem peab arvestama lülituste järjekorda, et valgustid õigel ajal sisse lülitada.

Lõputöös kasutan erinevat arvuti tarkvara. Põhilisteks on 'yEd Graph Editor' *flowchart*'i koostamiseks, 'Paint' erinevate elektriskeemide ja muude joonistuste koostamiseks ning 'SolidWorks 2015' aitab mul koostada lõpptulemuse kujutise 3D mudelina.

# PÕHIOSA

## 1. Andurid

Liiklusmärgil asuva valgustuse käivitamiseks on kaks moodust: automaatne ja manuaalne. Manuaalse režiimi puhul peaks inimene lülitama käsitsi nupust ja liiklusmärgi valgustus läheks põlema. Automaatse režiimi korral lülituks valgusti automaatselt, kui inimene või muu objekt satub liikumisanduri tööpiirkonda. Automaatsed liikumisandurid tuvastavad nii inimesi, loomi kui ka sõidukeid. Tasub meeles pidada, et liikumisandurid võivad aktiveeruda ka juhul kui selleks otsest vajadust ei ole. Tavaliselt põhjustavad andurite valehäireid andurite valesti paigaldamine, elektrivõrgu riked ja elektritoite kadumine, pikselöögid, lemmikloomad, looduses ringi lendavad putukad ja isegi puude ning põõsaste tuule käes liikuv lehestik.

Liikumisanduritega seadistatud valgustuse eelised:

- Automaatne käivitus
- Saavad kasutada ka isikud, kes ei suuda nupuvajutust läbi viia (näiteks 2 kotti käes, muud probleemid)
- Aktiveerub inimese, sõiduki, jalgratturite kui ka loomade korral
- Õigesti seadistamisel väga töökindel

Liikumisanduritega seadistatud valgustuse puudused:

- Anduri tööpiirkonna „pimedas nurgas“ ei aktiveeru
- Paigaldus ja seadistus keeruline
- Ilmastik ja kliima mängib suurt rolli
- Võivad aktiveeruda ka valede signaalide korral
- Mehaanilised vigastused andurile on kerged tekkima

### 1.1 Andurite ja liiklusmärkide arv ning paigutus

Antud ülesandes pean kasutama kuut liikumisandurit. Kaks andurit asetsevad esimese liiklusmärgi L1 küljes (andurid A1 ja A2), kaks andurit teise, liiklusmärgi L2 küljes

(andurid A3 ja A4). Andur A5 asetseb sõiduteel registreerimaks sõidukit ühes sõidusuunas ja andur A6 teises sõidusuunas. Inimese või muu liikuva objekti sattumisel andurite A1 ja A2 mõjusfääri aktiveerub valgus (järjekord on tähtis), samal ajal peab lähenema mootorsõiduk ülekäigurajale, mis aktiveerub anduri A5 või A6. Andurite A1, A2 ja A5 või A6 korraga aktiveerumisel hakkavad mõlemal liiklusemärgil L1 ja L2 külje peal tuled põlema, sõidukijuht jõuab reageerida tekkinud olukorrale vastavalt ja inimene saab ohutult ületada sõiduteed. Kui inimene on vastava teepoole ületanud saab sõidukijuht takistuse puudumisel edasi sõita. 10 sekundi möödudes või kui inimene aktiveerub kõigepealt anduri A4 ja siis A3, kustub valgustus L1 ja L2.

Samasugune olukord tekib kui inimene või muu liikuv objekt ületab sõiduteed teisel pool ülekäigurada. A3 ja A4 õige järjekorra aktiveerumisel, samal ajal sõiduki lähenedes ülekäigurajale aktiveeritakse andur A5 või A6. Andurite A3, A4 ja A6 või A5 korraga aktiveerumisel hakkavad mõlema liiklusemärgi plafoonil tuled põlema, sõidukijuht reageerib tekkinud olukorrale vastavalt ja inimene saab ohutult ületada sõiduteed. Kui inimene on vastava teepoole ületanud saab sõidukijuht takistuse puudumisel edasi sõita. 10 sekundi möödumisel või kui inimene satub anduri A2 ja siis A1 mõjusfääri, kustub valgustus liiklusemärkidel.

Loogikaskeem on järgnev:

$$((A1 \& A2) \vee (A3 \& A4)) \& (A5 \vee A6) \rightarrow L1 \& L2$$

$$10 \text{ sec} \vee (A4 \& A3) \vee (A2 \& A1) \rightarrow \overline{(L1 \& L2)}$$

Lülituste järjekord on täpsemalt välja toodud lisas 1, lk 38.

## 1.2 Inimesi tuvastavad andurid

Inimese või muu objekti liikumist tajuvad andurid on vaja paigutada liiklusemärgi külge ja tööpiirkonnaks oleks märgi lähiümbrus. Andurite tööpiirkond on tavaliselt 15 kuni 25 meetrit, koos lisaseadmetega saab tööpiirkonna kaugust vastavalt suurendada või vähendada. Liikumisandurid on kõige töökindlamad kui nad on paigaldatud paralleelselt liikumissuunaga. Liikuva objektile otse peale suunatud andur ei pruugi aktiveeruda.

### 1.2.1 Infrapunaandur

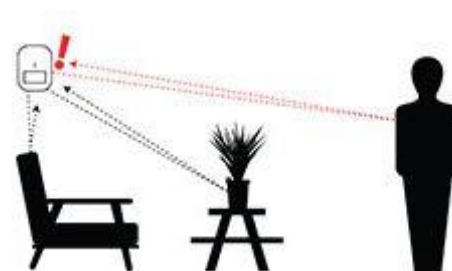
Kõik kehad üle absoluutse nulli (0 K) kiirgavad soojust. Infrakiirgus on inimsilmale nähtamatu. Maailmas kasutatakse infrapunaandurit kõige sagedamini turvasüsteemides. Infrapunaandur loob nähtamatu ruudustiku. Liikuva objekti sattumisel ruudustikku, muudab objekt tagastatavat energiat, infrakiirguse energia järsult tõuseb, andur tuvastab soojusallika. Andur aktiveerub ja tuvastab liikumise ümbritsevas keskkonnas. Tööpõhimõte on toodud joonisel 1 [1].



Joonis 1. Infrapunaandur [1]

### 1.2.2 Mikrolaine andur

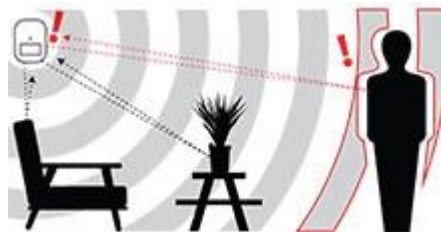
Andur kiirgab välja elektromagnetilisi mikrolaineid ja samal ajal vastuvõtjana tuvastab tagasipeegeldunud laineid liikuvalt objektilt. Liikuvalt objektilt peegelduv laine jõuab andurini kiiremini tagasi ja andur reageerib kauguse muutusele. Liikluspolitseinike liikluskaamerad töötavad samuti mikrolainete põhimõttel, et registreerida kiiruseületajaid. Tööpõhimõte on toodud joonisel 2 [1].



Joonis 2. Mikrolaine andur [1]

### 1.2.3 Mitme tehnoloogiaga kombineeritud andur

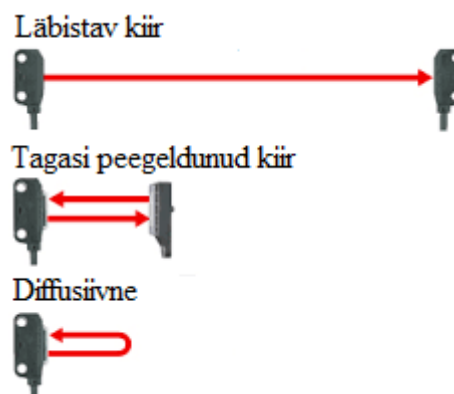
Liikumisandureid saab omavahel kombineerida vältimaks asjatuid lülitusi. Näiteks saab passiivset infrapunaandurit kasutada koos mikrolaine anduriga. Mõlemad andurid mõõdavad erinevaid parameetreid, passiivne infrapuna tajub liikuva objekti soojuskiirgust ja aktiivne mikrolaine andur registreerib liikumist. Anduri töötamise jaoks peavad mõlemad (alam)andurid olema aktiveeritud. Tööpõhimõte on toodud joonisel 3 [1].



Joonis 3. Mitme tehnoloogiaga andur [1]

### 1.2.4 Infrapuna kiiri kiirgav andur

Andur töötab nii saatjana kui ka vastuvõtjana. Andur kiirgab välja infrapuna kiiri LED tulukeselt. Kui infrapuna kiir ei saa tagasipeegelduda anduri vastuvõtjasse, siis andur registreerib liikumise. Kasutusel erinevad lahendused kiire registreerimiseks, mille tööpõhimõtted on esitatud joonisel 4.



Joonis 4. Kiiri emiteerivad andurid [14]

### 1.2.5 Ultrahelilainete andur

Andur töötab ultrahelilainete abil. Ultrahelilained on inimese kuulmissagedusest kõrgemad. Andur kiirgab välja kõrgsageduslikke laineid, samal ajal töötab andur vastuvõtjana ja mõõdab tagasipeegeldunud lainete aja. Takistuse sattumisel tööpiirkonda (näiteks liikuv objekt) jõuab laine kiiremini andurisse ja andur aktiveerub. Tööpõhimõte on toodud välja joonisel 5 [3].



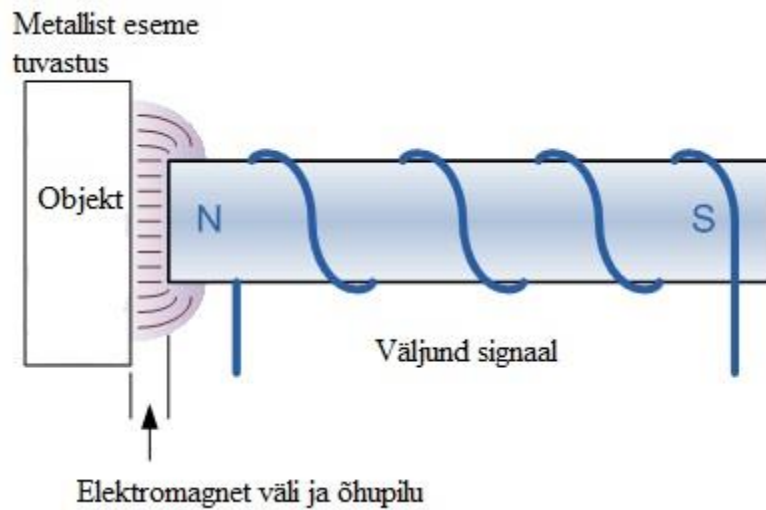
Joonis 5. Ultraheliandur [3]

## 1.3 Sõidukeid tuvastavad andurid

Mootorsõidukeid saab tuvastada samade anduritega, millega tuvastame inimesi, lisaks andurid, mis tajuvad metallist päritolu objekte. Sõiduteel või sõidutee all asuvad andurid tuvastavad sõiduki lähenemise jalakäijate ülekäiguraja ja sõidutee ristumiskohale.

### 1.3.1 Induktiivandur

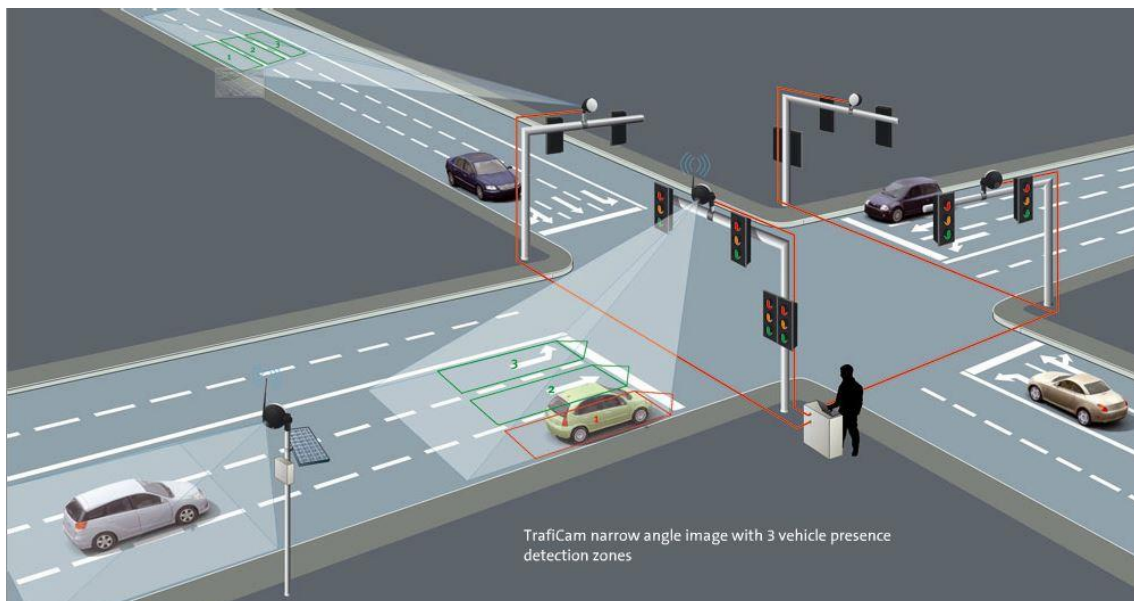
Laialdaselt kasutusel Ameerika Ühendriikides reguleerimaks fooride töötükleid. Induktiivandurid töötavad samal põhimõttel mis metallidetektorid (tajuvad metalli olemasolu). Peites andurid sõidutee alla, suudavad nad tuvastada liikuva sõiduki ja hoida tekkinud signaali teatav aeg aktiivsena [13]. Tööpõhimõte on toodud välja joonisel 6.



Joonis 6. Induktiivandur [13]

### 1.3.2 Videoandur

Üle maailma on laialdaselt kasutusel videoandurid, mis muudavad valgusfooride tsükleid vastavalt liiklustihedusele. Videoanduri puhul on kombineeritud vastava videotehnika ja tarkvara koostöö. Videopildiks võib olla tavalise videopildiga kaamera või infrapunakaamera. Videoandur paigaldatakse sõiduteest kõrgemale. Joonisel 7 on toodud videoanduri tööpõhimõte.



Joonis 7. Videoandur [8]

### 1.3.3 Magnetlaineid mõõtev andur

Mõõdab muutuvat magnetvälja, kui andurit ületab mingisugune objekt. Kahte eri tüüpi: aktiivne ja passiivne. Aktiivset magnetandurit hüütakse magnetomeetriks. Andur töötab samal põhimõttel, mis induktiivandur ja metallidetektor, aga see koosneb magnetsüdamikust, mille ümber on mähitud pool. Mõõdab magnetvälja muutust, mis kaasneb möödamineva või paigalseisva sõidukiga. Passiivne andur mõõdab maa magnetvälja liikuva sõiduki puhul, kuid paigalseisvat sõidukit ei suuda tuvastada. Passiivsel magnetanduril on lai tuvastusala, kuni mitu sõidurida.

### 1.3.4 Ultrahelilainete andur

Kasutusel Jaapanis, et reguleerida fooride töösükleid. Täpsem tööpõhimõte on kirjeldatud peatükis 1.2.5, leheküljel 14.

### 1.3.5 Infrapuna kiiri kiirgav andur

Anduri aktiveerumiseks peavad sõidukid läbima valguskardina. Anduri täpsem tööpõhimõte on kirjeldatud peatükis 1.2.4, leheküljel 13.

## 1.4 Andurite võrdlus

Anduri tüüp	Alamtüüp	Eelised	Puudused
<b>Passiivne infrapuna-andur</b>		<ul style="list-style-type: none"><li>– Suur efektiivne kaugus ja pöördnurk (kuni 180°)</li><li>– Võimalik seadistada sektoreid ja tööpiirkonda</li><li>– Palju tootjaid, seega hind soodne</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Otsene päikesevalgus halvendab anduri tööd</li><li>– Võib aktiveeruda kõrvalistele soojusallikatele (näiteks kuumenenud asfalt)</li><li>– Kliimaatiised tingimused halvendavad töökvaliteeti</li></ul>
<b>Mikrolaine-andur</b>		<ul style="list-style-type: none"><li>– Tuvastab objekte suuremal pindalal kui infrapunaandur</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Kallid</li></ul>



		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Kliimaatilised tegurid ei nii suurt mõju anduri tööle kui inrapunaanduril</li> <li>– Pöördnurk suur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Tundlikud elektrilainetele</li> </ul>
<b>Mitme tehnoloogiaga kombineeritud andur</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Töökindlamad</li> <li>– Ei aktiveeru iga eksitava signaali korral</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Kallid</li> <li>– Tundlikud elektrilainetele</li> </ul>
<b>Infrapuna kiiri kiirgav andur</b>	<b>Läbistav kiir</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Väga täpne</li> <li>– Suur vahemaa</li> <li>– Väga töökindel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Peab paigaldama saatja ja vastuvõtja (2 elementi)</li> <li>– Kallis</li> </ul>
	<b>Tagasi peegeldunud kiir</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Täpne</li> <li>– Vahemaa küllaltki suur</li> <li>– Väga töökindel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Peab paigaldama saatja ja vastuvõtja (2 elementi)</li> <li>– Kallis</li> <li>– Vahemaa väiksem</li> </ul>
	<b>Diffusiivne kiir</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ainult üks element, mis on nii saatja kui ka vastuvõtja eest</li> <li>– Odavam kui teised infrapunakiiri emiteerivad andurid</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ebatäpne</li> <li>– Seadistamine keerukas ja võtab kaua aega</li> </ul>
<b>Ultraheli-laineteandur</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Tuvastab enamik materjale, mis peegeldavad laineid</li> <li>– Väliskeskkonnale vastupidavamad kui valgust kiirgavad andurid</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Võimaliku signaali saamine kohtadest (näiteks maja seina tagant)</li> <li>– Võimaliku signaali saamine kaugemalt kui anduris seadistatud piirkond</li> <li>– Kallid</li> <li>– Tuuline ilm mõjutab anduri tööd</li> <li>– Helilained ei peegeldu pehmetest materjalidest (riie, kumm)</li> </ul>

Tabel 1.4.1. Inimeste tuvastamiseks mõeldud andurid

Anduri tüüp	Alamtüüp	Eelised	Puudused
<b>Induktiiv-andurid</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Lihtne konstruktsioon</li> <li>– Töökindel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Paigaldus ja hooldus väga keeruline</li> <li>– Ei tuvasta sõidukeid, mille metalli osakaal on väike (näiteks süsinikkiust jalgrattad või väikese metalli sisaldusega autod)</li> <li>– Sõidutee peab olema sile</li> <li>– Sõidutee pindamise korral peab süsteemi uuesti ehitama</li> </ul>
<b>Videoandur</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Mäe sõiduraja jälgimine</li> <li>– Programmeeritavad kindlale sektorile</li> <li>– Lihtne paigaldus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ilmastikutingimused mängivad suurt rolli töökindluses</li> <li>– Sõidukite varjud</li> <li>– Veelompide peegeldus</li> </ul>
<b>Magnetlaineid tuvastav andur</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Võimalus jälgida mitut sõidurada</li> <li>– Lai tööpiirkond</li> <li>– Lihtne konstruktsioon</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Väiksemate sõidukite (näiteks mootor- ja jalgrataste) puhul peab kasutama mitut andurit</li> <li>– Paigaldus kallis</li> <li>– Hooldus keeruline</li> </ul>
<b>Ultraheliainete andur</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Tuvastab materjale, mis peegeldavad laineid sealhulgas plastmasse</li> <li>– Väliskeskkonnale vastupidavamad kui valgust kiirgavad andurid</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Võimaliku signaali saamine kohtadest (näiteks maja seina tagant)</li> <li>– Võimaliku signaali saamine kaugemalt kui anduris seadistatud piirkond</li> <li>– Kallid</li> <li>– Tuuline ilm mõjutab märgatavalt anduri tööd</li> </ul>

<b>Infrapuna kiiri kiirgav andur</b>	<b>Läbistav kiir</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Väga täpne</li> <li>– Suur vahemaa</li> <li>– Väga töökindel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Peab paigaldama saatja ja vastuvõtja (2 elementi)</li> <li>– Rajamine keerukas (sõidutee keskele andurid)</li> </ul>
	<b>Tagasi peegeldunud kiir</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Täpne</li> <li>– Vahemaa küllaltki suur</li> <li>– Väga töökindel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Peab paigaldama saatja ja vastuvõtja (2 elementi)</li> <li>– Kallis</li> <li>– Vahemaa väiksem</li> <li>– Rajamine keerukas (sõidutee keskele andurid)</li> </ul>
	<b>Diffusiivne kiir</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ainult üks element, mis on nii saatja kui ka vastuvõtja eest</li> <li>– Odavam kui teised infrapunakiiri emiteerivad andurid</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ebatäpne</li> <li>– Seadistamine keerukas ja võtab kaua aega</li> </ul>

Tabel 1.4.2. Sõiduki tuvastamiseks mõeldud andurid

## 1.5 Andurite valik

Inimeste tuvastamiseks oleks kõige kindlam viis kasutada nupulevajutamist. Selline süsteem on Ameerika Ühendriikides laialdaselt kasutusel, kuid ülesande püstituses on seatud mul eesmärgiks kasutada liikumisandureid, seega nupulevajutus antud ülesande puhul ei tule kõne alla. Praeguse ülesande puhul olen seadnud eesmärgiks tuvastada kõik liikuvad objektid, mis lähenevad ülekäiguraja ja sõidutee ristumiskohta. Kaaludes erinevate andurite puuduseid ja eeliseid, siis leian, et kõige kavalam oleks kasutada mitme tehnoloogiaga kombineeritud liikumisandureid .

Anduriteks A1, A2, A3 ja A4 olen väljavalinud firma DCS andurid LC-151, mis sisaldavad passiivse infrapuna ja mikrolainete andurit. Soovituslik paigaldamiskõrgus on 1,8 kuni 2,4 m. Taluvad temperatuuri vahemikku -35 °C kuni +50 °C. Tänu plastikust korpusele on neil kindel kaitse tuule eest kuni 30 m/s. Neid andureid saab kasutada kohtades, kuhu langeb otsene päikesevalgus, lisaks on nad vihma- ja lumekindlad.

Vajadusel saab seadistada ka loomade immuunseks (mida minu ülesande puhul vaja ei lähe). Anduritele peab lisaks kasutama anduri lisamoodulit LC-B1-15X, tänu millele saab andurit kinnitada liiklusmärgi postile ning anduri efektiivne töökaugus saaks lühem. Lisaks peavad andurid A2 ja A4 olema varustatud spetsiaalse läätsega LC-L1-15X, mis tagavad kitsa koridori liiklusmärgi ja sõidutee vahel [11].



Joonis 8. Liikumisandur LC-151 [15]



Joonis 9. Lisamoodul LC-B1-15X [15]

Andurite A5 ja A6 puhul, mis tuvastaksid sõidukeid, kasutaksin videoandureid. Sellise valiku puhul sai määravaks videoanduri paigaldamise lihtsus. Firma TrafiCam pakub maailma laialdaselt kasutatavaid videoandureid. Andurid saab paigaldada lihtsa vaevaga näiteks tänavavalgustusposti otsa. Paigaldusel peab tähelepanema, et otsene päikesevalgus ei satuks kaamerasse [9]. Eeldusel, et mootorsõidukite liikumiskiirus linnas on 50 km/h kuni 60 km/h, mis võrdub umbes 14 m/s kuni 17 m/s, tuleks paigaldada videoandurid sõidutee kohale vähemalt 50 kuni 60 meetrit ettepoole ülekäigurajast.



Joonis 10. TrafiCam videoandur [9]

Liikumisandurite tööpiirkonnad on toodud lisas 2, lk 39 ja paigutus lisas 3, lk 41.

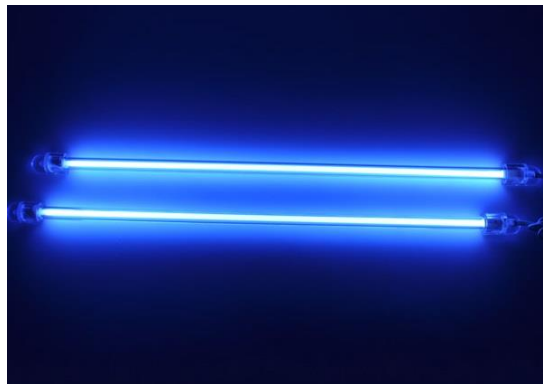
## 2. Valgustus

### 2.1 Liiklusmärgi valgustus

Liiklusmärk on varustatud valgustitega, mis lähevad põlema andurite aktiveerumisel ja nende koostoimel. Valgustute valimisel pean arvestama mitmeid erinevaid aspekte: valgustugevus, lampide arv, valgustuse hind, voolutarve, valgustuse eluiga, töötamine väliskeskkonnas ja värvus. Antud süsteemi puhul on määrav ka valgustuse kinnitusvõimalused liiklusmärgile. Sooviksin kasutada lampe, millega saaksin katta liiklusmärgi kõik 4 külge, seega kasutaksin valgustorusid või valgusjuhet. Põhiliselt on tänapäeval kasutusel 3 eri tüüpi valgustorusid: neon-, LED- ja fluroentsvalgustorud.

#### 2.1.1 Neonvalgustid

Neonlambid arendati välja 20. sajandi alguses. Suurema populaarsuse saavutasid nad juba 1920ndatel aastatel. Neonvalgus tekib elektrivoolu läbilaskmisel klaastorust, mille tulemusena hakkab klaastorus asuv gaas heledalt särama. Täitegaasiks on hõreda tiheduse ja madala rõhuga neoongaas. Neonlamp on klaasist toru, mille mõlemad otsad on suletud metallelektroodiga. Klaastoru läbistamisel kõrgepingega ioniseerub gaas torus, mis põhjustab värvilise nähtava kiirguse, mis on inimsilmale nähtav. Valguse värvus sõltub täitegaasist. Neonlambid said nimetuse neon vääriskaasist, mis annab oranži värvuse. Teised keemilised elemendid täitegaasis annavad lambile teise valgusspektri ja valguse. Näiteks vesinik punase, heelium kollase, süsinik valge ja elavhõbe sinise [16].



Joonis 11. Neonvalgusti

### 2.1.2 LED valgustorud

LED valgustus arendati välja varastel 1960ndatel. LED tuleneb ingliskeelsest lühendist Light Emitting Diode. LED valgustus põhineb pooljuhtidel. Kindla suurusega kasutatav vooluhulk kiirgab välja valget valgust, mis on segu punasest, sinisest ja rohelisest valgusest. Mõned LED lambikesed suudavad välja kiirata rohkem kui 300 luumenit ühe vatti kohta. LED'ide värvispekter on lai, kuni 90 erinevat värvitooni. Erinevate värvitoonide puhul ulatub lampide töötemperatuur 2700 K kuni 7000 K [17].



Joonis 12. LED valgusti

### 2.1.3 Flurosentlambid

Flurosentlampide tehnoloogia arendati välja 19. sajandi keskpaigas, esimesed valgustid aga 20. sajandi algul. Flurosentlambid on klaastorud, sisaldavad madala rõhuga elavhõbeda auruga segatud gaasi. Klaastoru läbiv elektrilaeng ergastab elavhõbeda aatomid, mis paneb need helendama ja kiirgab inimsilmale nähtamatut ultravioletvalgust. Tänu fosfori kattele klaaspinnal on näeme lampi siiski helendamas. Flurosentlampide kasutegur on mitu korda suurem kui tavalisel hõõglambil. Ühe vatti kohta toodab flurosentlamp 50 kuni 100 luumenit [18].



Joonis 13. Flurosensvalgusti

## 2.2 Erinevate valgustustite võrdlus

Valgustuse tüüp	Eelised	Puudused
<b>Neon valgustus</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Kõrge tööiga – mõnest aastast kuni aastakümneni</li> <li>– Laialdane värvide spekter</li> <li>– Vastupidav tihedale sisse- ja väljalülitusele</li> <li>– Vastupidav välistingimustes</li> <li>– Kohene käivitus sisselülitusel</li> <li>– Võimalus moodustada erinevaid kontuure</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Kallimad kui flurosenslambid</li> <li>– Suur energiatarve ja madal kasutegur</li> <li>– Töötab kõrgepinge pealt (kuni 15 kV)</li> </ul>
<b>LED valgustus</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Väga kõrge elektriline kasutegur</li> <li>– Kõrge tööiga</li> <li>– Kohene käivitus sisselülitusel</li> <li>– Vastupidav tihedale sisse- ja väljalülitusele</li> <li>– Laialdane värvide spekter</li> <li>– Võimalus moodustada erinevaid kontuure</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Aja jooksul valguse kiirgamise intensiivsus kaob</li> <li>– Kallis tehnoloogia</li> </ul>



<b>Fluorotsents valgustus</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Odavad</li> <li>– Elektriline kasutegur kõrge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ei talu tihedaid sisse- ja väljalülitusi</li> <li>– Välistingimustes vastupidavus kehv</li> <li>– Sisaldab mürgiseid elavhõbeda auruseid, mis atmosfääri sattumisel on inimesele väga kahjulik</li> <li>– Värvispekter väike, põhiliselt valge valgus</li> </ul>
-------------------------------	---	---

Tabel 2.2.1. Valgustuse võrdlus

### 2.3 Valgustuse valik

Valgustuse valikul pean kõige olulisemateks kriteeriumiteks valgusti töökindlust. Valgustuse tihe sisse-, väljalülitamine vähendab lambi eluiga tuntavalt. Antud ülesande puhul kasutaksin ma torujaid LED valgusteid. Ehkki nad on kallimad kui teised valgustid, on nad küllaltki töökindlad, lisaks on neid lihtne kujundada vastavalt liiklusmärgi kujule.

Ettevõtte Atlantic Marine Inc. pakub sobivat sinist LED valgusjuhet, mis tarvitaks voolu 12 VDC, voolutugevusega 70 mA jala kohta. Valgustit peaks ostma pooliga, mida saab vastavalt lühemaks lõigata. Vaja on umbes 90 cm pikkust valgusjuhet, mis on võrdne umbes 36 tolli ehk 3 jalaga. 36 tolli kohta on LED tulukesti lambis 36 tükki [12].



Joonis 14. Sinine LED valgustoru [12]

Takisti väärtuse leidmine Ohm'i seaduse abil. LED'ide järjestikühendamisel on pinge konstantne.

Voolutugevus ühe lambi kohta:  $3 \text{ ft} \cdot 0,07 \text{ A/ft} = 0,21 \text{ A}$

Ohm'i seadus:

$$I = \frac{U}{R} \leftrightarrow R = \frac{U}{I}$$

kus  $R$  – takistus,  $U$  – pinge,  $I$  – voolutugevus.

$$R = \frac{(V_s - V_{lamp})}{I_{lamp}}$$

kus  $R$  - takisti,  $V_s$  – võrgupinge,  $V_{lamp}$  – töötava valgusti pinge,  $I_{lamp}$  – valgustit läbiv voolutugevus.

$$R = \frac{(V_s - V_{lamp})}{I_{lamp}} = \frac{(24 - 12)}{0,21} \approx 57 \Omega$$

Seega takisti  $R$  peab olema 57 oomi. Vt lisa lisa 6, lk 45.

Valgustuse paigutus on toodud lisa 5, lk 43.

### 3. Kontroller

Kontroller on seade automaatikas, mis korjab kokku signaalid ja annab õigel kombinatsioonil soovitud väljundi. Antud ülesande puhul kasutaksin kontrolleri Unitronics M90-T. Kontroller Unitronics sisaldab ühe reaalset displeid. Eeliseks on 8 sisendit ja 6 väljundit, lisaks on ta vastupidav õuetingimustes. Unitronicsi kontrolleri valituks ostamisel mängib ka rolli see, et Tallinna Tehnikaülikooli laborites on kontroller Unitronics olemas, et saaks võimaliku prototüübil katsetusi läbi viia [10].

Unitronics kontrolleri täpsem tehniline info on toodud välja lisa 4, lk 42.



Joonis 15. Unitronics M90 [10]

## 4. Liiklusmärk

Standarditele kohaselt pean kasutama liiklusmärki „Ülekäigurada“

Vastavalt EVS 613:2001 tähistusele on nad märgitud tähistega **543** ja **544** [4].



Joonis 16. Liiklusmärk 543 [4]



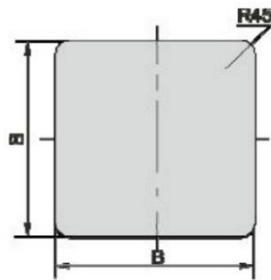
Joonis 17. Liiklusmärk 544 [4]

- Teedel lubatud kiirusega üle 70 km/h märke 543 ja 544 ei kasutata, see tähendab, et ülekäigurada ei rajata.
- Võidakse kasutada kahepoolseid märke, mille ühel küljel on märgi 543 kujutis ja teisel küljel märgi 544 kujutis.
- Ülekäiguraja laius määratakse vastavalt Eesti standardi „Teemärgised ja nende kasutamine“ nõuetele.
- Kahesuunalisel teel pannakse mõlemast sõidusuunast märk 542 teest vasakule ülekäiguraja tagapiirile ja märk 544 teest paremale ülekäiguraja esipiirile.

- Eraldusribaga teel, kus sõiduteel on mitu sõidurada, pannakse mõlemast sõidusuunast eraldusribale ülekäiguraja esipiirile ja tagapiirile täiendav märk 543.

## 4.1 Suurus ja kuju

Liiklusmärk „Ülekäigurada“ on põhiplaani ruut, mille tipud on ümarad.



Joonis 18. Liiklusmärgi algkuju [5]

Märgid jagunevad suurusgruppideks, mille puhul arvestatakse, kas märk paikneb asulasisestel teedel või asulavälistel teedel ning sõltub lubatud sõidukiirusest.

Suurusgrupp:

- 0 (väga väike) - B = 400 mm.
- I (väike) - B = 600 mm
- II (keskmise) - B = 700 mm
- III (suur) - B = 900 mm

Ülesandes on eeldatud, et kasutusel on asulasisesed teed, milles lubatud kiirus  $30 < v_1 \leq 50 \text{ km/h}$ . Seega tuleb kasutada suurusgruppi I [5].

## 4.2 Konstruktsioon ja elektrifitseerimine

Konstruktsiooninõuded [6]:

- Märgi esikülge peab olema valgusteppegeldav või valgustatud (kas seest või väljaspoolt).
- Märgi valgustus ei tohi juhti pimestada.
- Sisevalgustusega märkide konstruktsioon peab tagama:

- Keermesliidete fikseerituse, lambipesade jäiga kinnituse ja vastupidavuse jõumomendil 3,0 N\*m;
- Võimaluse märki hästi puhastada, valgusallikaid kergesti vahetada ning juhtmestikku parandada;
- Klaasi tiheda ühenduse kerega, vastupidamaks vihmale, kui saju tugevus ei ületa 5 mm/min.
- Märgid ja kinnitusdetailid tuleb valmistada korrosioonikindlast materjalist või katta korrosioontõrjekihiga. Kasutatav materjal peab tagama märgi konstruktsiooni püsivuse.
- Märgi tagakülg, kere ja kinnitusdetailid peavad olema halli värvusega, vältimaks vastupeegeldava toime.
- Märk peab olema valmistaja poolt varustatud markeeringuga, mis peab loetavana säilima kogu märgi eksploatatsiooni vältel. Markeering peab sisaldama valmistaja nime, aadressi ja valmistamise aega (kuu, aasta).
- Märgid peavad vastu pidama temperatuuris -30° C kuni +35° C.

#### Elektrotehnilised nõuded [6]:

- Sisevalgustusega märkide ehitus peab vastama elektriseadmete ehituse eeskirjadele
- Märgi elektrivõrku lülitamiseks vajalikud klemmid peavad asuma märgi sees.
- Voolujuhtmete omavaheline ja juhtmete ning maanduskontaktide vaheline isolatsioonitakistus peab olema vähemalt 20 MΩ (väljalülitatult).
- Isolatsioon peab läbi- ja ülelöögita vastu pidama 1500 V pingele sagedusel 50 Hz ühe minuti vältel.
- Kõik märgi metallosad peavad olema maandatud. Maandus- ja faasijuhtmed peavad olema tähitatud erinevalt, maandusklemmil peab olema vatav tähis.
- Märgi siseühenduseks tuleb kasutada vähemalt 1 mm<sup>2</sup> ristlõikega vaskjuhet, mille isolatsioon on arvestatud 50 Hz sagedusega ja 660 V pingega vahelduvvoolu puhuks.

### 4.3 Märgi paigutus tänaval

- Märgid pannakse nii, et neid ei kahjustaks sõidukid ja need ei takistaks jalakäijaid ega jalgrattureid.
- Märgid pannakse teest paremale. Erandjuhul vasakule, ohutussaarele, eraldusribale, tee kohale või teele.
- Tee kõrvale pandud märgi sõiduteepoolse serva kaugus sõidutee äärest, teepeenra olemasolul teepeenra välisäärest peab olema 0,5 m kuni 2,0 m.
- Märgi paneku kõrgus, s.t alumise märgi (arvestamata tahvilt) allserva kõrgus sõidutee kattest, peab olema järgmine, kui käesolev standard ei määra teisiti:
  - Tee kõrvale pandud märgil asulas 2,0 m kuni 4,0 m, väljaspool asulat 1,5 m kuni 2,2 m;
  - Ohutussaarele pandud märgil vähemalt 0,6 m;
  - Sõidutee ja teepeenra kohale pandud märgil 5,0 m kuni 6,0 m (teerajatise külge pandud märgil võib olla alla 5 m, kuid mitte vähem kui teerejatise allserva kõrgus).

Jalgtee ja kõnnitee kohale ning jalgteel, kõnniteel ja ühissõiduki peatuskoha ooteplatvormil posti külge pandud märgi (kaasa arvatud tahvel) allserva kõrgus peab olema vähemalt 2,2 m, jalgrattatee kohale pandud märgil (kaasa arvatud tahvel) vähemalt 2,5 m nende kattest [7].

## 5. Elektriskeem

Andurid A1, A2, A3, A4, A5, A6 on varustatud aegreleedega vastavalt KF1, KF2, KF3, KF4, KF5, KF6. KF1 ja KF3 taimerid on seadistatud 2 sekundi peale, KF2 ja KF4 taimerid on seadistatud 3 sekundi peale. KF5 ja KF6 aegreleede taimer on 6 sekundi peal. (sõiduk on lähenemas ülekäigurajale ja andur aktiveeriti, kuid signaal on aktiivne seni, kuni sõiduk on ületanud ristumiskoha ning relee lülitub ümber). Releede ümberlülitamisel saadetakse signaalid kontrolleri sisendisse vastavalt I0, I1, I2, I3, I4, I5. Õiges järjekorral lülitamisel kontrolleri väljundid O0 ja O1 aktiveeruvad ja lülitavad ümber aegreleed KF7 ja KF8, mille taimer on seadistatud 10 sekundi peale. KF7 ja KF8 aktiveerivad kaks valgustit liiklusmärkidel L1 ja L2.

Elektriskeem on toodud täpsemalt lisa 6, lk 45.



## 6. Kavandatav toode

Liiklusmärgid asetsevad silindrilise toru otsas. RUUKKI kataloogist valitud terasest toru läbimõõt on 88,9 mm ja seinapaksus 5 mm [2]. Andurite kinnitused asetsevad 2,3 meetri kõrgusel maapinnast. Kahepoolne lehtmetailist liiklusmärk 600x600 mm asetseb anduritest kõrgemal ja ulatub posti lõpuni välja. Märgid on omavahel kinnitatud spetsiaalsete klambritega ja hoiavad ennast kindlalt posti küljes. Kasutatud on teraspolte ja -mutreid suurusega M12. Märkide vahel on 150 mm vahe. Vahe peale on kinnitatud alumiiniumist reflektorid peegeldamiseks valgust võimalikult kaugele. Reflektorid on pealt kaetud läbipaistva 5 mm pleksiklaasiga, klaasi ja reflektori vahe on tihendatud kummist tihenditega. Klaas, tihend ja reflektor on kinnitatud märgi külge M8 suurusega kruvidega. Reflektori ja klaasi vahel jookseb sinine LED valgusriba. Elektriline kaabeldus on viidud toru sisse.

Lõpptoote 3D mudel on välja toodud lisas 5, lk 43.

## KOKKUVÕTE

Käesoleva lõputöö teemaks oli projekteerida ülekäiguraja valgustus, mis oleks aktiveeritav liikumisanduritega. Liikumisandurid ja valgustus pidid arvestama Eesti kliimaatilisi eripärasid. Lõputööd kirjutades küsiti sageli „Miks sa seda teed? Maailmas on analoogsed ülekäigurajad juba kasutusel ja toimivad olemasoleva tehnoloogia abil probleemideta.“ Mind ennast huvitas samas, kas oleks võimalik lihtsamate vahenditega luua toimiv süsteem, mis suudaks pakkuda konkurentsi maailmas juba kasutusel olevatele süsteemidele ning oleks meie oludeski töökindel. Lõputöös ei koostanud ma majanduslikku aruannet ega oska öelda, kas minu süsteem on olemasolevatest soodsam või mitte. Minu poolt pakutud lahendus ei pruugi olla kõige soodsam ja töökindlam. Lisauuringud on vajalikud, selgitamaks välja Eestile sobivaim süsteem.

Lõputöö üheks osaks oli ka SolidWorks 2015 kasutamine, et luua lõpptulemusena tootest 3D kujutis. Elektriskeemid ja muud joonised on koostatud Paint'i abiga.

Olen rahul bakalaureuse lõputöö teema valikuga. Selle kaudu sain rakendada erinevaid teadmisi, mis omandatud ülikoolis õppides.

## **SUMMARY**

An assignment for this Bachelor's theme was to create a lightning for crossroad sign what is activated by motion sensors. Motion sensors and lightning had to consider Estonian climate. During the time when I wrote my final project, many people asked me a question: „Why are you dealing with that theme? There are many different solutions to regulate crossroad lightning and they are already in use.“ I was curious if there is an easier way to regulate crossroad lightning. Expected solution should be as reliable and competitive as the ones that are being already in use. It also has to reckon with Estonian climate. In this final project I did not calculate the systems cost and I cannot tell if the system is cheaper or not. My settlement may not be the cheapest and the most reliable one. Future investigations on this field are needed to find best solution for Estonia.

One part of final project was to create a 3D model of final product in SolidWorks 2015. Electrical circuits and other drawings were made by using Paint.

I am glad that I have chosen that theme for my Bachelor final project. With this project I was able to use different skills and knowledges that I have learned in university so far.

## KASUTATUD MATERJAL

- 1) Infrapuna-, mikrolainete ja mitme tehnoloogiaga liikumisandur (08.04.16)  
<http://www.safewise.com/resources/motion-sensor-guide>
- 2) RUUKKI terasprofiilid, lk 43 (14.04.2016)  
<http://mh.ttu.ee/igor/MHE0061%20Masinatehnika%20Avalik/MHE0061%20Oppe materjalid/Abimaterjalid/Terasprofiilid-Ruukki.pdf>
- 3) Ultrahelilainete andur (08.04.16)  
<http://www.ab.com/en/epub/catalogs/12772/6543185/12041221/12041229/print.html>
- 4) EVS 613:2001 lk 80
- 5) EVS 613:2001 lk 3 ja 5
- 6) EVS 613:2001 lk 8, 9
- 7) EVS 613:2001 lk 1, 2
- 8) Videoanduri tööpõhimõte (25.04.2016)  
<http://traficam.com/animatie.html>
- 9) TrafiCam videoandur (25.04.2016)  
<http://traficam.com/>
- 10) Unitronics M90 kontrollerr (05.05.2016)  
<http://www.unitronics.com/Downloads/Support/Technical%20Library/M90M91%20Hardware/M90%20-%20Specifications/M90-T.pdf>
- 11) Liikumisandur LC-151 (25.04.2016)  
<http://cms.dsc.com/download.php?t=1&id=16448>
- 12) Atlantic Marine INC koduleht (13.05.2016)  
<http://www.atlanticmarineinc.com/led-rope-lights-12v/>
- 13) Induktiivandur (12.05.2016)  
[http://www.electronics-tutorials.ws/io/io\\_2.html](http://www.electronics-tutorials.ws/io/io_2.html)
- 14) Valgusanduri töö põhimõtte pilt (08.04.16)  
<http://www3.panasonic.biz/ac/ae/fasys/sensor/photoelectric/ex-20/index.jsp>
- 15) LC-151 liikumisanduri pildid (25.04.2016)  
<http://www.fsm.fi/lc-151>

16) Neon valgus (22.04.2016)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Neon\\_lighting](https://en.wikipedia.org/wiki/Neon_lighting)

17) LED valgus (22.04.2016)

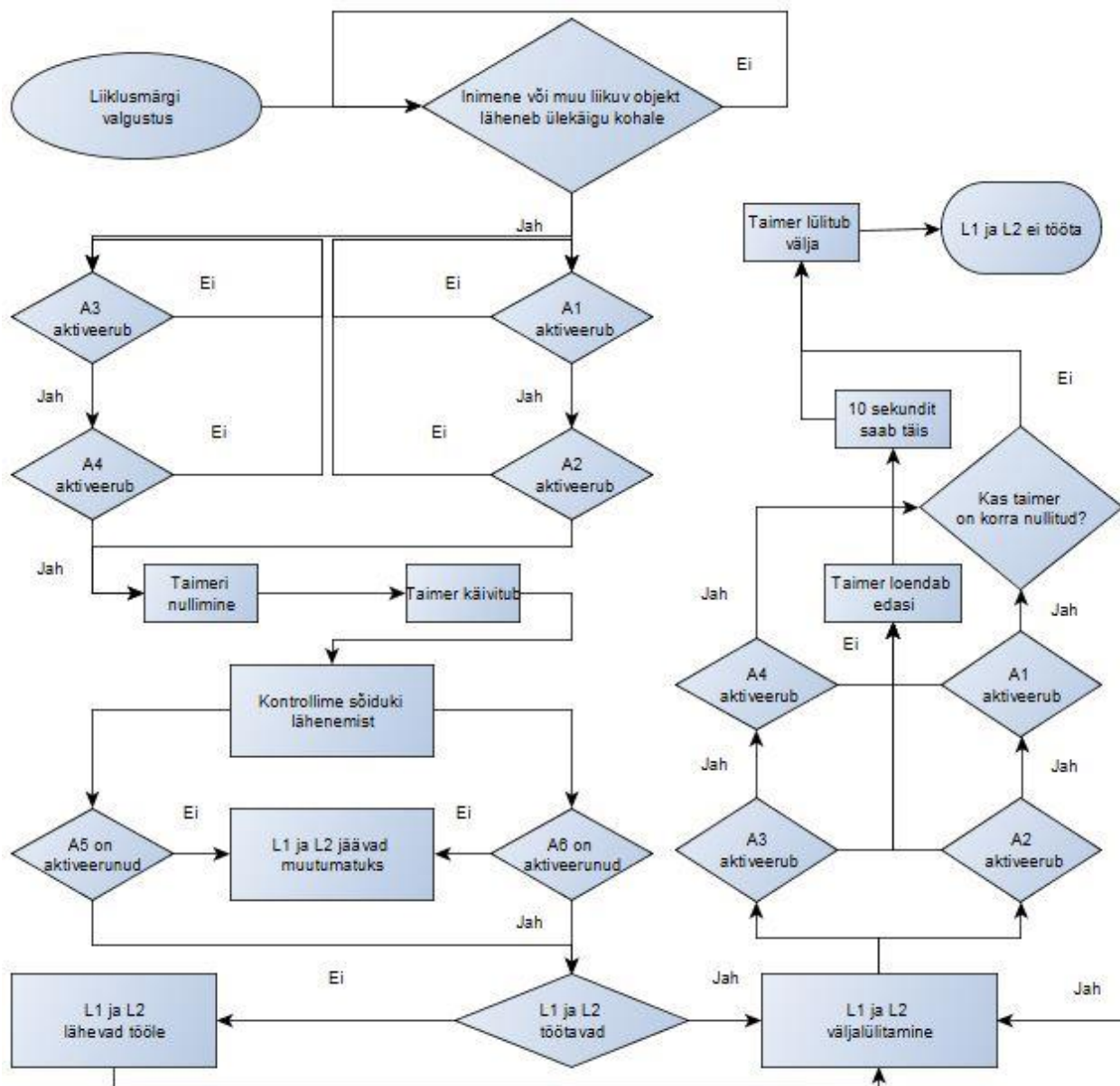
[https://en.wikipedia.org/wiki/LED\\_lamp](https://en.wikipedia.org/wiki/LED_lamp)

18) Flurosents valgus (22.04.2016)

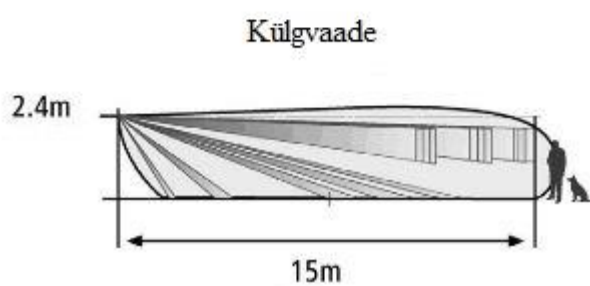
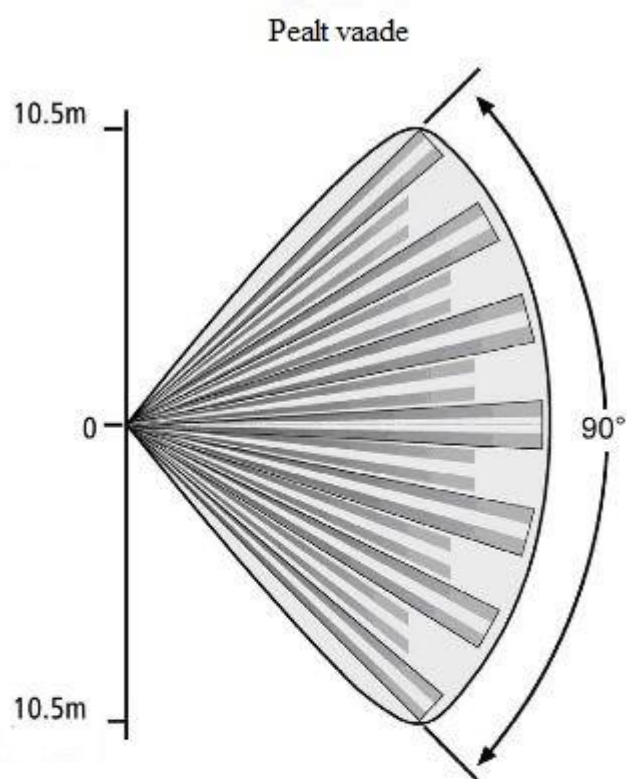
[https://en.wikipedia.org/wiki/Fluorescent\\_lamp](https://en.wikipedia.org/wiki/Fluorescent_lamp)

# LISAD

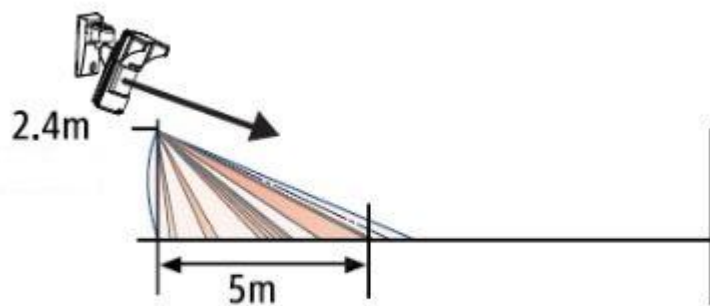
## Lisa 1. Andurite ja valgusti tööskeem



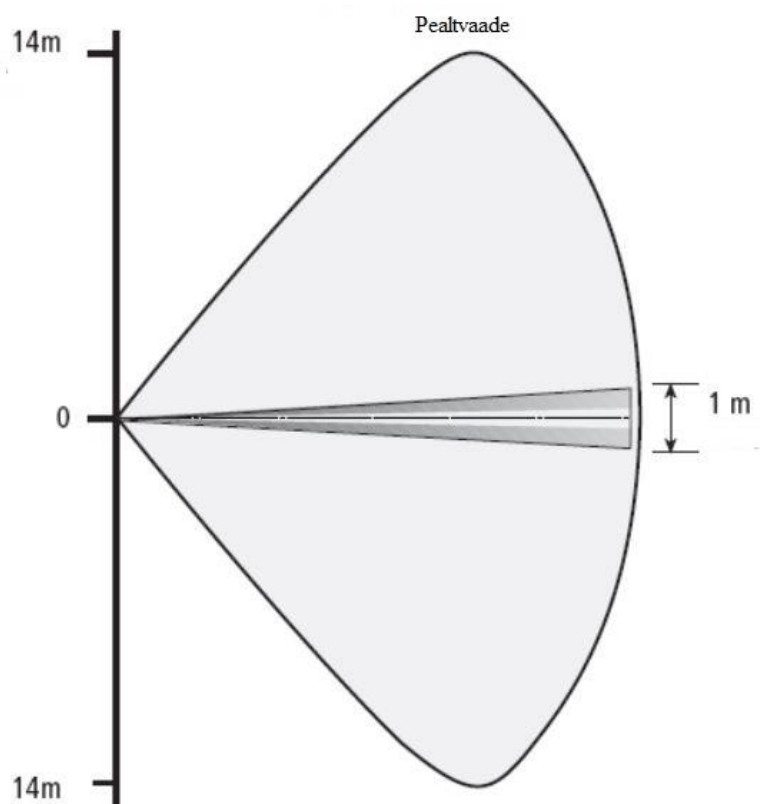
## Lisa 2. Liikumisandurite tööpiirkonnad



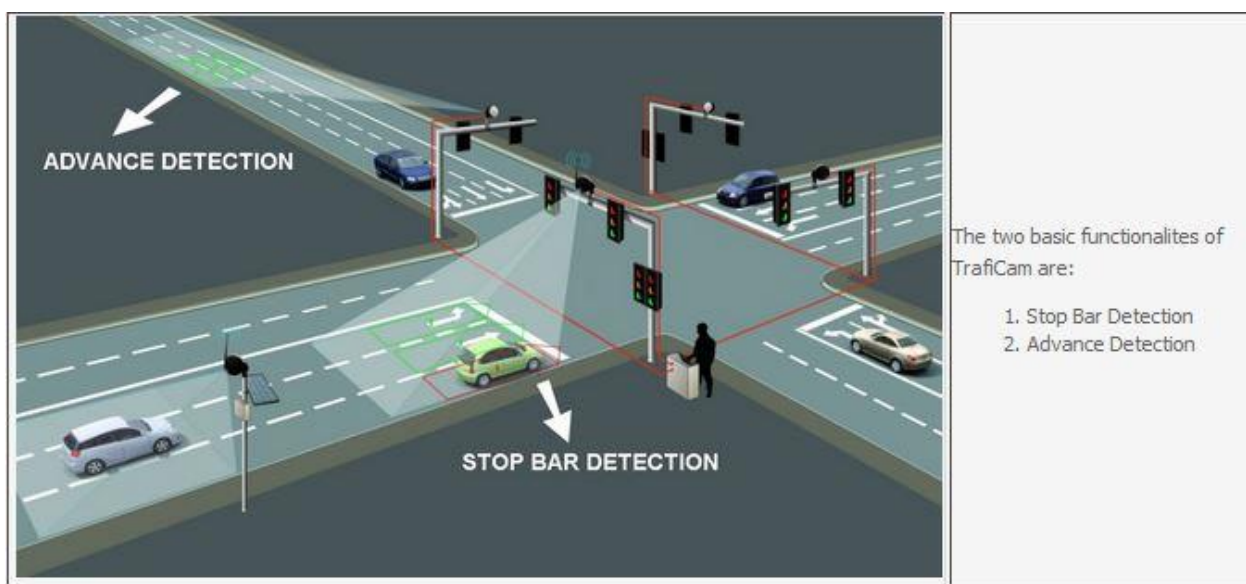
Liikumisanduri LC-151 tööpiirkond [11]



Liikumisanduri LC-151 tööpiirkond koos lisamooduli LC-B1-15X'ga [11].



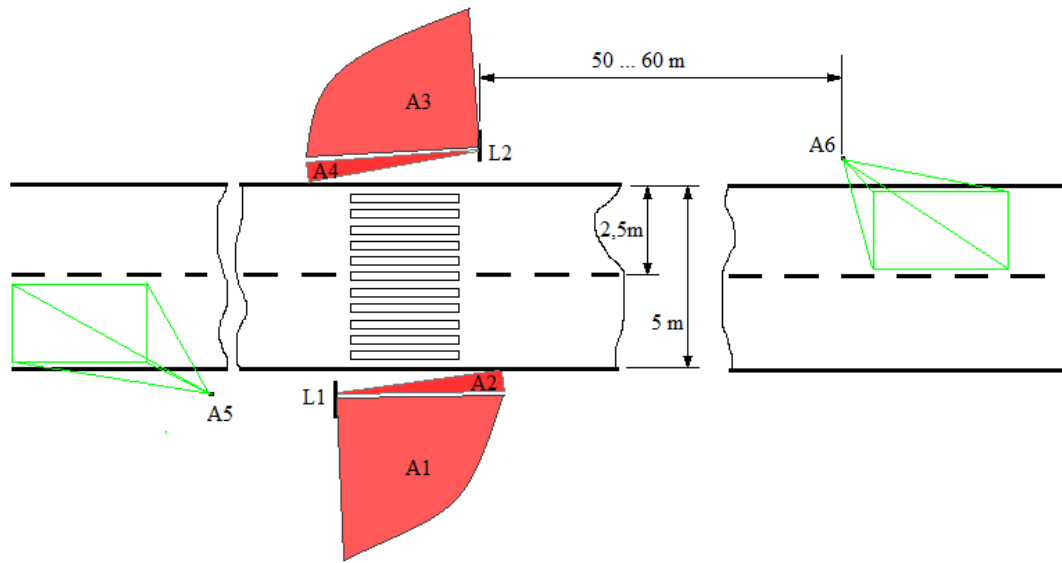
Liikumisanduri LC-151 tööpiirkond koos lätsega LC-L1-15X [11].



Videoanduri tööpiirkond [9]



### Lisa 3. Andurite paigutuse ja tööpiirkonna lihtsustatud skeem



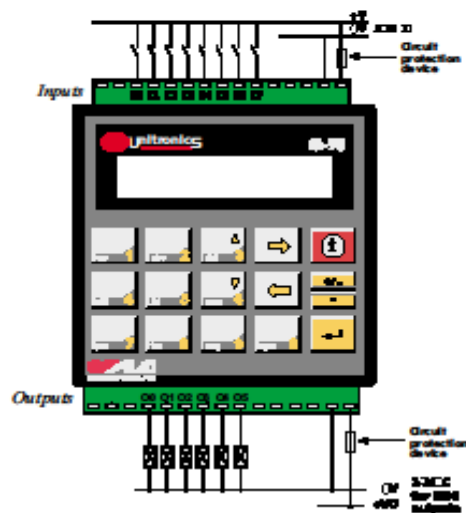
## Lisa 4. Unitronics kontrollör [9]

# M90-T

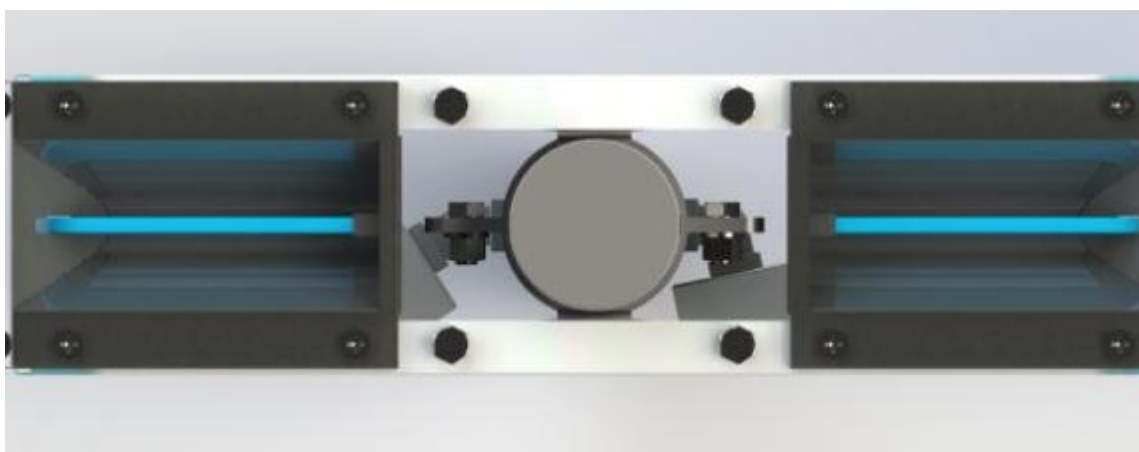
8 digital inputs, high-speed counter/shaft encoder input,  
6 pnp outputs, I/O expansion port, RS232

<b>Power supply</b>	24VDC
Permissible range	20.4 to 28.8VDC
Maximum current consumption	90mA @ 24VDC
Typical power consumption	2W @ 24VDC
<b>Digital Inputs</b>	8 pnp (source) inputs
Nominal input voltage	24 VDC
Input voltage	< 5 VDC for Logic '0' > 15 VDC for Logic '1'
Input current	3 mA @ 24 VDC
Input impedance	8.4k $\Omega$
Response time	
0' to '1'	5 mS
'1' to '0'	10 mS
Galvanic isolation	None
Input cable length	Up to 100 meters, unshielded
<b>High-speed counter</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Input#7 can be used as either a digital input, or as a counter</li> <li>Input#6 can be used as either a digital input or as a counterreset</li> <li>Inputs#6 and #7 can also be used as a shaft encoder</li> </ul>
Resolution	16-bit
Input frequency (counter mode)	Input#6 and input#7 : 5kHz max.
Minimum pulse width (counter mode)	Input#6 and input#7 : 80 $\mu$ s
<b>Digital outputs</b>	6 pnp (source) outputs, 24 VDC
Output type	P-MOSFET (open drain)
Isolation	None
Output current	0.5A max. Total current: 3A max.
Max. frequency	1kHz (resistive load) 0.5Hz (inductive load)
Short circuit protection	Yes

<b>Display</b>	STN, LCD display
Illumination	LED yellow-green backlight
Display size	1 line, 16 characters long
Character size	5 x 7 matrix, 3.07 x 5.73mm
<b>Keypad</b>	Sealed membrane
Number of keys	15
<b>PLC program</b>	2048 words
Bits/Coils	256
Integers/Registers	256
Times	64
Execution time	12 $\mu$ sec. for bit operations
HMI displays	80 user-designed displays
HMI variables	50 HMI variables are available to conditionally display and modify text, numbers, dates, times & timer values. The user can also create a list of up to 120 variable text displays, totaling up to 2K.
<b>RS232 serial port</b>	
Programming	Downloaded user program
Network option	Via RS485/RS232 converter
<b>I/O expansion port</b>	Up to 64 additional I/Os, including: digital & analog I/Os, RTD and more.
<b>Miscellaneous</b>	
Clock (RTC)	Date and time-year 2000 compliant, with typical 7 year battery back-up
Weight	260g (9.1 oz.)
Temperature	Operational 0 to +50°C Storage -20 to +60°C
Mounting method	DIN-rail mounted (IP20) Panel mounted (IP65)



**Lisa 5. SolidWorksiga koostatud pildid lõpptootest**





## Lisa 6. Elektriskeemid

