

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
Infotehnoloogia teaduskond  
Thomas Johann Seebeckielektronikainstituut

IEE40LT

Joel Kivi 082864IAEB

# **PROGRAMMEERITAV KAAMERA LIKUMISSÜSTEEM**

Bakalaureusetöö

Eero Haldre  
Diplomeeritud insener  
Vaneminsener

Tallinn 2016

## **Autorideklaratsioon**

Autorideklaratsioon on iga lõputöö kohustuslik osa, mis järgneb tiitellehele. Autorideklaratsioon esitatakse järgmise tekstina:

Olen koostanud antud töö iseseisvalt. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud. Käesolevat tööd ei ole varem esitatud kaitsmisele kusagil mujal.

Autor: Joel Kivi

01.05.16

# Bakalaureusetöö ülesanne

## Lõputöö teema:

Programmeeritav kaamera liikumissüsteem.

## Teema päritolu:

TTÜ Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut

## Lõputöö eesmärk:

Koostada kaamera liikumissüsteem mikrokontrolleri baasil. Valida vastav mootori tüüp, mis tagab seadme töö suutlikkuse. Integreerida LCD ekraani nii, et selle peale oleks võimalik kuvada informatsiooni kasutajale. Kaamera liikumissüsteemi seadistamine peab toimuma nuppude abil.

## Oodatavad tulemused:

Mikrokontrollerile on võimalik sisestada vastavaid andmeid nuppude abil. Vastavat informatsiooni töö käigu kohta kuvatakse LCD ekraani abil. Suutma korraga juhtida 2 mootorit.

Kuupäev .....

Üliõpilane .....

Juhendaja .....

Kinnitaja .....

## **Annotatsioon**

Käesolev bakalaureusetöö käsitleb programmeeritavat kaamera liikumissüsteemi, mida kasutatakse videokaamera liigutamise ja pööramise jaoks liuguril. Töö eesmärk oli luua elektroonika skeem, mis võimaldab juhtida alalisvoolu mootoreid vastavalt algoritmile. Seadmele integreeriti töö lihtsustamiseks LCD ekraan ning nupud, mille kaudu on võimalik süsteemi seadistada.

Lõputöö on kirjutatud eesti keeles ning sisaldab teksti 30 leheküljel, 4 peatükki, 1 tabelit ja 10 joonist.

# **Abstract**

## **Programmable camera motion system**

The thesis is about programmable camera motion system, which is used to move and rotate videocamera on a slider. Objective of the thesis is to create electrical circuit that allows to control motors according to algorithm. Device has LCD screen and buttons integrated for adjusting the system.

The thesis is in Estonian and contains 30 pages of text, 4 chapters, 1 table and 10 figures.

## Lühendite ja mõistete sõnastik

GND	Maandus
MISO	Master-In-Slave-Out
MOSI	Master-Out-Slave-In
SCK	Sünkroniseerimise kell
RST	Taastamine
USB	Universaalne jadasiin
CLK	Sünkroniseerimise kell
TX	Saatja
RX	Vastuvõtja
PWM	Impulsi laiuse modulatsioon
LCD	Vedel kristall ekraan
LED	Valgus kiirgav diod
MASTER	Peremees
SLAVE	Alam
DC	Alalisvool
LIBRARY	Raamatukogu

## Sisukord

1. Sissejuhatus .....	9
1.1. Probleemi püstitus.....	9
1.2. Süsteemi arhitektuur .....	10
2. Riistvara arendamine.....	11
2.1. Mootori valik .....	11
2.2. Mootori juhtahela koostamine .....	13
2.3. LCD ekraan.....	14
2.4. Menüü valiknupud .....	15
2.5. Optiline sammuloendur.....	18
2.6. Skeemi koostamine .....	20
2.7. Toiteahela koostamine .....	21
3. Programm.....	22
3.1. Kaamera liikumissüsteemi funktsioonid.....	22
4. Kokkuvõte .....	25
Kasutatud kirjandus .....	26
Lisa 1 – Ekraani katsetuse programm.....	27
Lisa 2 – Optilise loenduri katsetuse programm .....	28
Lisa 3 – Menüü valiknuppude katsetuse programm.....	29
Lisa 4 – Süsteemi skeem .....	30

## Jooniste ja tabelite nimekiri

Joonis 1. Süsteemi arhitektuuri skeem. ....	10
Joonis 2. Samm-mootori süsteemi skeem.....	11
Joonis 3. Alalisvoolu mootori süsteemi skeem .....	12
Joonis 4. LCD ekraan programmikoodi katsetamisel.....	14
Joonis 5. Menüü valiknuppude skeem.....	16
Joonis 6. Sammuloenduri skeem .....	18
Joonis 7. Optiliste sensorite asetuse skeem.....	19
Joonis 8. Skeemi toiteahel 5V pinget tekitamiseks .....	21
Joonis 9. Kaamera liikumissüsteemi algoritmi graafiline skeem .....	23
Joonis 10. Mikrokontrolleri programmi põhiosa tööskeem.....	24
Tabel 1. Arvutatud takistite väärtused.....	16



# 1. Sissejuhatus

Filmindus on töö autorile südamelähedane teema ning sellest on kujunemas tema igapäevatöö. Kvaliteetsete liikuvate videoklippide valmistamisel on palju nüansse ning bakalaureusetöö teema sai valitud praktilisel eesmärgil- muuta efektiivsemate kaadrite saavutamine lihtsamaks.

Üldjuhul liigutatakse kaamerat liuguri peal käsitsi, mis muudab kaamera liikumise alustamise ja lõpetamise ebahütlaseks. Liuguri korrektseks kasutuseks on vaja seadet, mis võimaldab kaamerat liigutada ja ühtlasi ka pöörata.

Videos on üldjuhul teatud objekt, mis on sündmuste keskmes, millele tähelepanu pööratakse. Liuguri peal olevat kaamerat tuleb liigutada ja samal ajal keerates objekti suunas. Sellise videoklipi teostuseks on vaja mitut inimest, aga see ei garanteeri videoklipi ilma vigadeta. Seadmed, mis on müügil laiale tarbijaskonnale, on liialt kallid ja suudavad teostada ainult ühte osa tööst liigutades või pöörates kaamerat, aga ei võimalda mõlemat korraga teostada.

Bakalaureusetöö eesmärgiks on töötada välja programmeeritav kaamera liikumissüsteem, mis hõlbustaks kvaliteetse filmi valmimist mõistliku eelarve eest. Selle tarbeks viiakse läbi teste ja tehakse katsetusi leidmaks kõige sobivam lahendus, mis vastaks kõigile süsteemi toimimiseks vajalikele tingimustele.

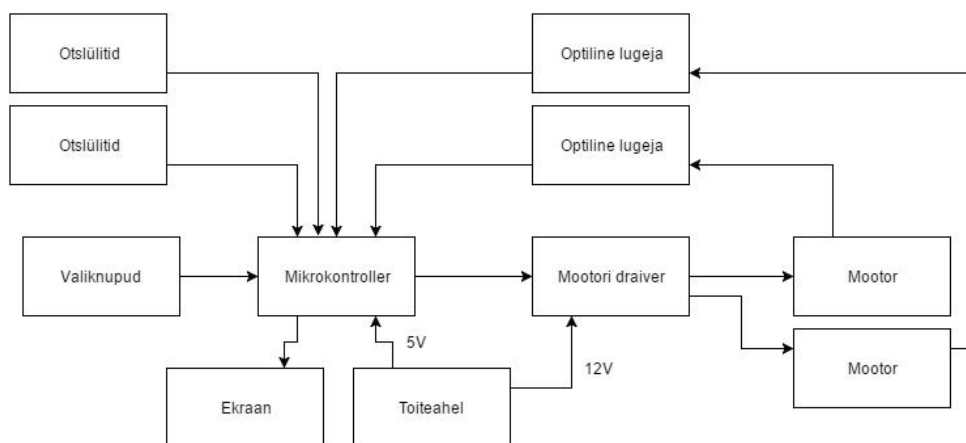
## 1.1. Probleemi püstitus

Videoklippides kasutatav kaamera liikumiste jaoks kasutatakse liugurit. Kaamera liikumine annab videole dünaamikat, aga seda tehakse peamiselt käsitsi. Käsitsi kaamera liigutamine muudab video ebahütlaseks. Liuguri korrektseks kasutuseks on vaja seadet, mis võimaldab kaamerat liigutada ja ühtlasi ka pöörata. Seadme töö jaoks on vaja 2 mootorit ja mikrokontrollerit, mille lõpptulemusel peab olema seade võimeline iseseisvat tööd tegema vastavalt kasutaja poolt antud informatsiooniga. Vastavalt algoritmile peab kaamera liikuma mööda liugurit samal ajal kaamerat pöörates. Kasutamise hõlbustamiseks lisatakse ekraani ja nupud, et seadmele vajalikke andmeid

sisestada kasutaja poolt. Tööd hakkab juhtima mikrokontroller, millele on alprogramm peale lisatud ja ei vaja hilisemat sekkumist arvutiga.

## 1.2. Süsteemi arhitektuur

Bakalaureusetöö käigus arendatud süsteem on mõeldud kaamera liigutamiseks, mida juhib Atmega328p mikrokontroller. Mikrokontroller programmeeritakse arvutiga ühendatud spetsiaalse riistvara abil. Ekraani peale kuvatakse informatsioon, mida mikrokontroller vajab töö tegemiseks. Kasutaja annab mikrokontrollerile vajaminevaid andmeid, milleks saab olema objekti ja kaamera vaheline kaugus ning liikumise kiirus. Seda teeb kasutaja menüü valiknuppude kaudu. Mikrokontrolleri töö alustamisel saadab ta välja PWM (Pulse Width Modulation) [7]signaali draiverile mootorite käivitamiseks. Mikrokontroller arvutab töö ajal välja kui palju on vajalik teist mootorit liigutada, et valitud objekt asuks kaadri keskel. Selleks kasutab ta optilist sammuloenduri poolt edastatavat informatsiooni impulsside kujul. Optiline sammuloendur on kinnitatud mootorite külge. Alprogrammis on ära määratud mitu impulssi on ühe mootori pöördes. Vastavalt sellisele informatsioonile saadakse algoritmi kaudu teada kui palju peab kaamerat pöörama objekti suhtes kui teine mootor liigutab kaamerat kindla ettemääratud kiirusega. Seade töötab niikaua kuni saadakse otslülilt signaal töö lõpetamise kohta, milleks on liuguri otsa jõudmine. Seepeale saab kasutaja valida kas jätkata tööd teises suunas või seade hakkab oma tööd otsast peale alustama.

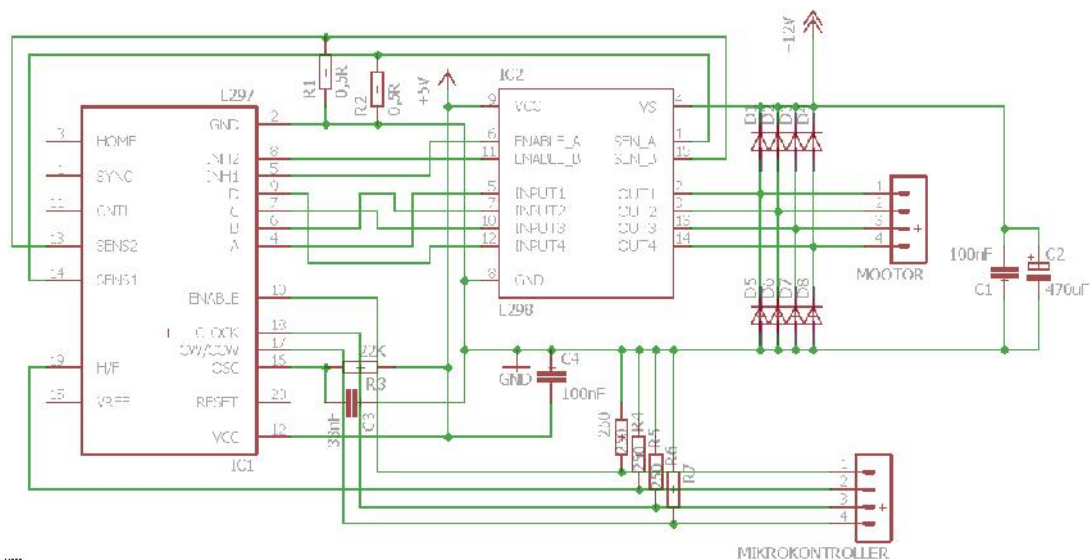


Joonis 1. Süsteemi arhitektuuri skeem

## 2. Riistvara arendamine

### 2.1. Mootori valik

Lõputöö probleemist liigutada ja samaaegselt pöörata kaamerat valiti mootorid, mis hakkavad seadme tööd tegema. Valikusse jäi samm-mootor ja alalisvoolu mootor. Esialgne valik tehti palju kasutust leidnud samm-mootori alusel. Samm-mootor vajab mootori draiverile lisaks veel ka samm-mootori signaali jaoks spetsiaalset riistvara. Riistvara tõlgendab mikrokontrollerist tulevat signaali vastavalt samm-mootorile vajaminevaks signaaliks. Riistvaraks valiti L297 [9], mis edastab loogika signaale mootori draiverile ja on spetsiaalselt mõeldud samm-mootorite juhtimiseks. Samm-mootoril on 4 sisendit juhtmete kujul, mille kaudu mootor saab voolu töötamiseks. Samm-mootori töö jaoks võib ka mikrokontrollerisse programmeerida vastava programmi, mis juhiks iseseisvalt samm-mootorit ilma L297 riistvarata. Programmi kirjutamisel võib aga tekkida vigasid, mille tõttu mootor ei tööta. Samm-mootorite töö ajal esines vigu, mis olid põhjustatud mootori enda poolt vahele jäetud töötaktidest. Töötaktide vigade esinemise korral tuli valida seade, mis võimaldaks tehtud töö kontrolli.



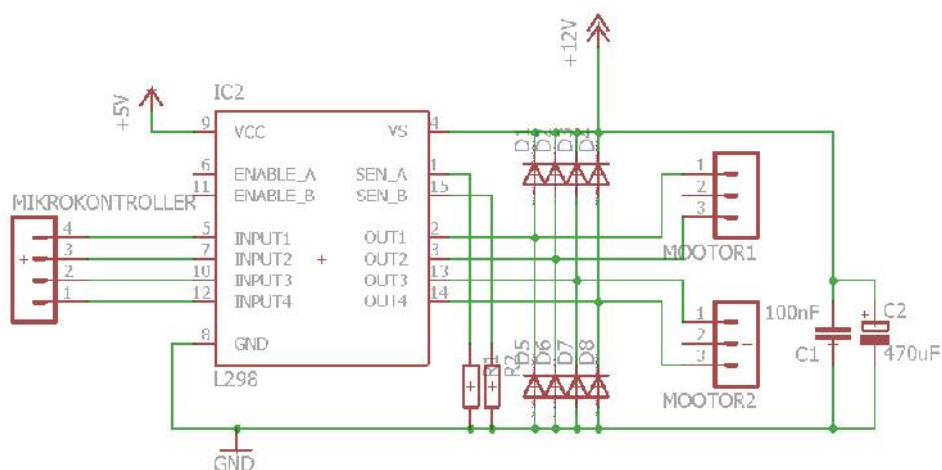
Joonis 2. Samm-mootori süsteemi skeem

Jooniselt2 on näha, et samm-mootori jaoks on vaja mikrokontrollerist välja saata 4 signaali, et juhtida 1 samm-mootorit. Mikrokontrollerist vajalikud juhtotsad samm-mootori töö teostamiseks:

- Mootori liikumise suund;
- Pool- või täissamm;
- Mootori liigutamise impulsid;
- Mootori töö lubamine;

Programmeeritava kaamera liikumissüsteemis kasutatakse 2 samm-mootorit, mis tähendab seda, et igale mootorile on vaja oma draiverit ja riistvara, et samm-mootor saaks töötada. Katse tulemustel selgus, et samm-mootoriga esines vigasid. Vigadeks oli peamiselt sammudega eksimine. Samm-mootori töös esinevate vigade tõttu otsustati kasutada alalisvoolu mootoreid.

Alalisvoolu mootori juhtimine toimub 2 juhtme kaudu. Mootori juhtimine toimub samuti L298 draiveri abil, millel on 2 mootori juhtimiseks piisav vajadus. Alalisvoolu mootori puhul on programmi kirjutamine mõnevõrra lihtsam. Mootori draiver L298 võimaldab alalisvoolu mootorit juhtida otse mikrokontrolleri kaudu. Mootorite korrektse töö kontrollimiseks on vaja lisada optiline loendur, mis loeb mootori pöördenurga ja edastab signaali mikrokontrollerile. Optiline loendurit on vaja lisada nii samm-mootorile kui ka alalisvoolu mootorile, et tagada mootorite korrektne töö.



Joonis 3. Alalisvoolu mootori süsteemi skeem

Skeemi koostamisel nähti elektroonika komponentide suuremat kogust samm-mootorite kasutusel. Rohkemate elektroonika komponentidega suureneb ka voolu tarve, mida on enam kui 2 korda. Programmeeritava kaamera liikumissüsteemil kasutatakse 2 alalisvoolu mootorit, mis on piisav seadme korrektseks tööks. Draiver L298 [8] on võimeline juhtima 2 alalisvoolu mootorit tänu oma kaksik sild lahendusele.

Mootorite valiku peamiseks kriteeriumideks jäid mootorite töökindlus, energia tarve ja skeemi kompaktsus, mis võimaldaks hilisemal arendamisel ja trükkplaadi valmistamisel seadet paigutada väikesesse karpi.

## **2.2. Mootori juhtahela koostamine**

Seadme peamiseks eesmärgiks on pöörata ja liigutada kaamerat. Kaamera liigutamise jaoks on vajalikud mootorid, mis selle töö ära teevad. Mikrokontroller juhib mootorit draiveri impulsi laiuse modulatsiooni ühenduse abil.

Mootori juhtimise seadmeks valiti L298 draiveri moodul, mis on suure voolu kaksik sild draiver. Sellel draiveri moodul tagab vajaliku voolu mootorile. Bakalaureusetöö autoril on varasem kokkupuude ja kogemus L298 draiveri mooduli juhtimisega. L298'l on võimalik kasutada välist kaugeire takistit, mis annaks informatsiooni seadme tööst. Programmeeritava kaamera liikumissüsteemis kasutatakse mootorite jaoks eraldiseisvat optilist sammuloendurit, mis tagab mootorite korrektse töö.

## 2.3. LCD ekraan

Programmeeritavale kaamera liikumissüsteemile on lisatud LCD ekraani, mida seade kuvab kasutajale parameetrite seadistamiseks. Kuvatavaks informatsiooniks tuleb ekraanile kaugus objektist, kaamera pööramise ja liigutamise funktsioon ning liigutamise kiirus.

Ekraani ühendamine seadmele toimub SDA ja SCL liini abil. Mikrokontroller edastab I<sup>2</sup>C protokollile vastava info edasi ning see muudetakse LCD ekraani abil inimesele loetavaks tekstiks. Ekraani kasutuse programmi on kerge koostada olemasolevate library'ga[4].



Joonis 4. LCD ekraan programmikoodi katsetamisel

Selline LCD ekraan valiti kasutamise mugavuse ning programmi lihtsuse tõttu. Valitud ekraanil 16 segmenti kahel real. Selline võimalus on seadmele piisav, et võimaldaks piisavalt määral informatsiooni edastada kasutajale.

Mikrokontrolleri poolt saadetakse ekraanile informatsiooni jadana, mis muudab jada signaali ümber paralleelseks, millega LCD ekraan ise tegeleda suudab. Mikrokontrolleri poolt tulev andmevoog muudetakse inimestele loetavaks tekstiks.

I<sup>2</sup>C protokoll on 2 suunaline kommunikatsiooni võimalus erinevate moodulite vahel, mille võimaldamiseks kasutatakse kahte liini [5]. Liinid peavad olema takistite abiga kõrgendatud olekusse viidud ning informatsiooni liigutamine toimub selle pingele aldamisega. Ühte info bitti transporteeritakse iga sünkroniseerimis kella impulsi. Infot saab edastada ainult, siis kui infoliin ei ole hõivatud teiste moodulite poolt. 8-bitise info lõppu lisatakse teadvustamise bitt, mille vastuvõtja väljastab. See annab info saatjale teabe, et vastuvõtja on oma paketi kätte saanud ja võib alustada uue paketi saatmist. Vastava töö teeb ära PCF8574 [11] riistvara mikrokontrolleriga suhtlemise

jaoks. Riistvara on lisatud LCD ekraani külge tootja poolt, mille tõttu ei uuritud täpsemalt selle töökäiku.

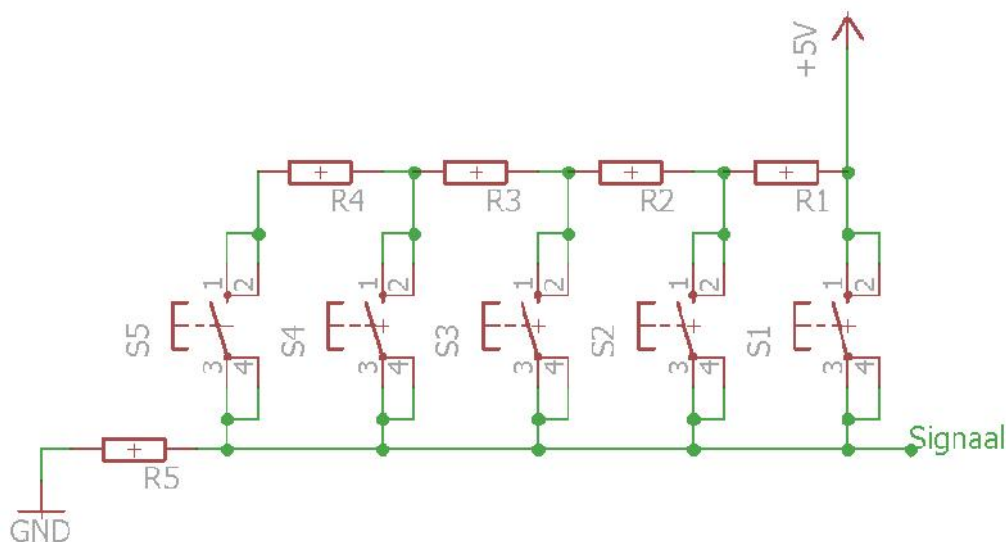
LCD ekraanid on laialdaselt kasutuses erinevate seadmete peal. Neid kasutatakse inimestele informatsiooni andmiseks teksti kujul või lausa pildilisel viisil. Ekraane hakati kasutama töö seadmetel, kuid on tänapäevase kasutuse leidnud meelelahutuse valdkonnas.

## **2.4. Menüü valiknupud**

Programmeeritavale kaamera liikumissüsteemile on lisatud nuppude jada, et lihtsustada kasutaja töö tegemist ja programmi põhiseadmeid muuta. Kasutajal on vaja määrata ära kaugus objektist, kaamera asukoht liuguril ning kaamera liikumise kiirus. Valisime 5 nuppu kasutaja mugavusi arvestades. Valikud ja toimingud saaks ära tehtud kahe nupuga, aga see raskendab tunduvalt seadme kasutamist.

Nupud on asetatud seadmele rombiliselt, millest 4 asetsevad rombi tippudes ja üks nende keskel. Parem ja vasakul olevate nuppudega saab valida erinevaid seadeid, mida muuta. Ülemise ja alumise nupuga saab muuta seadeid ning keskmine nupp on kinnitamise jaoks, millega kinnitatakse sätted.

Nupud on skeemil ühendatud jadamisi, mis on ühendatud signaali väljundisse takistitega. Ideeks on tekitada pingelangu erinevaid nuppe vajutades, et mikrokontroller tuvastaks nupu, mida vajutati. Mikrokontrolleri valikul oli kriteeriumiks, et mikrokontrolleril peab olema analoog sisend, millega võimaldatakse pingelangu mõõtmist. Maanduse ja signaali vahele on lisatud takisti, mis tasandab signaali kui nupule vajutust ei ole tehtud.



Joonis 5. Menüü valiknuppude skeem

Joonisel 5 näidatud skeemi järgi valiti takistite suurused valemi arvutamisel (1).

$$V_{OUT} = V_{IN} * \frac{R}{R_i + R} \quad (1)$$

Menüü valiknuppudele valiti takistid vastavalt energia tarbe saavutamisele. Ette määrati menüü valiknuppudele voolu tarvet kuigi 5mA.

$$R = \frac{V}{I} \quad (2)$$

Saavutamaks 5mA voolu tarvet, arvutati valemiga (2) vastav R5 takisti suurus. Mikrokontroller mõõdab analoog sisendi kaudu pinget. Valitud pinged peaksid olema 1V erinevusega nuppudele vajutamisel. 1V pinge erinevuse korral saavutamiseks mikrokontrolleri suur täpsus nupule vajutuse korral.

Takisti nimetus	Takisti suurus
R1	240
R2	440
R3	820
R4	2k4
R5	1k

Tabel 1. Arvutatud takistite väärtused

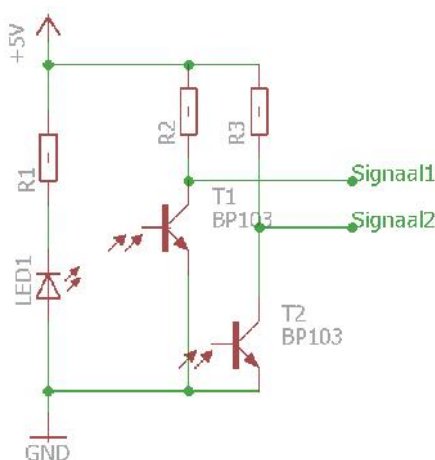


Valemi (1) järgi arvutati takistite kasutamisel tulenev väljundpinge, mis edastatakse mikrokontrollerile. Vastavalt nende takistite väärtustele saavutatakse mikrokontrollerile 1V pinge muutus.

Mikrokontroller loeb skaalal 0-1023 analoog sisendit. Skeemil kasutatakse 5 nuppu ja neid eraldatakse 6 takistiga, et iga nupulevajutuse korral saaks tulemusi. Võimalikult laiaulatusliku tulemuse saamiseks jagati 1024 neljaga, mis näitas mikrokontrolleri poolt loetavate suuruste vahemikku. Arvutuslikult peab iga nupule vajutuse erinevus olema 256 ühikut. Mikrokontrolleri mõõtmise arv jagati vastavalt neljaga. Programmi testimisel saavutati arvutuslikele tulemustele ligilähedased arvud. Mikrokontrolleri poolt loetavad tulemused vastavad arvutuslikele tulemustele kõikides 1-3 ühiku võrra, mille tingib takistitel olev 5% täpsusklass. Programmi arendamisel tuleb tähelepanu juhtida mikrokontrollerile signaali kõikumist, mis määrab nupule vajutuse skaala arvu. Enamlevinud takistite täpsusklass on 5% ja see on piisav, et kasutada sellist süsteemi menüü valiknuppude teostamisel. Sellise süsteemiga garanteeritakse nupule vajutuse funktsiooni töötamine ning hoitakse mikrokontrolleril sisendeid kokku.

## 2.5. Optiline sammuloendur

Optiline loendur on seade, mille eesmärgiks on lugeda impulsse optilise seadme kaudu. Optiliseks seadmeks on valgustundlik diod, mis reageerib valgusele. Valguse allikaks on LED, mis on suunatud valgustundliku diodi suunas, aga nende vahele jääb valgust katkestav ketas. Valgust katkestav ketas on lisatud mootori külge, mida pööratakse mehhaaniliselt. Vastavalt valgusele muutub valgustundliku diodi olek, mida tõlgendatakse justkui impulssi ja saadetakse mikrokontrollerile. Mikrokontroller tuvastab impulsside järgi kui palju on mootor liikunud. Reaalse töö tegemise suurus määratakse ära mehhaaniliste parameetrite ja programmi teisenduste abil.



Joonis 6.Sammuloenduri skeem

Optilise sammuloenduri testimisel esines aeg-ajalt häireid kui mootor tööd ei teinud, mis esinesid üleliigsete impulssidena mikrokontrollerile. Töö käigus saadi aru, et vastavad häired tekkisid juhul kui optiline ketas jäi vastava katkestamise kohaga anduri ette, mis on piisav häirete tekitamiseks. Seadme optilise sensorina kasutatakse valgustundlikku NPN transistori. Kui transistoril on piisav energia tase saavutatud valgusega, siis avab ta kanalid. Töö käigus avastati, et optilise seadme katkestaja kettal on vigastusi, tähendab see seda, et valguse edastamine on tõkestatud valgustundlikule transistorile. Transistori energia tase saavutatakse aeglasemalt tänu kettal esinevatele vigastustele.

Optilise seadme parema töö saavutamiseks on vaja lisada teine optiline lugeja, mis ei ole kohakuti eelmise optilise seadmega. Mõlema signaali muutust tuleks võrrelda. Ainult sedasi saavutatakse optilise lugeja piisav täpsus, mis garanteerib seadme



## 2.6. Skeemi koostamine

Mikrokontrolleri valikul on mitmeid kriteeriume, mille järgi tuli valik teha. Kriteeriumiteks oli hind, kättesaadavus, sisendite arv ja töö võimekus. Mikrokontrolleril peab olema vähemalt I<sup>2</sup>C ühilduvus, 1 analoog sisend, 4 PWM väljundit ja 6 digitaalset sisendit, et tagada seadme korrektset tööd. Digitaalseteks sisenditeks on 4 optilist lugejat, mis kontrollivad mootorite tööd ja 2 lülitit, mille järgi saab mikrokontroller aru, kas kaamera liikumissüsteem on jõudnud seadme liigutamisega lõpp-asendisse või mitte.

Programmeeritava kaamera liikumissüsteemi töö jaoks valiti Arduino Nano [10]. Valikusse jäi ka Arduino Uno, millel on sama mikrokontroller. Arduino Nano koosneb Atmel'i poolt toodetud 8-bitisest mikrokontrollerist Atmega328p, mille ümber asuvad mikrokontrolleri töö tagamiseks vajalikud ühendused. Kogu vajaliku toitepinge saab Arduino (Atmega328p) toiteahela kaudu.

Arduino Nano on testskeem, mis võimaldab testida ja arendada Atmega328p mikrokontrollerile mõeldud rakendusi. Atmega328p on mikrokontroller, mis sisaldab 2kb SRAM (Static Random Access Memory), 32kb Flash ja 1kb EEPROM mälu. 32kb flash mälu peale kirjutatakse programm ja see ei ole sõltuv voolu olemasolust [1]. EEPROM mällu kirjutatakse kasutaja sisestatud andmed, milleks on objekti ja kaamera vaheline kaugus. SRAM mälu kasutatakse sammuloenduri info talletamiseks ja arvutuste tegemiseks. SRAM mälu on voolust sõltuv, mis tähendab voolu kadumise tõttu ka mälu tühjenemist. Arduino Nano põhjal on võimalik mikrokontrollerit programmeerida USB liidese kaudu vastava tarkvaraga. Iseseisvat Atmega328p mikrokontrollerit saab programmeerida spetsiaalse riistvaraga või kasutada teist Arduino seadet paralleelses programmeerimise sättes.

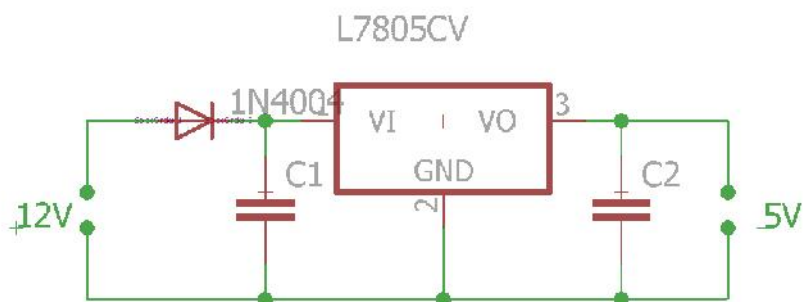
## 2.7. Toiteahela koostamine

Töö käigus valiti seadme toiteallikaks 12V vooluadapter, mille väljundpinge on 13V. Ostsilloskoobi all ei täheldatud märkimisväärset pingekõikumist, mis on vastav seadme töötamiseks probleemivabalt. Elektroonika seadmed tarbivad 5V pinget, mille tõttu lisati toiteahelasse pingeregulaator. Mõõtmistulemuste järgi tarbitakse 280mA voolu kui kasutatakse samm-mootori skeemi. Sellise suure vooluhulga juures on vajalik pingeregulaatorile jahutust. Arvutuslikult saadud tulemus näitab, et pingeregulaator peab ära hajutama 2,24W soojust. Alalisvoolu mootori skeem tarbib hoopiski 120mA voolu, mis tähendab 0,96W soojuse eraldumist. Soojuse eraldamise jaoks on lisatud pingeregulaatorile passiivne jahutus alumiinium radika kujul.

Seadme ohutuse tagamiseks valiti pingeregulaator L7805CV, mis kannatab kuni 35V pinget ja 1,5A voolu. Sellised parameetrid on piisavad seadme töö jaoks. Pingeregulaatori korpuseks valiti TO-220, mille soojustakistuse sõlm on 50 °C/W.

Pingeregulaatori skeem seisneb väga lihtsal printsiibil ja sisaldab paari elementi, milleks on diod ja keraamilised kondensaatorid. Diod on kaitsmaks süsteemi vastupidise pingest eest ja keraamilised kondensaatorid on pingekõikumise stabiliseerimiseks.

Kondensaatorid on valitud vastavalt pingeregulaatori andmelehes kirjas olevatele suurustele. C1 kondensaator peab olema 0,33 $\mu$ F ja C2 0,1 $\mu$ F. Need andmed on tootjate poolt välja arvatud, et tagada parim töökvaliteet ilma pingekõikumisteta. Lisada võib suuremad kondensaatorid, et pingekõikumisi veel rohkem siluda. Teostatavale seadmele ei ole lisatud vilkuvaid ega võnkeid tekitavaid seadmeid. Võngete tekitajaks võib lugeda alalisvoolu mootori draiverit. Mootori toide on võimaldatud välisest toite adapterist, mis on piisavalt võimekas, et võimaldada probleemivaba töö.



Joonis 8. Skeemi toiteahel 5V pinge tekitamiseks

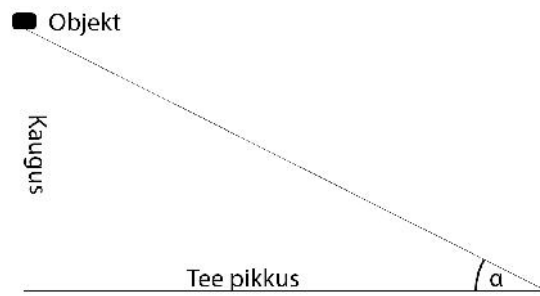
## **3. Programm**

### **3.1. Kaamera liikumissüsteemi funktsioonid**

Programmeeritav kaamera liikumissüsteem on mõeldud kasutamaks video ja filmi tegijatele, mille järgi liigutatakse kaamerat mööda liugurit ja pööratakse kaamerat objekti suunas. Selle seadme põhimõtteks on lihtsustada tööd, mis on läbi inimese käe raskesti teostatav tänu inimese ebatäpsusele. Välja valitud mikrokontrollerile Atmega328p lisatakse programm, mille järgi hakkab toiminguid tegema. Programmi käivitumisel küsitakse kasutaja käest informatsiooni LCD ekraani kaudu. Kasutaja sisestab informatsiooni mikrokontrollerile nuppude abil. Mikrokontrollerile on kõige tähtsamateks parameetriteks objekti ja liuguri vaheline kaugus ning kaamera liikumise kiirus mööda liugurit. Vastavalt algoritmile on seadme eesmärgiks kaamerat liigutada nii, et objekt asuks videopildi keskel.

Vastavalt algoritmile arvutab mikrokontroller välja kui palju peab kaamerat pöörav mootor liigutusi tegema. Mikrokontroller saab informatsiooni optilisest sammulugejast mootori töö kohta. Programmipõhiselt on ära määratud kui mitu impulssi peab mikrokontroller saama selleks, et mootor teeb ühe pöörde. Vastavalt mehhaanilisele ülekandele on teada kui palju peab mootor pöördeid tegema, et oleks võimalik kaamerat pöörata 1 kord ümber oma telje. Vastavalt mehhaanilistele kalibreeringutele on võimalik programmis seadistada vastavad parameetrid korrektseks tööks.

Mikrokontrollerile on programmeeritud tangentsiaalse valemi arvutamine, mille järgi on võimalik välja arvutada keeratav nurk. Kasutaja määrab objekti ja kaamera vahelise kaugusening mikrokontroller loeb kaamera liikumise teekonna pikkust liigutava mootori optilise loenduri abil. Sammude lugemise tsüklit jätkatakse seniks kuni seade puudutab otslülitit, mis annab signaali töö lõpetamise jaoks.

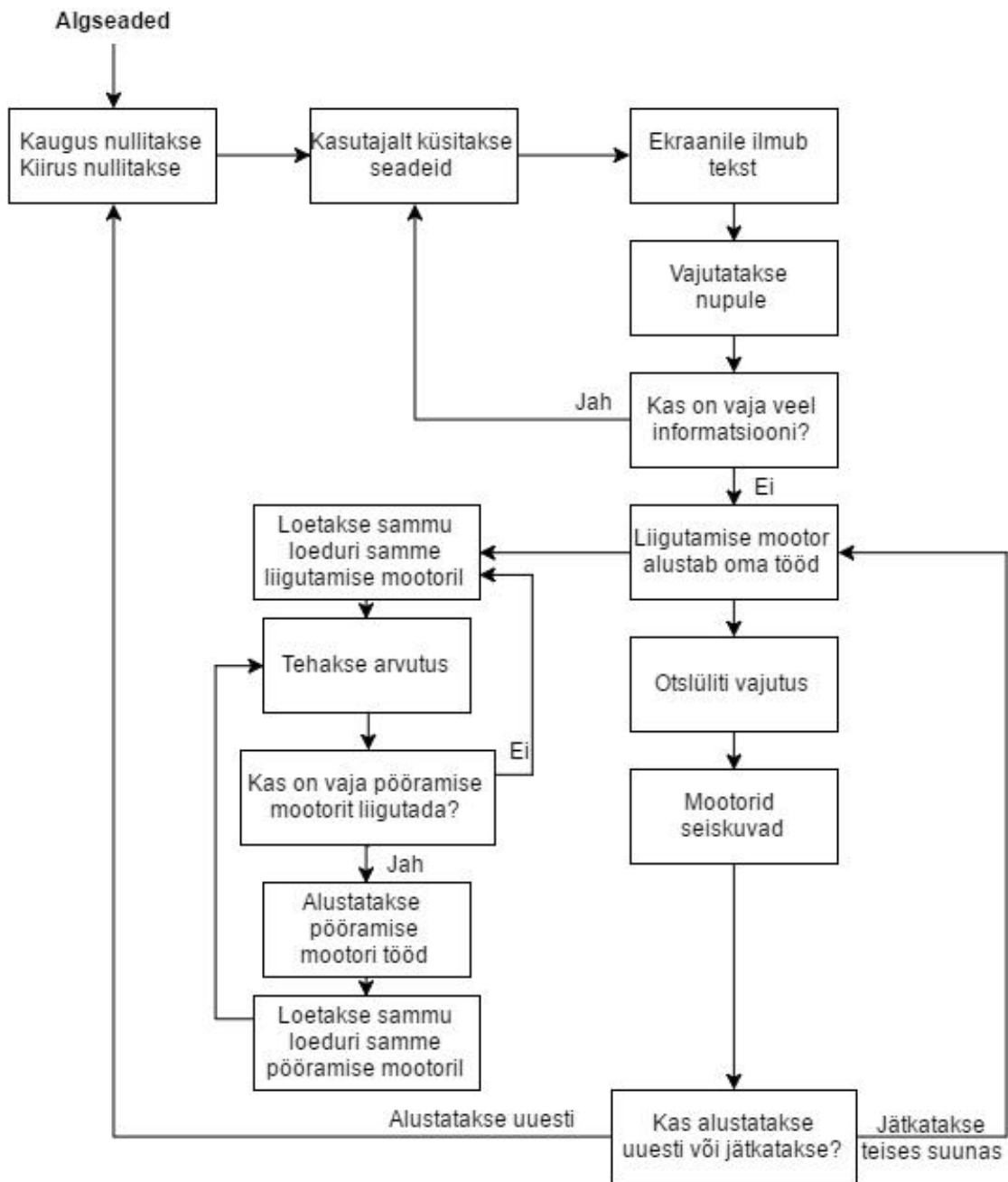


Joonis 9. Kaamera liikumissüsteemi algoritmi graafiline skeem

Jooniselt 9 nähtav on nurk, mis on vaja mikrokontrolleril arvutada. Vastavalt mootori mehhaanilistele kalibreeringutele tehakse arvutus, millega saadakse teada kui mitme impulsi võrra on mootorit vaja liigutada, mis pöörab kaamerat. Suurem mehhaaniline ülekande seadmel tähendaks suuremat täpsust kaamera pööramisel ning rohkem jõudu. Samas suurema ülekande puhul kaotatakse kiiruses.

Programmeeritava kaamera liikumissüsteemi põhifunktsioonid:

- Kaamera liigutamine;
- Kaamera pööramine;
- Informatsiooni kuvamine;
- Nupule vajutuse registreerimine.



Joonis 10. Mikrokontrolleri programmi põhiosa tööskeem



## 4. Kokkuvõte

Bakalaureusetöö tegemisel koostati programmeeritav kaamera liikumissüsteem, mille eesmärgiks on sirgjooneliselt liigutada ja pöörata videokaamerat vastavalt algoritmile. Seade võimaldab hoida objekti kaadri keskel samal ajal kui kaamera liigub mööda liugurit.

Töö käigus uuriti erinevaid võimalusi liigutamise ja pööramise teostamiseks, mille juhtimine toimub läbi mikrokontrolleri. Suur osa töö ajast kulus samm-mootorite testimise peale, kuna nendega ei olnud eriti palju varasemalt kokku puutunud. Katsetuste käigus jõuti tulemuseni, mis välistas samm-mootori kasutuse. Samm-mootoritel esines vigasid jättes töötakte vahele, mis tõkestasid seadme korrektse töö. Esinenud vigade tõttu otsustati kasutada alalisvoolu mootorit.

Bakalaureusetöö käigus lahendati kõik ülesandes püstitatud probleemid. Töö ülesandeks oli teostada vastav elektroonika skeem, mis võimaldaks kaamerat liigutada ja keerata vastavalt algoritmile. Lisati LCD ekraan ja menüü valiknupud. Olemasolevate seadmetega õnnestus katsed läbi viia kaamerat liigutades või keerates. Bakalaureusetöö käigus koostati programmid riistvara katsetamiseks, mis tõestavad riistvara korrasolekut ja korrektset tööd. Katsetuste tulemusena selgus, et kaamera liikumissüsteemi on edasisel arendamisel võimalik tööle saada väikese ressursi kuluga. Hetkel käib seadme arendus ning loodetakse jõuda valmis produktini, mida on võimalik edukalt kasutada filmimisel.

Programmeeritava kaamera liikumissüsteemi edasisel arendamisel tuleb suurt tähelepanu juhtida programmi koostamisele ja optiliste loendurite täpsusele, mille järgi on programmi põhiselt planeeritud seadme kalibreerimine. Kasutajamugavuse suurendamine sõltub peamiselt valiknuppude paigutusest, et need oleksid piisavalt lihtsa ja mõistetava asetusega kasutaja jaoks. Lõpliku programmi valmis saamise korral teostatakse seadmele valmisolev trükkplaat, mille peale kõik komponendid lisatakse ning hakatakse komplektset seadet testima.

## Kasutatud kirjandus

- [1] Atmega328p [WWW] [http://www.atmel.com/images/atmel-8271-8-bit-avr-microcontroller-atmega48a-48pa-88a-88pa-168a-168pa-328-328p\\_datasheet\\_complete.pdf](http://www.atmel.com/images/atmel-8271-8-bit-avr-microcontroller-atmega48a-48pa-88a-88pa-168a-168pa-328-328p_datasheet_complete.pdf) (01.05.2016)
- [2] Optiline enkooder [WWW] <http://www.sinotech.com/images/OpticalEncoders/encAB.gif> (01.05.2016)
- [3] Optilise enkooderi skeem [WWW] <http://www.electronics-tutorials.ws/io/io83.gif?81223b> (10.05.2016)
- [4] LCD ekraani katsetus programm [WWW] <https://arduino-info.wikispaces.com/LCD-Blue-I2C> (18.04.2016)
- [5] I2C protokoll [WWW] [http://www.nxp.com/documents/application\\_note/AN10216.pdf](http://www.nxp.com/documents/application_note/AN10216.pdf)(13.05.2016)
- [6] I2C protokoll [WWW] <https://en.wikipedia.org/wiki/I%C2%B2C>(13.05.2016)
- [7] Impulsi laiuse modulatsioon [WWW] [https://en.wikipedia.org/wiki/Pulse-width\\_modulation](https://en.wikipedia.org/wiki/Pulse-width_modulation)(25.04.2016)
- [8] L298 [WWW] [https://www.sparkfun.com/datasheets/Robotics/L298\\_H\\_Bridge.pdf](https://www.sparkfun.com/datasheets/Robotics/L298_H_Bridge.pdf)(02.05.2016)
- [9] L297 [WWW] <http://www.uni-kl.de/elektronik-lager/419182>(02.05.2016)
- [10] Arduino Nano [WWW] <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano>(22.02.2016)
- [11] PCF8574 [WWW] <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/pcf8574.pdf>(18.04.2016)

## Lisa 1 – Ekraani katsetuse programm [4]

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3,
POSITIVE);
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(16,2);
  for(int i = 0; i < 3; i++)
  {
    lcd.backlight();
    delay(250);
    lcd.noBacklight();
    delay(250);
  }
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Bakalaureusetöö");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("IEE40LT");
}
void loop()
{
  {
    if (Serial.available()) {
      delay(100);
      lcd.clear();
      while (Serial.available() > 0) {
        lcd.write(Serial.read());
      }
    }
  }
}
```

## Lisa 2 – Optilise loenduri katsetuse programm

```
const int  buttonPin = 2;
int buttonPushCounter = 0;
int buttonState = 0;
int lastButtonState = 0;
void setup() {
  pinMode(buttonPin, INPUT);
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  buttonState = digitalRead(buttonPin);
  if (buttonState != lastButtonState) {
    if (buttonState == HIGH) {
      buttonPushCounter++;
      Serial.print("number of button pushes: ");
      Serial.println(buttonPushCounter);
    } else {
    }
  }
}
```

## Lisa 3 – Menüü valiknuppude katsetuse programm

```
int analogPin = 3;
int val = 0;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
}
void loop()
{
  val = analogRead(analogPin);
  Serial.println(val);
}
```

# Lisa 4 – Süsteemi skeem

