



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
MEHAANIKATEADUSKOND

Mehhatroonikainstituut  
Mehhanosüsteemide komponentide õppetool

MHE40LT

*Jelizaveta Sergejeva*

# **JUHTSEADE PIMEDATELE JA VAEGNÄGIJATELE**

BSc Lõputöö

Autor taotleb  
tehnikateaduste 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

“.....” .....20.....a.

Töö autor

..... allkiri

Töö vastab bakalaureusetööle esitatavatele nõuetele.

“.....” .....20.....a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele.

..... õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

“.....” .....20..... a.

..... allkiri

## SISUKORD

EESSÕNA .....	6
SISSEJUHATUS .....	7
1 ÜLESANNE PÕHIOSA.....	9
1.1 Ülesanne analüüs .....	9
1.1.1 Nõuded seadmele.....	9
1.1.2 Tööpõhimõte.....	10
1.1.3 Võimalikud lahendused ja lõpplahenduste valik .....	10
1.2 Komponentide valik .....	12
1.2.1 Andmete saamine .....	12
1.2.2 Andmete töötlemine .....	17
1.2.3 Tagasiside .....	20
1.2.4 Toide.....	24
1.2.5 Sisse- ja väljalülitamine.....	27
1.2.6 Lisaseadmed .....	29
1.3 Elektriskeem .....	30
1.4 Programm .....	31
1.5 Mehaaniline osa.....	32
1.5.1 CAD-mudel .....	32
1.5.2 Valmistamine.....	34
1.6 Seadme omadused ja piirangud .....	35
2 MAJANDUSANALÜÜS .....	36
2.1 Kulude arvestus .....	36
2.2 Turuanalüüs .....	37
KOKKUVÕTE .....	38
SUMMARY .....	39
KASUTATUD KIRJANDUS .....	40
LISAD .....	42

## JOONISTE JA TABELITE LOETELU

Joonis 1. Pime põhjused .....	7
Joonis 2. Seade üldine skeem .....	11

Tabel 1. Ultraheli ja infrapunase andurite võrdlused .....	12
Joonis 3. Ultraheli anduri tööprintsip .....	13
Ultraheli laine leevimiskiirus.....	14
Sõltuvus temperatuurist.....	14
Joonis 4. HC-SR04 andur .....	15
Joonis 5. HC-SR04 mõõtmed ja töökaugus.....	15
Joonis 6. Ultraheli anduri tööprintsip .....	16
Joonis 7. Arduino Pro Mini .....	17
Joonis 8. Arduino Pro Mini .....	18
Joonis 9. FTDI plaat .....	18
Joonis 10. FTDI ja Arduino ühendus.....	19
Joonis 11. Vibromootor .....	21
Joonis 12. L293D.....	21
Joonis 13. L293D skeem .....	22
Tabel 2. L293D tööprintsip .....	22
Valem takisti parameetrite leidmiseks.....	23
Joonis 14. LM317 .....	23
Joonis 15. LM317 ja süsteemi ühendus.....	24
Joonis 16. Soshine 9 V aku.....	24
Energia .....	25
Tööaeg.....	25
Joonis 17. Aku kinnitus .....	25
Joonis 18. TP4056 .....	26
Joonis 19. Pieso summer .....	26
Joonis 20. Skeem aku seisundi saamiseks.....	27
Joonis 21. Esimene nupp ja selle suurused.....	28
Joonis 22. Teine nupp ja selle suurused .....	28
Joonis 23. Juhtmed .....	29
Joonis 24. 170 PIN plaat.....	29
Joonis 25. Üldine elektriskeem.....	30
Joonis 26. Üldine skeem reaalsete elementidega.....	30
Joonis 27. DIN 7996 poldid.....	33
Joonis 28. Korpus koos rihmaga.....	33
Joonis 29. Lõpptulemus.....	33
Joonis 30. Vajalikud nuppude nimetused Braille kirjas .....	34
Tabel 3. Projekti kulud .....	36

TTÜ mehhatroonikainstituut  
Mehhanosüsteemide komponentide õppetool

**BAKALAUREUSETÖÖ ÜLESANNE**

2016. aasta kevadsemester

Üliõpilane: Jelizaveta Sergejeva, 134545MAHB

Õppekava: MAHB02/13

Juhendaja: dotsent Igor Penkov

Konsultandid:

**LÕPUTÖÖ TEEMA:**

**Juhtseade pimedatele ja vaegnägijatele(EST)**

**Guide device for blind and visually impaired people (ENG)**

Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1	Üldist materjali kogunemine. Ülesanne püstitus.	22.02.2016
2.	Võimalikute lahenduste esitamine ja valik.	21.03.2016
3.	Elektroonilise osa täitmine. Vajaliku elektroonikomponentide valik.	01.04.2016
4.	Juhtimisosa täitmine. Juhtprogramm.	08.04.2016
5.	Mehaaniline osa. Joonised.	29.04.2016
6.	Kulude arvutused.	06.05.2016
7.	Lõputöö vormistamine.	16.05.2016

**Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid:**

Ülesandeks oli võetud mugava ja töökindla süsteemi loomine pimedatele inimestele, mis aitab orienteeruda ruumis või õues ilma juhtkoerata. Selles töös arutatakse seadme tööpõhimõtte, valitakse vajalikud komponendid ning antakse konstruktsiooni lahendus. Fritzing programmis koostatakse elektriskeem ning on olemas ka SolidWorks joonised. Töö jooksul analüüsitakse võimalikke probleeme nagu side kasutaja ja roboti vahel, mehhanismi toide ja ümber laadimine, sisse- ja välja lülitamine, keskkonna mõju arvestus, seadme võimalused. Pakutud ka juhtimisprogramm.

**Töö keel:**eesti

**Esitatav graafiline materjal:** 2D ja 3D joonised

Kaitsmistootlus esitada dekanati hiljemalt 16.05.2016  
20.05.2016

**Lõputöö esitamise tähtaeg**

**Üliõpilane** Jelizaveta Sergejeva /allkiri/ ..... kuupäev 25.02.2016

**Juhendaja** Igor Penkov /allkiri/ ..... kuupäev 25.02.2016

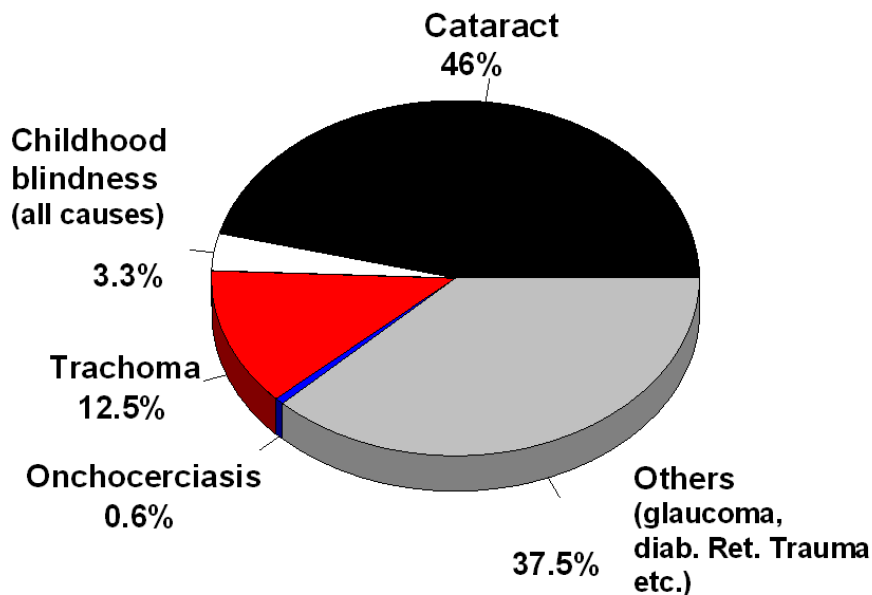
## EESSÕNA

Käesoleva lõputöö teema arenes välja vajadusest aidatatutavatele, kellel on nägemisprobleemid. Töö teema pakkus mulle huvi, sest töö sisu pole ainult teoreetilised arvutused, vaid sellel on konkreetne rakendus. Lõputöö seadme tulevane arendamine ja reaalse prototüüpi loomine võiks saada heaks ja odavaks lahenduseks inimestele, kes tunnevad vajadust lisaabi järele.

## SISSEJUHATUS

Maailma Terviseorganisatsiooni (World Health Organisation) andmete järgi on tänaseks maailmas umbes 285 miljonit inimesi, kellel on nägemisprobleemid, 40-45 neist on täiesti pimedad ning ei saa liikuda ilma abivahendita. Aastal 2020 see arv suureneb kaks korda. 82% pimedatest inimesest on 50 või vähem aastat vana. Pime põhjused on erinevad, selle võiks täpselt näha alljärgneval diagrammil, mis on võetud WHO kodulehelt[12].

## Global Blindness



Joonis 1. Pime põhjused

Jaauar 2013 seisuga Põhja-Eesti Pimedate ühingus on registreerunud 530 pime inimest.

Põhilised abivahendid sellele inimestele on prillid, pimekoerad ja kepid, kuid see ei ole piisav selleks, et iseseisvalt liikuda või töötada. Tänapäevane süsteem tihti ei anna võimalust pimedatele inimestele realiseerida ennast ühiskonnas. Seetõttu on olemas vajadus luua mingi seade, mis on lihtne, odav, töökindel ja mis saab laiendada pimedate inimeste potentsiaalseid võimalusi. Üks neist seadmetest on esitatud antud lõputööl.

Töö käik oli jaotatud mitmeks etapiks:

- Ülesanne analüüs ja võimalikke lahenduste leidmine
- Elektriskeemi koostamine ja vajaliku komponentide valik
- Juhtprogrammi loomine
- Korpuse ja muu mehaanika joonestamine
- Turuanalüüs ja kulude arvestus

Esimese etapi jooksul tuleb selgeks teha, milles seisneb antud seadme tööprintsip ja leida mitu lahendust selle printsiibi realiseerimiseks. Selle baasil tuleb leida elektroonikakomponente, mis tagavad stabiilse süsteemi töö ja on kättesaadavad. Skeemi koostamine on järgmine etapp. Kuna seade peaks autonoomselt töötada, tuleb välja mõelda toiteviisi. Juhtprogrammi koostamisel kõik süsteemi nüansid peavad olema arvestatud. Mehaanika osale kuulub seadme korpuse ja kinnituse joonestamine ning põhikriteerium selle osa jaoks on mugavus. Viimaseks tuleb kulude arvestus prototüübi valmistamiseks ning seadme konkurents võime lühike analüüs.



# 1 ÜLESANNE PÕHIOSA

## 1.1 Ülesanne analüüs

### 1.1.1 Nõuded seadmele

Antud lõputöös esitatud seade, nagu iga abimehhanism, peab olema töökindel, mugav, keskkonnasõbralik ja kättesaadav. Kuna pimedad inimesed vajavad eritingimusi info saamiseks, siis juhtseade pimedatele inimestele peab arvesse võtma need spetsiaalsed vajadused. Peanõuete hulka kuuluvad:

- Töökindlus. Seadme elektroonika peab stabiilselt ja õigesti töötama, sest pime inimene ei saa leida vigastuse iseseisvalt. Seade ka peab kandma koormusi ja olla liiga löögikindlaks.
- Mugavus. Kuna seade on määratud kasutamiseks näiteks õues, siis kasutaja võib selle kanda mitu tundi. Seetõttu on vaja arvesse võtta seadme kaalu, vormi, portatiivsust, kinnitusviisi ja ka katkematu toite mitu tundi jooksul.
- Keskkonnasõbralikkus. Seadme osad ei pea sisalda toksilisi aineid. Sellele punktile võib ka lisada keskkonnamõju seadmele – temperatuur, rõhk, sademed jne ei pea halvenema seadme tööd.
- Müratase. Seade on välja mõeldud kasutamiseks avalikkudes kohtades, seetõttu peab arvestama hääled, mis seade ise annab välja.
- Kättesaadavus. Abiseadme hind peab olema liiga madal selleks, et iga hädaline saaks seda omandada.
- Lihtsus. Seade tööprintsip peab olema selge kasutajale ning garanteerima kiire õpetatavust. Mingid seletused esitatakse kättesaadavaks vormiks – näiteks Braille kirjas.
- Tagasiside. Pimedate inimeste tundlikkus on tugev ja pinev, seetõttu tagasiside viis peab olema mitte ainult kiire ja informatiivne, vaid suurel määral ettevaatlik.

### **1.1.2 Tööpõhimõte**

Tööpõhimõte on täiesti lihtne. Seade töötab nagu tavaline sonar. Ta saab infot ümbritsevast keskkonnast anduri abil. Kui mingi takistus on olemas, siis ta annab kasutajale tagasiside – kas heli või mingi puutekontakti järgi. Signaali intensiivsus ja/või pikkus sõltub kaugusest objektist. Seadme liikumine erinevas suunas annab täielikku pildi ümbritsevast keskkonnast ja lihtsustab kasutaja liikumist ning annab rohkem vabadust kui tavalised abiseadmed. On olemas ka erinevad töörežiimid – kaugvaade avaruumi ehk õue liikumiseks ning lähirežiim ruumi orienteerumiseks (kodu, kauplus, restoran jne).

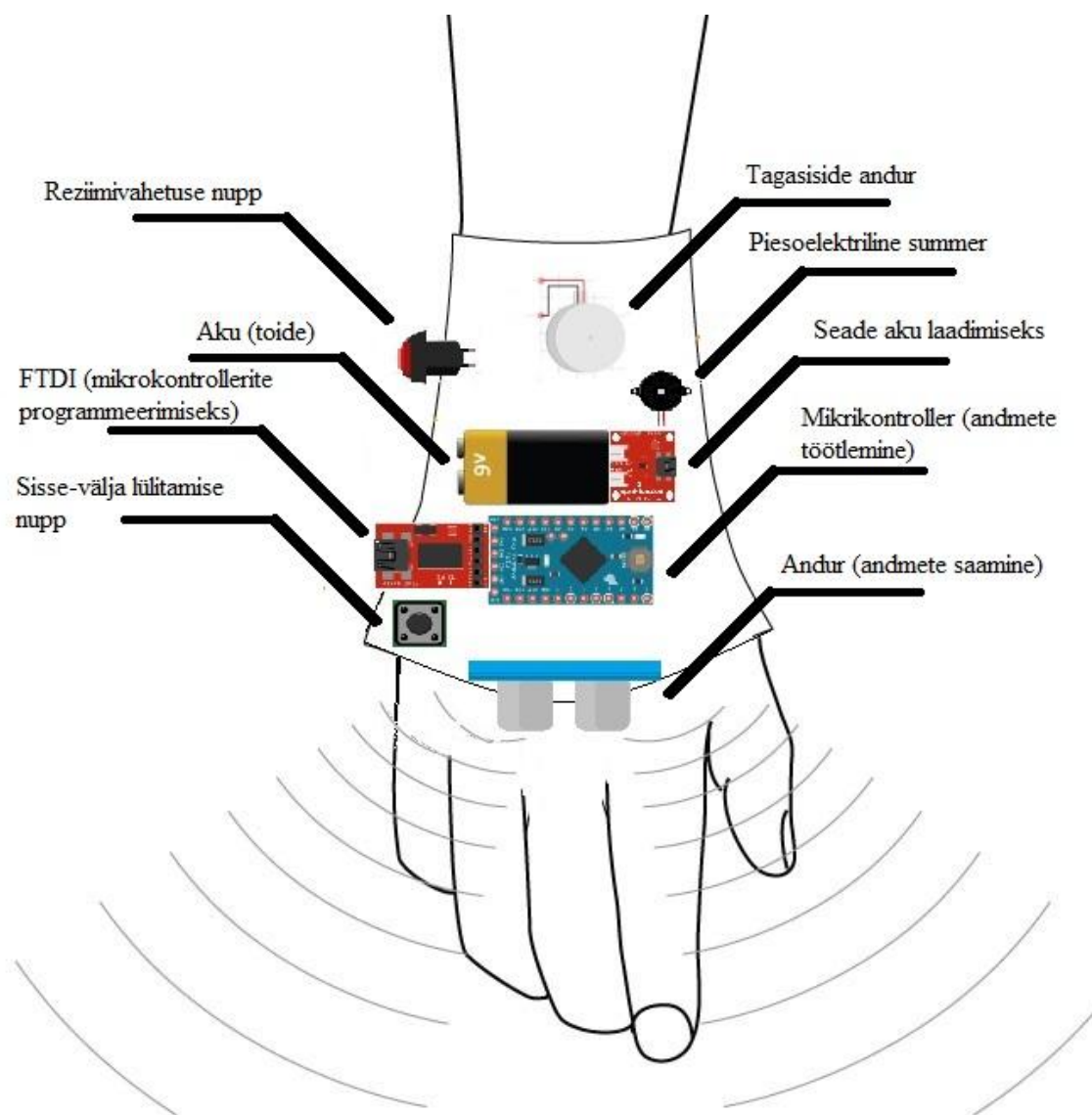
### **1.1.3 Võimalikud lahendused ja lõpplahenduste valik**

Esialgelt oli 3 võimalikke variante seadme realiseerimiseks: jalutuskepp, käevõru ja autonoomne robotsõiduk.

Jalutuskepp on kõige traditsiooniline abivahendite viis pimedate inimeste jaoks, kuid probleemideks on see, et kepp on kitsas ning andurite ja muu elektroonika kinnitamine pole mugav. Teiseks on võimalikud löögid ja kahjustused töö jooksul, mille tõttu elektroonika võib katki minema liiga kiiresti.

Robotsõiduki suurus ja liikumisvõimalused annavad lai elektroonikakomponentide realisatsiooni ning režiimi valiku, sest antud süsteem on keerukam kui teised. Probleemiks on side kasutaja ja seadme vahel (elavas õues kasutaja võib kaotada seadme, mis liigub autonoomselt) ning tagasiside. Selle seadme hind on ka mõni korda suurem, kui teiste. On ka väike liikumisprobleem: idee baseerus selles, et seade liigub rataste abil, seetõttu treppide ja bordüüri ületamine saab raskemaks.

Käevõru ei anna laiemaid režiimivõimalusi, kuna kindlustab peafunktsioonide täitmistja lihtsustab tagasiside võimalusi. Seade ei nõua suuri kulusid. Siis valisin oma lõputöö projekti loomiseks selle variandi. Seadme orienteeruv skeem on antud alljärgneval pildil[11].



Joonis2. Seade üldine skeem

## 1.2 Komponentide valik

### 1.2.1 Andmete saamine

Antud juhul vajalikud andmed ümbritsevast keskkonnast on kaugus objektist. Selle saamiseks kasutatakse kaugusandureid. Kaugusandur saab infot kaugusest objektist ja muutub selle signaaliks, mis edasi kantakse ja töödeldakse. Teiste sõnadega andur annab pinge ühele kontaktile või teistpidi katkestab elektiahela pärast objekti avastamist.

Selle projekti juhul on kaks võimalust – ultraheli või infrapunase anduri kasutamine. Alljärgnev tabel näitab mõne anduri eeliseid ja puudusi[19].

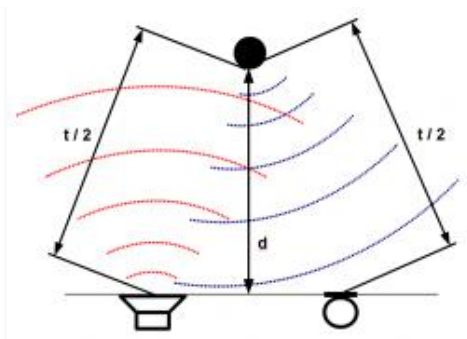
Tabel 1. Ultraheli ja infrapunase andurite võrdlused

Andur	Eelised	Puudused
Infrapunane	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hõlmab suured kaugused</li><li>• Hea kauguse ja nurga reguleeritavus</li><li>• Kõrge täpsus</li><li>• Mugav kasutamine õues, sest reageerib ainult objektile, millel on oma temperatuur</li><li>• Ohutu inimeste ja loomade terviseks (ei ole kiirgust)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Võimalikud valesignaalid (võib reageerida soe õhku konditsioneerist jne)</li><li>• Õues on madal täpsus keskkonna mõju tõttu</li><li>• Väike töötemperatuuride diapason</li><li>• Kui objekt ei lase läbi IP valgust, siis andur ei saa selle avastada</li></ul>

<b>Ultraheli</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Madal hind</li> <li>• Lihtne kasutamine</li> <li>• Keskkonnamõju on väike</li> <li>• Saab infot objektist sõltumata selle materjalist</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ebamugav loomade jaoks</li> <li>• Mitte nii kõrge täpsus ja positsioneerimisvõimalused</li> <li>• Aeglane</li> <li>• Hõlmab väikeseid kaugusi</li> <li>• Võimalikud veod, kui liikumine on liiga sujuv</li> </ul>
------------------	---	--

Selle tabeli baasil ja ülesanne järgi valisin ultraheli andurit.

Ultraheli kaugusmõõdik määrab objektide kaugust, mõõtes helilaine objektilt tagasipeegeldumise aega. Helilaine sagedus asub ultraheli sageduse piirkonnas, mis tagab kontsentreerituma helilaine suuna, sest kõrgema sagedusega heli hajub keskkonnas vähem. Tavaliselt on see vahemikus 20 – 60kHz. Tüüpiline ultraheli kaugusmõõdik koosneb kahest membraanist, millest üks genereerib heli ja teine registreerib tagasipeegelduva kaja. Piltlikult öeldes on tegu kõlari ja mikrofoniga. Heligeneraator tekitab lühikese, mõne perioodi pikkuse ultraheli impulsi ja käivitab taimerit. Teine membraan registreerib peegeldunud impulsi saabumise ja peatab taimerit. Taimerit ajast on heli kiiruse järgi võimalik välja arvutada helilaine läbitud teepikkus. Objekti kaugus on ligikaudu pool helilaine teepikkusest.



Joonis 3. Ultraheli anduri tööprintsip

Ultraheli kaugusmõõdikutel on igapäevaelus mitmeid rakendusi. Neid kasutatakse mõõdulintide asendajatena kauguse mõõtmise seadmetes, näiteks ehitusel. Tänapäeva autod on varustatud tagurdamisel takistusest hoiatavate ultraheliandurite ja hoiatussignaaliiga. Peale kauguse mõõtmise võivad nad lihtsalt registreerida objekti olemasolu mõõtepiirkonnas, näiteks tööstusmasinate ohualades. Kui ultraheli kiirus ja vastuvõtja eraldada, saab mõõta nende vahel voolava aine voolukiirust, sest vastuvoolu levib helilaine aeglasemalt ja päri voolu kiiremini[3].

Ultraheli laine levimiskiirus gaasis (C) toimub järgmise valemi järgi:

$$C = (k \times P/\rho)^{1/2} = \lambda \times f, \quad (1.1)$$

kus  $\rho$  – keskkonna tihedus(õhu jaoks on  $1,29 \text{ kg/m}^3$ , kui rõhk on 1013 GPa),

P – gaasi rõhk (Pa),

$\lambda$  – lainepikkus (cm),

f – ultraheli võnkumise sagedus (Hz),

k – adiabaatkoeffitsient gaaside jaoks (õhu jaoks on 1,4).

Sõltuvus temperatuurist:

$$C = c_0 \times (1 + T/273)^{1/2}, \quad (1.2)$$

kus  $c_0 = 331,6 \text{ m/s}$  (heli kiirus, kui  $T = 0^\circ\text{C}$ ),

T — õhu temperatuur Celsiuse järgi.

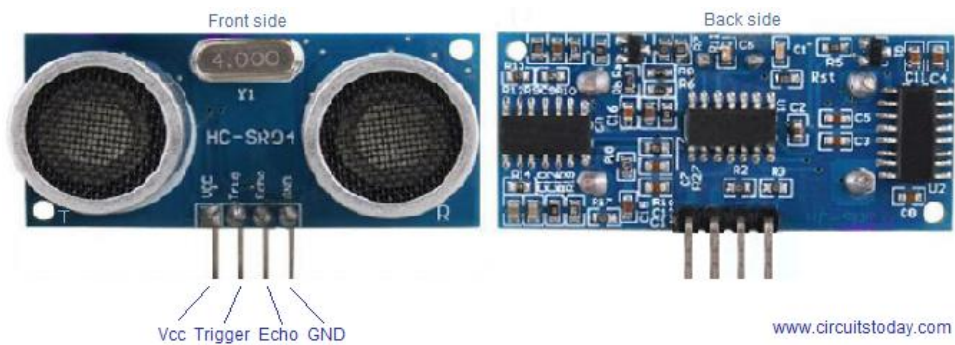
Kiirus muutub umbes 0,17% ühe kraadi kohta.

Ultraheli kiirus sõltub ka rõhust: rõhu kasvamiseks suureneb, on vaja ka õhu koostis; niiskusest sõltub väga väikesel määral (muutub kiirust umbes 2%)[7].

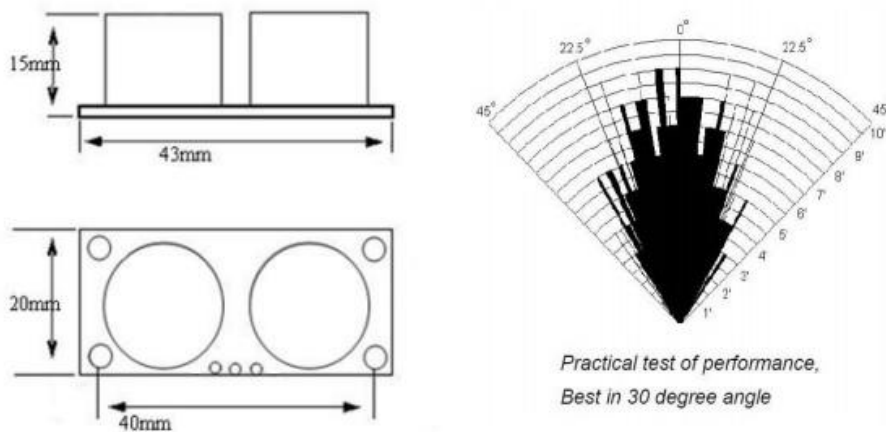
Oma projekti jaoks valisin HC-SR04 andurit[22].

## HC-SR04 parameetrid:

- Working Voltage: DC 5V
- Working Current: 15mA
- Working Frequency: 40Hz
- Max Range: 4m; Min Range: 2cm
- Measuring Angle: 15 degree
- Trigger Input Signal: 10 $\mu$ S TTL pulse
- Echo Output Signal Input TTL lever signal and the range in proportion
- Dimension 45 \* 20 \* 15mm
- Wire connecting direct as following:
- 5V Supply
- Trigger Pulse Input
- Echo Pulse Output
- 0V Ground

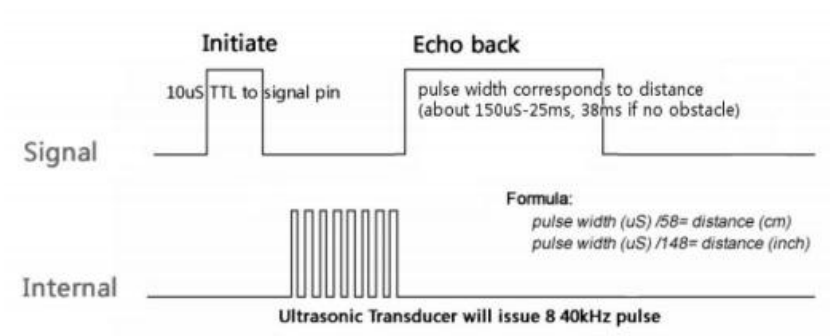


Joonis 4. HC-SR04 andur



Joonis 5. HC-SR04 mõõtmised ja töökaugus

## Sequence chart



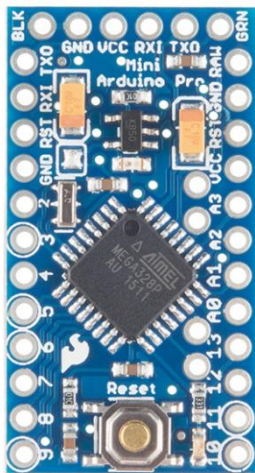
A short ultrasonic pulse is transmitted at the time 0, reflected by an object. The sensor receives this signal and converts it to an electric signal. The next pulse can be transmitted when the echo is faded away. This time period is called cycle period. The recommended cycle period should be no less than 50ms. If a 10µs width trigger pulse is sent to the signal pin, the Ultrasonic module will output eight 40kHz ultrasonic signal and detect the echo back. The measured distance is proportional to the echo pulse width and can be calculated by the formula above. If no obstacle is detected, the output pin will give a 38ms high level signal.

Joonis 6. Ultraheli anduri tööprintsip



## 1.2.2 Andmete töötlemine

Andmete töötlemiseks ja programmi laadimiseks valisin Arduino Pro Mini. Seal on mikroprotsessor Atmega 328, mis on töökindel ja C-keeles programmeeritav, mis oli kõige mugavaks lahenduseks. Arduino on suhteliselt odav. Mini on valitud suuruse tõttu, sest minu seade peab olema kompaktne. Arduino on anduriga ja teiste vajaliku seadmetega ühendatav ja selle omadused nagu PWM kanalid ja 5 V regulator on vaja edaspidiseks tööks.



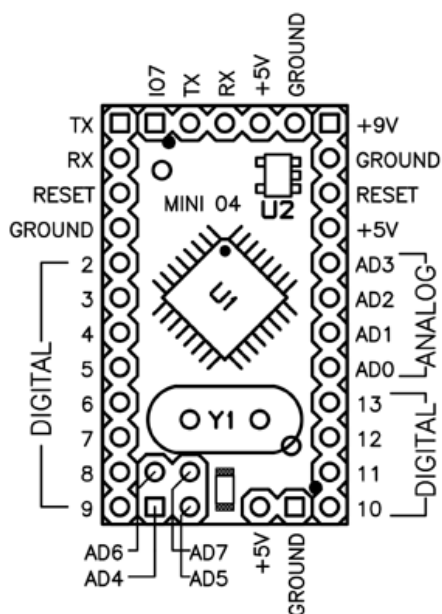
Joonis 7. Arduino Pro Mini

### Mikroskeemi parameetrid:

- ATmega328 running at 16MHz with external resonator (0.5% tolerance)
- 0.8mm Thin PCB
- USB connection off board
- Supports auto-reset
- 5V regulator
- Max 150mA output
- Over current protected
- Weighs less than 2 g
- DC input 5V up to 12V
- On board Power and Status LEDs
- Analog Pins: 8
- Digital I/Os: 14
- Dimensions: 0.7x1.3" (18x33mm)

Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 k $\Omega$ . In addition, some pins have specialized

functions, such as receive (RX) and transmit (TX), PWM pins, 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK), LED pin and external interrupts.



. Skeemid on antud graafilises osas 1.

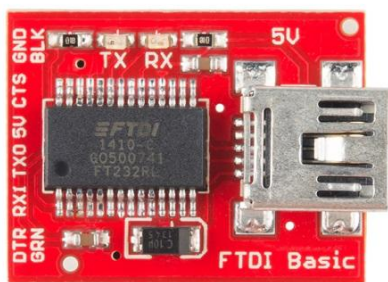
Arduino Pro Mini on 14 digitaalväljundeid, 6 neist võiks kasutada PWM (Pulse Width Modulation) ehk pulsslaiuse modulatsiooni jaoks, mis on tähtis mootori kontrollimiseks. See saab selgeks punktis 1.2.3.

ATmega328 on 32 kB flash mälu koodi jaoks, 2 kB SRAM ja 1kB EEPROM.

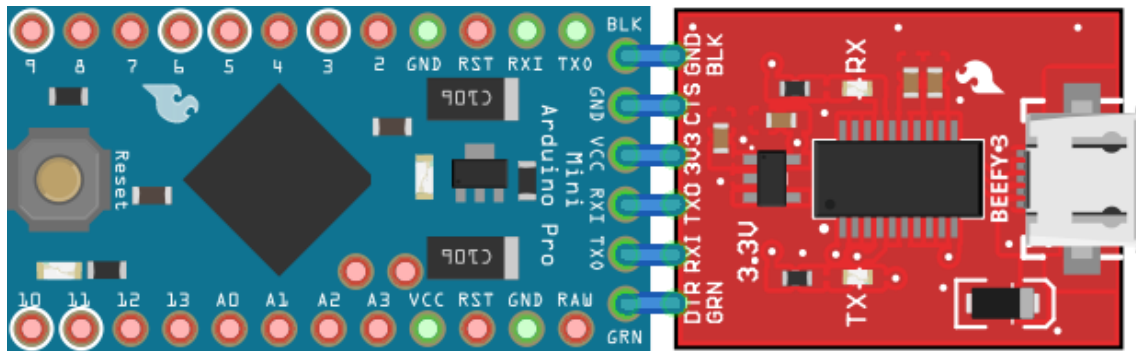
Joonis8. Arduino Pro Mini

Kui plaat asub korpuse sees, siis Arduino lülitises kasutan ka 0,1 mkF kondensaatorit Reset ja RTS pin vahel. Selle kondensaatori abil kontrollersaab signaali info murrangu kohta automaatselt USB-porti avamises, seetõttu ei ole vaja vajutada Reset nuppu iga kord uue programmi sisse laadimiseks.

On vaja ka kasutada FTDI-kaabli selleks, et oleks võimalik programmi sisse laadida. Valisin SparkFun FTDI 5V plaati. Selle saab sirgelt ühendada Arduino Mini plaatiga, nagu on näidatud joonisel 7[24].



Joonis 9. FTDI plaat



Joonis 10. FTDI ja Arduino ühendus

Pärast programmi laadimist eemaldan plaad projekt lõplikust skeemist, kuna programm ei sobiks muuta. Edasi võib vajadusel kasutada FTDI kaabli, mis võtab vähem ruumi. Ühendamine Arduino plaadiga on samasugune.

### 1.2.3 Tagasiside

Pärast signaali töötlemist on vaja anda kasutajale infot mingi takistuste kohta. Siin on vaja mäletada seadme spetsiifilisust.

Pimedate inimeste põhi vastuvõtliku kanalid on kuulmine ja kompimine. Tagasisidet sel juhul võiks realiseeruda heli või taktilanduri abil.

Helianduri kasutamine on mugav, kuid sellega on seotud järgmised probleemid:

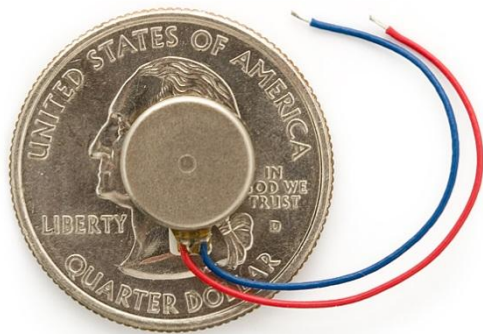
- Lisamüra. Kuulamine on pimedate jaoks põhiside maailmaga, lisa heli võiks segada kontsentreerumisele. Ka mõnel avalikkudel kohtadel müra võiks olla lubamatu.
- Õues, kus on aktiivne transpordiliikumine, võib juhtuda, et kasutaja ei saa kuulata vajaliku signaali, mis ei ole lihtsalt ebamugav, vaid ohtlik kasutaja tervisele.
- Inimeste psühholoogia omadus, mille nimetatakse negatiivseks adaptiivsuseks. Tugeva müra kauane kuulamine vähendab kõlatundlikkust[4].

Kuna heliandurit ei saa kasutada, on võimalik valida taktilandurite, ehk servo- ja vibromootorite vahel.

Taktiltunned on tähtsad pimedate jaoks: nad mitte ainult peegelduvad ümbritsevate objektide omadusi, vaid ka osalevad ihu „skeemi“ loomisel. Lisaks kõigele, nahatunned moodustavad signaalbaasi aktiivseks kompimiseks, mis on pimedate taju pealiik. Käetundlikkus kasvab nägemise halvenemisel.

Servomootori kasutamise printsiip põhineb selles, et pärast signaali saamist mootor hakkab pöörlema ja spetsiaalsed seadmed ahistavad inimese käe, ahistamise ehk pinge tugevus sõltub kaugusest. Kuid meditsiiniuuringud näitasid, et inimese ihu adapteerib pinge mõjule väga kiiresti ja pärast mõni aega kasutaja ei saa tunda tagasisidet. Selle nimetatakse täielikuks sensoradaptiivsuseks[4].

Vibratsioon on hästi sobiv lahendus, kuna räägime adaptiivsusest. Valisin selleks SparkFun vibromootori B1034.FL45-00-015[20], mille tugevateks küljeks on kompaktsus ja laiemad kiiruse võimalused.



- $d = 10 \text{ mm}$
- Single-phase motor
- 4 poles
- Rated voltage 3,0 V DC
- Rated current 60mA
- Speed  $13000 \pm 3000 \text{ rpm}$
- Noise approx. 50dB(A)

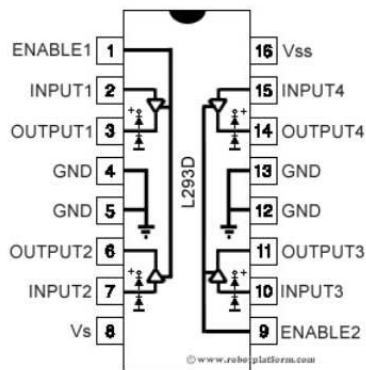
Joonis 11. Vibromootor

Mootorit ei saa sirgelt ühendada teiste skeemide osadega, sest on vaja kontrollida vibratsiooni intensiivsust (kui takistus on lähedal, siis vibratsioon on tugev, kauguse kasvades vibratsiooni intensiivsus langeb). Kasutan L293D draiveri selle tegemiseks, kuna ta on kättesaadav ja kõige stabiilsem elektroonseadmeturul.



Joonis 12. L293D

L293D printsiipaalne skeem on võetud vastavast juhendist. Vaatame draiveri vasakule poolele. Väljundid 1 ja 2 on vaja mootori kaasamiseks. Enable port kasutatakse juhtsignaali saamiseks ning draiveri juhtimiseks. HIGH signaal või liitmine +5V pingega sisse lülitab draiveri. Sisendid 1 ja 2 kasutatakse mootori pöörlemise juhtimiseks. HIGH signaal sisendi 1 jaoks ja LOW signaal teise sisendi jaoks pöörleb mootorit ühes suunas, teistpidi – teises suunas[16].



Joonis 13. L293D skeem

Sama signaali andmine mõlematel sisenditel ei anda mootori pöörlemist. Sisendite signaali muutuse tulemused on hästi näha tabelist 2, kus „1“ ühel väljunditest tähendab mootori pöörlemist. Vss väljund on mikroskeemi toide, Vs väljund on mootori toide. Toite eraldamine annab võimaldabühendada ühel skeemil erineva toitepingega mootoreid. See ka vähendab häireid, mis tekkivad pinge hüpe tõttu mootori töö jooksul. GND on maa, need väljundid ka kasutatakse soojendamise ennetamist[9].

Tabel 2. L293D tööprintsip

ENABLE1	INPUT1	INPUT2	OUTPUT1	OUTPUT2
1	0	0	0	0
1	1	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	1	1	1

**L293D tehnilised parameetrid:**

- Vs 4,5 – 36V
- Vss 5V
- Output current capability per channel 600mA
- Peak output current per channel 1,2A
- logic "0" input voltage up to 1,5V
- logic "1" input voltage 2,3...7V
- Switching frequency up to 5 kHz.

Kui tahame mootori kiirust muuta, siis tuleb Enable kinnitada mingi PWM pordiga ja kasutada pulsilaiuse modulatsiooni.

PWM abil reguleeritakse väljundpinge impulsside laiuse muutmise abil[2].

Kui mootori tööpinge on 3V, aga mul on 9 või 5V allikad, siis kasutan pingestabilisaatori LM317 (stabilisaatori mittekasutamine hukutab mootorit).

Printsiipiaalne kasutuskeem on Skeem 4.

Valem takisti parameetrite leidmiseks on võetud LM317 juhendist.

$$V_O = V_{REF} (1 + R2 / R1) + (I_{ADJ} \times R2) \quad (1.3)$$



Joonis 14. LM317

$I_{ADJ} = 50\mu A$  (juhendist, võib olla vähem, aga ei tohi ületada 50)

$V_{REF} = 1,25V$  (juhendist)

$R1 = 240 \Omega$  (skeemist, võib kasutada teise takisti, kuna antud juhul see ei ole vaja)

Kui  $V_o = 3V$ , siis  $R2 \approx 333 \Omega$ , võtan  $R2 = 330 \Omega$

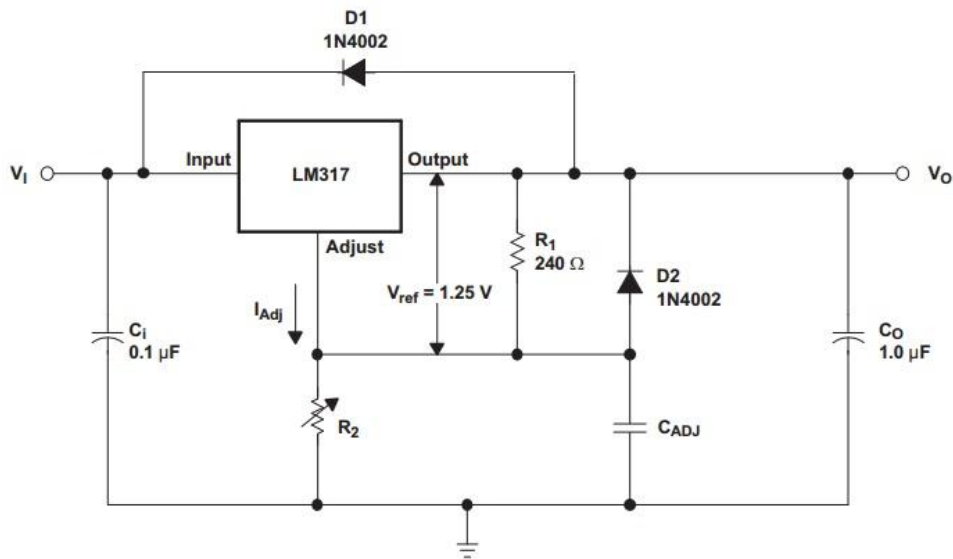


Figure 9. Adjustable Voltage Regulator

Joonis 15. LM317 ja süsteemi ühendus

LM317 teeb sissepinge 1,25V väljundi ja lisa reguleerimisväljundi vahel selleks, et saada vajalik väljundpinge pingejaguri abil. LM317 kontrollib pingevahe sisendi ja väljundi vahel. C<sub>1</sub> kasutatakse pulsatsiooni vähendamiseks, C<sub>ADJ</sub> ja C<sub>0</sub> müra vähendamiseks. D1 ja D2 on kaitsmisdioodid[15].

### 1.2.4 Toide

Seadme katkematu toide mitu tundi jooksul realiseerimiseks võtsin Soshine e3 9 V aku[21].



Tehnilised parameetrid:

- Voltage: 9V
- Charging voltage: 8,4± 0,05V
- Charging current: 250mA 0.5C5A
- Capacity: 650mAh
- Rechargeable lithium battery

Joonis 16. Soshine 9 V aku



- Service life: 1000cycles
- Dimensions: 48,5 x 26,1 x 15,4mm
- Weight:26 g

Arvutame aega, mille jooksul seade saab töötada aku abil.

$$E = C * U, \quad (1.4)$$

kus E – aku energia, Wh,

U – pinge, V,

C – aku maht, Ah.

$$650\text{mAh} = 0,65 \text{ Ah}$$

$$E = U * C = 9 * 0,65 = 5,85 \text{ Wh}$$

Valem tööaega leidmiseks [5]:

$$T = C * U * \eta / P, \quad (1.5)$$

kus  $\eta$  – aku kasutegur,

P – kasutatud elektroonika kogu võimsus.

$\eta$  võtame umbes 0,8.

P võtame umbes 1W, sest meie seade ei nõua suure võimsuse.

$$T = 5,85 * 0,8 / 1 = 4,68 \text{ h}$$

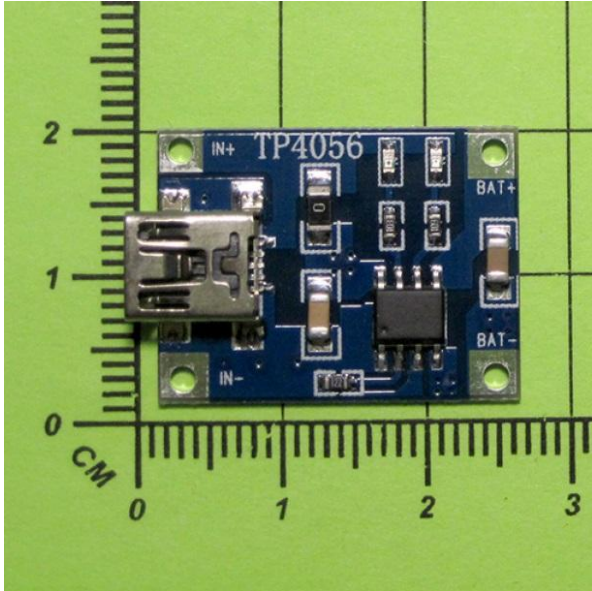


Joonis 17. Aku kinnitus

Kasutan ka aku kinnituse pikkusega 150 mm ja kaaluga 3g.

Selle aku jaoks on olemas spetsiaalne laadija, aga seda võiks kasutada ainult sel juhul, kui aku on äravõetav. Pimedate jaoks see ei ole mugav, sest tekkib vajadus vaadata, kuidas aku kaanestatakse laadijasse õigesti. Seetõttu kasutan lisa mikroskeemi aku toitmiseks.

See on TP4056 liitium-iooni aku jaoks[23].TP4056 kinnitatakse kohe akule ilma abielementideta.



#### **TP4056 parameetrid:**

Charge mōdula - Linear charging.

Current- 1A adjustable.

Charge precision- 1.5%.

Input voltage- 4.5V-5.5V.

Full charge voltage- 4.2V.

Led indicator- red is charging blue is full charged.

Input interface- mini USB.

Work temperature- -10 to +85° C.

Inversed polarity- NO.

Weight – 10 g

Joonis 18. TP4056

Siin on R3, mille nominaali muutudes võib muuta seadme reguleerimisvoolu. Kuna aku laadimisvool on 250mA, siis võtan datasheet tabelist R3 = 5kΩselle voolu jaoks.

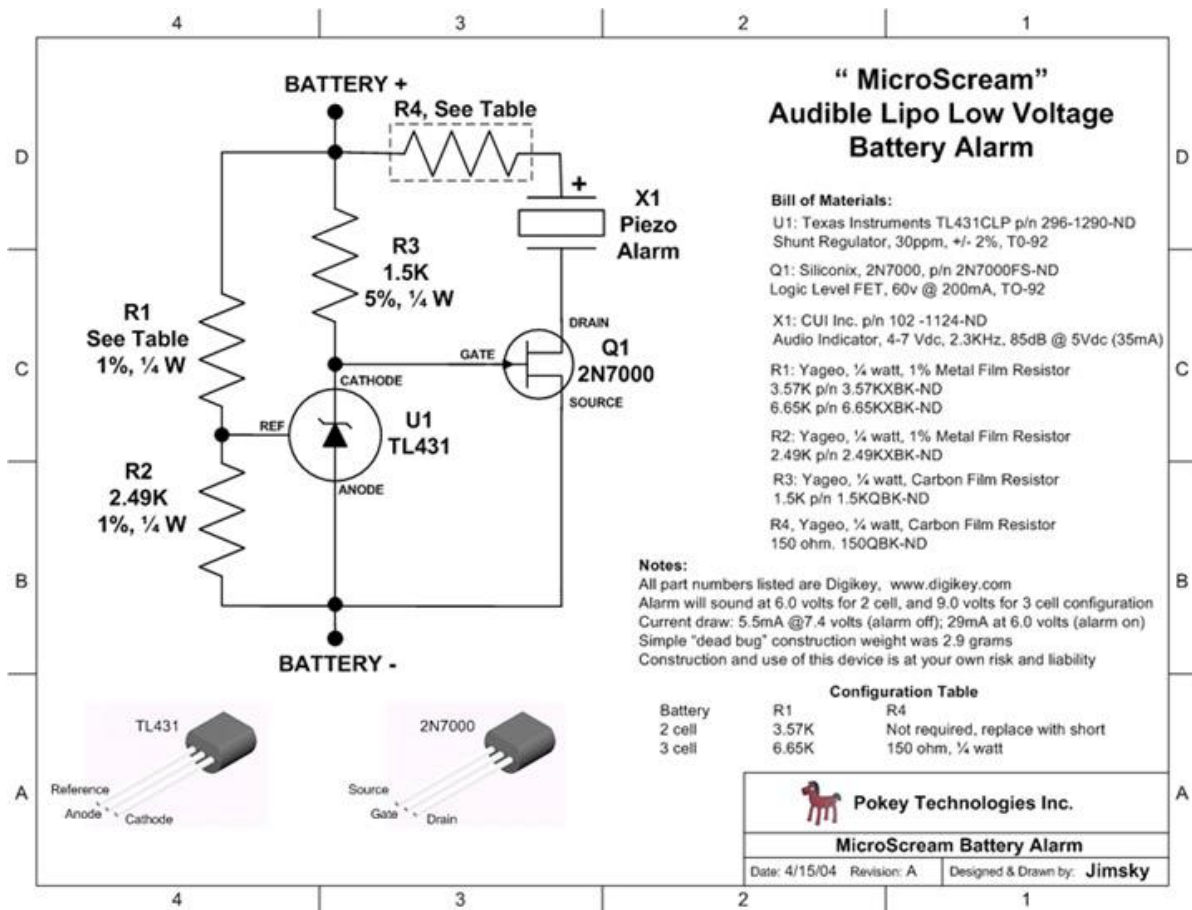
Aku laadimisaeg on umbes 3 t.



On vaja ka teada, kui aku on lõdvendanud. Liitium-ioon aku ei soovita lõdvendada rohkem kui kuni 90%, sest laengukontroller sel juhul ei saa tagada vajaliku alusvoolu aku laadimiseks[13].

Joonis 19. Pieso summer

Aku seisundi teadmiseks kasutan pieso summerit helisignaali saamiseks, sest spetsiaalse mikrokontrolleri kasutamine võtab liiga palju ruumi. See on levinuim ja odavaim lahendus. Kui üldisel skeemil on ta lihtsalt kinnitatud pingega ja maaga, siis realsuses kasutatakse järgmise lihtsa skeemi[17].

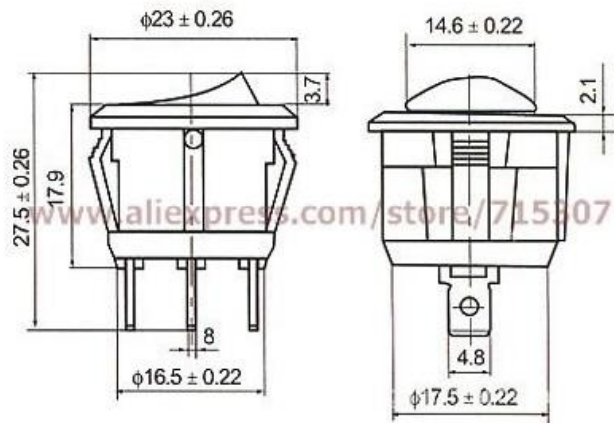


Joonis 20. Skeem aku seisundi saamiseks

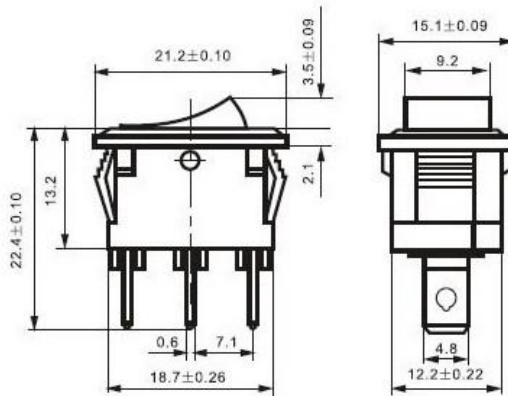
Mul on 9V aku, seetõttu 3cells andmed sobivad.

### 1.2.5 Sisse- ja väljalülitamine

Sisse-ja välja lülitamiseks kasutan 2 nuppu erineva kujuga. Esimene nupp vastab seadme sisse- ja välja lülitamisele, teine sisse lülitab lähirežiimi. Nuppude tööpõhimõte on samasugune ning joonised on antud. Erinev vorm lihtsustab seadme kasutamist, sest kasutaja saab kiiresti mäletada, millele funktsioonile vastab iga nupp.



Joonis 21. Esimene nupp ja selle suurused



6A 250V/AC 10A 125V/AC

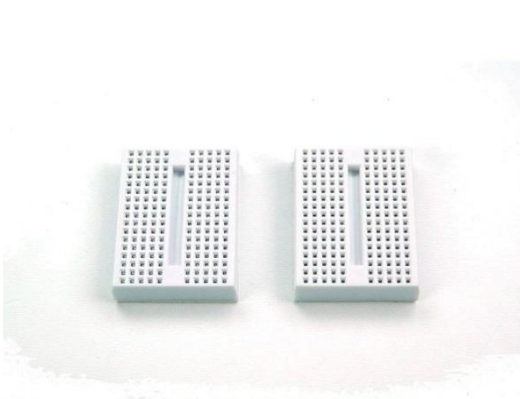
Joonis 22. Teine nupp ja selle suurused

## 1.2.6 Lisaseadmed

Lisaseadmeteks on erinevate pikkustega juhtmed osade ühenduseks (Joonis 16) ning 170 pin plaat(Joonis 17), kus paigaldatakse pieso summeri lisatakistite ja L293D.



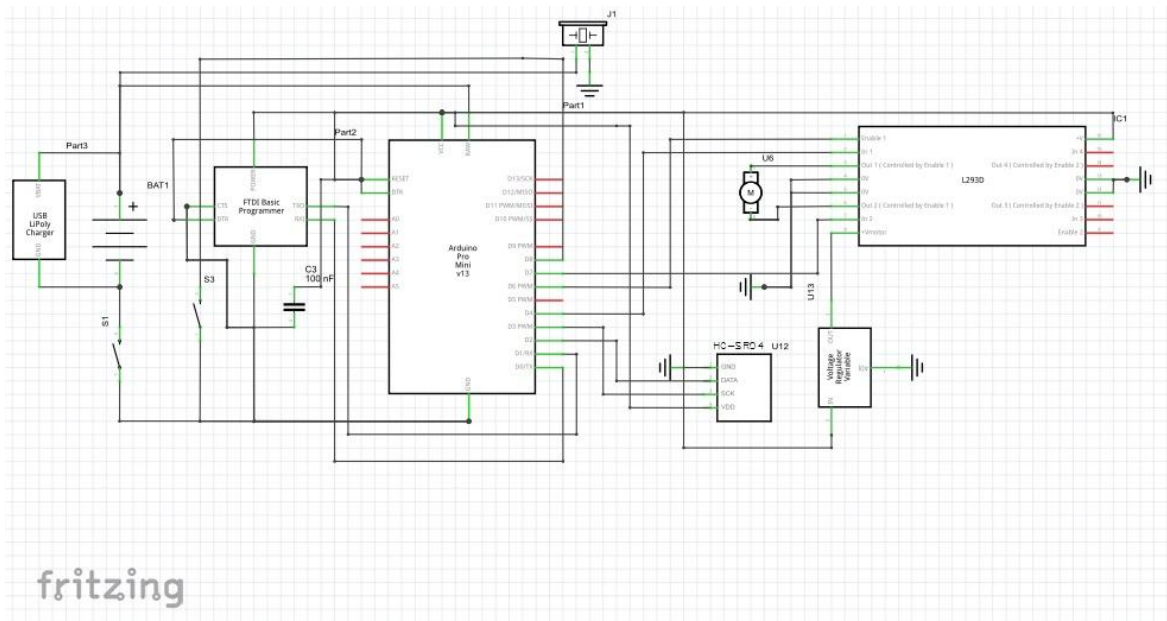
Joonis 23. Juhtmed



Joonis 24. 170 PIN plaat

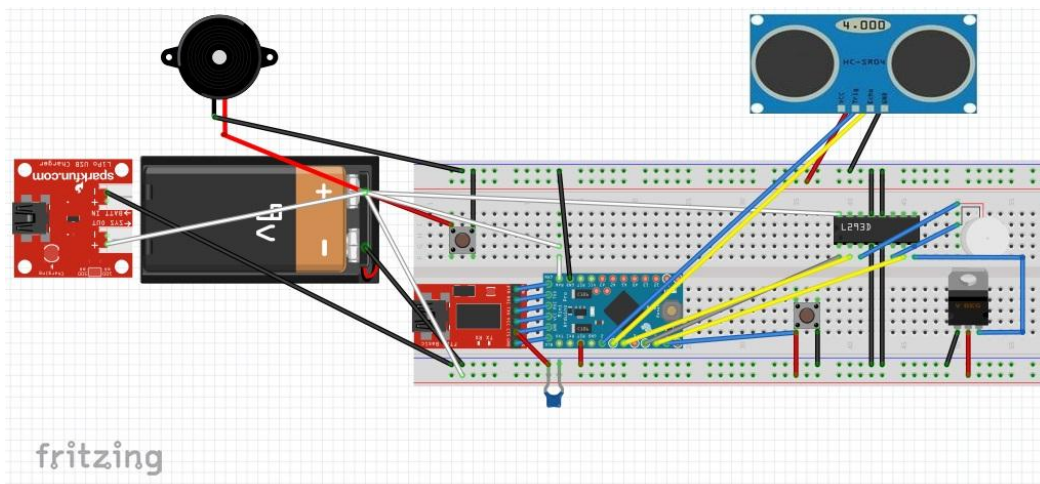
### 1.3 Elektriskeem

Selle tööetapi eesmärgiks on elektriskeemi koostamine. Lisaks antud skeemile tulevad skeemid pieso sumneri ja LM317 jaoks (siin need elemendid on pandud ilma abiseadmeteta), mis olid antud varem. Arduino RESET väljund on kinnitatud 5V toidega selleks, et ei toimu meelevaldse mahapaneku.



Joonis 25. Üldine elektriskeem

On olemas ka elementskeem selleks, et saada ülevaade kogu projekti suurusest.



Joonis 26. Üldine skeem reaalsete elementidega

## **1.4 Programm**

Programm tagab seadme funktsioonide sooritamist. Programm on kirjutatud C keeles[8][10][18]. Kood koos kommentaaridega on antud lisa 1 .

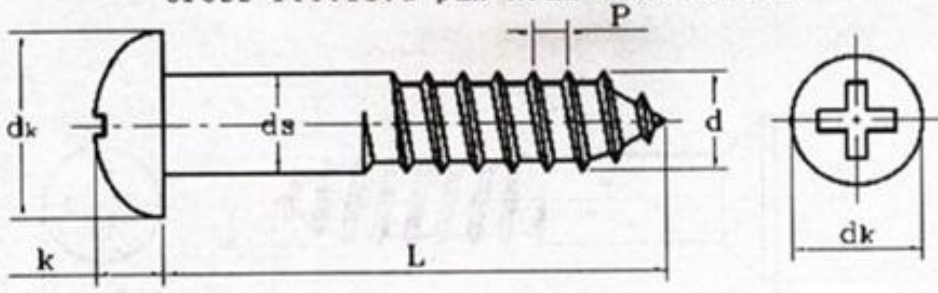


## 1.5 Mehaaniline osa

### 1.5.1 CAD-mudel

Mehaaniline osa koosneb seadme korpusest, mis on võimalik kinnitada kasutaja käele. Korpus koosneb ülemisest ja alumisest osast, mis on kinnitatud poltidega DIN 7996 2,5x25 (Joonis 18). On olemas ka käerihm, mis on reguleeritud takjapaelaga. Käerihmasees on õmmeldud vibromootor, mis puudutab kää selgemiste pinda. Korpuses on 2 nuppu jatoidepesa. FTDI plaat programmi laadimiseks on eemaldatud. Korpuse eespinnas on HC-SR04 andur. Tagapinnal asub plokk lehe paigaldamiseks, kuhu võib kirjutada kasutaja peaadmeid – nimi, aadress, telefon – hädaolukorra jaoks.

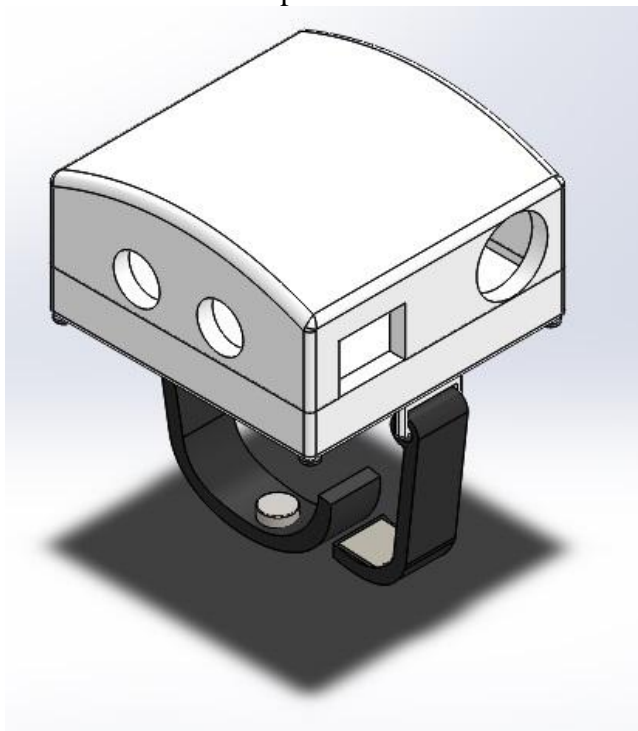
DIN 7996-2008  
Cross recessed pan head wood screws



d	ds		dk		k		槽号
	max	min	max	min	max	min	
2	2	1.6	4.38	3.62	1.6	1.2	0
2.5	2.5	2.1	5.38	4.62	1.9	1.5	1
3	3	2.6	6.38	5.62	2.3	1.9	2
3.5	3.5	3.02	7.45	6.55	2.6	2.1	
4	4	3.52	8.45	7.55	3	2.6	
4.5	4.5	4.02	9.45	8.55	3.34	2.86	3
5	5	4.52	10.45	9.55	3.74	3.26	
5.5	5.5	5.02	11.55	10.45	4.04	3.56	4
6	6	5.52	12.55	11.45	4.44	3.96	
7	7	6.42	14.55	13.45	5.14	4.66	
8	8	7.42	16.55	15.45	5.84	5.36	

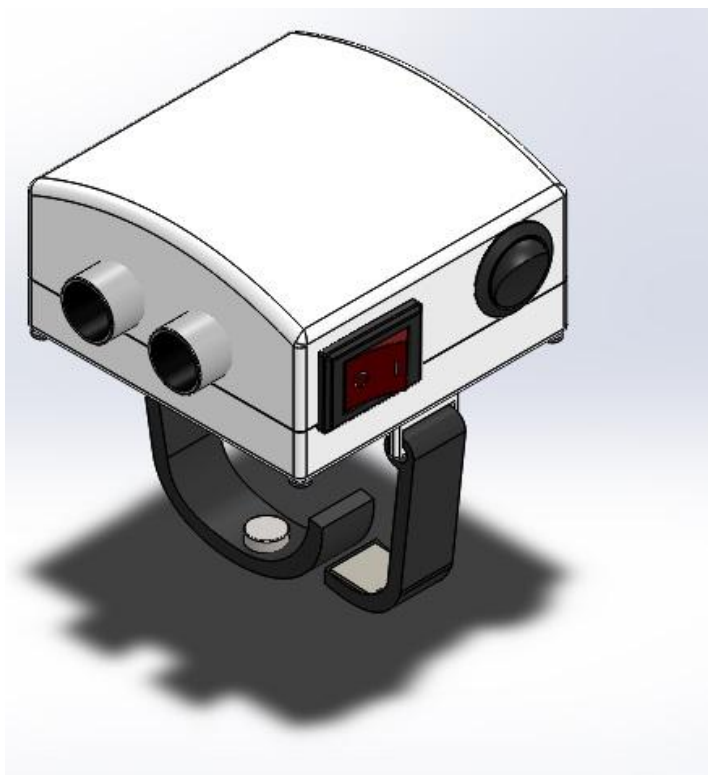


Joonis 27. DIN 7996 poldid



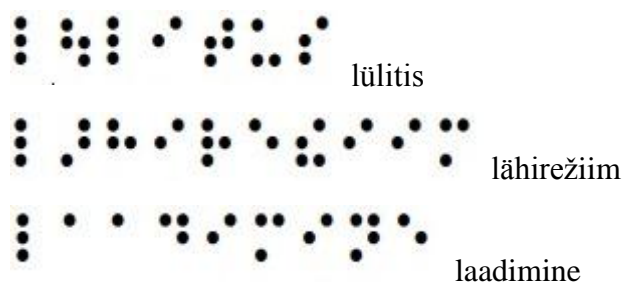
Joonis 28. Korpus koos rihmaga

Lõppvariant võib välja näha niipidi



Joonis 29. Lõpptulemus

Ka võib lisada nuppude nimetused Braille kirjas[1]:



Joonis 30. Vajalikud nuppude nimetused Braille kirjas

### 1.5.2 Valmistamine

Korpus on valmistatud ABS plastmassist, mis tagab seadme mittetoksilisust, töökindlust, löögitugevust, mittetundlikkust veele ja temperatuurile[14]. Korpuse valmistamise viisiks on valitud 3D-printimine. Rihm on valmistatud kõvast koest.

## 1.6 Seadme omadused ja piirangud

Seadme omadused on:

- Takistuste leidmise kaugus — kuni 4 m;
- Kaal —umbes 150 g;
- Suurus —85x83,5x25 mm + rihm;
- Töö — umbes 4,7 tundi ilma laadimiseta;
- Töötemperatuurid — kuni -30° C;
- Toide— aku, komplektis ka laadimisseade.

Piirangutest võiks nimetada:

- Ei tohi kasutada koos juhtkoeraga, sest ultraheli võib teha negatiivse mõju
- Tööaeg ilma laadimiseta on suhteliselt lühike. Kuna pimedad inimesed jalutavad vähem kui tavalised, see ei ole nii vaja, aga võiks lisada seadmele ka battery pack ehk portatiivse toideallika.
- Ekstreemsetes tingimustes (liiga kõrged või madalad temperatuurid, suur atmosfäärrõhk, niiskus jne) seade võib töötada vigadega

## 2 MAJANDUSANALÜÜS

### 2.1 Kulude arvestus

Tabelis on antud elementide hinnad, kuna majanduslik küsimus on tähtis abiseadmete juhul. Projekti kulud on orienteeruvad, sest enamik hindadest oli antud dollaris. Lõplik hind on prototüübi valmistamiseks, kuid masstootmise juhul tulevad lisakulud .

Tabel 3. Projekti kulud

Komponent	Orienteeruv hind eurodes
Arduino Pro Mini plaat	8,78
SparkFun FTDI	13,18
HC-SR04 andur	1,09
Vibromootor	4,37
Soshine 9V aku	7,81
Aku konnektor	1,99
TP4056	1,95
LM317	0,79
L293D	1,62
Pieso summer	1,50
Nupud	0,85
Juhtmed	4,41
170 pin plaat	4,40
Teised seadmed (TL431, 2N7000, transistorid, dioodid jne)	≈ 1
Valmistamine (rihm ja 3D printimine)	7,94

Kokku:≈ 62€

## 2.2 Turuanalüüs

Kuna idee ei ole uus, siis maailmas on juba olemas seadmeprototüübid pimedate jaoks. Mõned neist saab osta suhteliselt kõrge hinnaga – 300-635 £, teised, nagu minu projekt, eksisteerivad ainult paberil või nagu prototüübid ilma korpuseta ja muu vajaliku seadmeteta. Sel olukorral antud seadme projekteerimine ja komponentide valik tuleb palju odavam turul saadavatest variandidest, mis oli ühes esialgses eesmärgist. Kui räägime masstootmisest, siis tulevad lisakulud korpuse valmistamisele, tööruumi rendile ja vajaliku firma loomisele ja dokumentatsiooni koostamisele, kuid elektroonikakomponentide hulgiost on tavaliselt odavam. Lõplik hind kasvab tühiselt[6].

## KOKKUVÕTE

Selle bakalaureusetöö teema oli pakutud minu poolt ja oli tehtud Igor Penkov juhendamisel. Käesolevas töös on projekteeritud juhtseade pimedate inimeste jaoks. Seade on mõeldud kasutamiseks nii õues kui ka ruumides. Seade saab infot takistustest ultraheli anduri abil ja annab kasutajale tagasiside vibratsiooni kaudu. Töös on kasutusel SolidWorks ja Fritzing töökeskkonnad.

Töö käigus tutvuti seadme ehitusega, tööprintsibiga ja realiseerimisega nii mehaanilises, kui ka elektrilises keskkonnas ja programmis. Projekteeritud seade vastab kõigile kriteeriumile, mis oli esialgselt antud, kuna peamiseks faktoriks olid töökindlus, odavus ja mugavus.

Töö täitmine läks mitmeks etapiks, nagu idee läbi töötlemine, elektriskeemi koostamine ja elektrikomponentide valimine, juhtprogrammi loonime, 3D mudeli joonestamine ning majanduslik analüüs.

Kokkuvõttes võiks öelda, et antud projekti põhjal tulevikus võib tooda seadme laiemalt selleks, et ta oleks kättesaadav kõigile hädalisele .

## **SUMMARY**

This bachelor thesis has been proposed by me and has been done under the guidance of Igor Penkov Ph.D. This paper's aim is to design a guidance device for blind people. The device is supposed to be used both outdoors and indoors. The device gets information about obstacles via an ultrasonic sensor and provides feedback to the user in the form of vibrations. SolidWorks and Fritzing software is used in the design process.

The paper includes information concerning construction of the device, operating principles and mechanical, electrical and programming realization. The device is designed according to all the standards that were given. The main factors are reliability, availability and usability.

The work consists of several stages, such as processing an idea, wiring diagram compilation and selection of electrical components, program writing, 3D drawings and economic analysis.

In conclusion, such a device may be produced on the base of this project and be available for every blind man.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. [WWW]  
[http://www.tek.tartu.ee/public/EESTI\\_PUNKTKIRJA\\_KASIRAAMAT\\_viimane\\_version.pdf](http://www.tek.tartu.ee/public/EESTI_PUNKTKIRJA_KASIRAAMAT_viimane_version.pdf) (Mai 2016)
2. Ю.С.Забродин. Промышленная электроника, Москва, 1982
3. Raivo Sell, Mikk Leini, Rain Ellermaa. AVR mikrokontrollerid ja praktiline robootika. Rev2. Tallinn, 2015
4. А.В.Петровский. Общая психология, Москва, 1986
5. У.Титце, К.Шенк. Полупроводниковая схемотехника, Москва, 1982
6. Frank Lamb. Industrial Automation Hands-On, USA, 2013
7. [WWW] <http://www.cta.ru/cms/f/340866.pdf>(Aprill 2016)
8. [WWW] <http://arduino.ua/ru/prog/> (Mai 2016)
9. [WWW] <http://zelectro.cc/L293D> (Mai 2016)
10. [WWW] <http://robocraft.ru/blog/arduino/170.html>( Mai 2016)
11. [WWW] <http://grathio.com/2011/08/meet-the-tacit-project-its-sonar-for-the-blind/>(Märts 2016)
12. [WWW] <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs213/en/>(Märts 2016)
13. [WWW] <http://www.ixbt.com/mobile/battery-charge.html> (Aprill 2016)
14. [WWW] [http://3dtoday.ru/wiki/FDM\\_materials/](http://3dtoday.ru/wiki/FDM_materials/)(Mai 2016)
15. [WWW] <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm317.pdf>(Mai 2016)
16. [WWW] <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/l293.pdf> (Mai 2016)
17. [WWW] <http://www.rcgroups.com/forums/showthread.php?t=221018>(Mai 2016)



18. [WWW] <http://www.instructables.com/id/Haptic-Distance-Sensor/> (Märts 2016)
19. [WWW] <http://pmcm.ru/reviews/infrakrasnye-i-ultrazvukovye-datchiki-dvizheniya/> (Märts 2016)
20. [WWW] <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Robotics/B1034.FL45-00-015.pdf> (Aprill 2016)
21. [WWW] [http://bestbattery.com.ua/9v\\_battery/soshine\\_li-ion\\_9v\\_650](http://bestbattery.com.ua/9v_battery/soshine_li-ion_9v_650) (Aprill 2016)
22. [WWW] <http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf> (Märts 2016)
23. [WWW] <https://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Prototyping/TP4056.pdf> (Mai 2016)
24. [WWW] [https://learn.sparkfun.com/tutorials/sparkfun-usb-to-serial-uart-boards-hookup-guide?\\_ga=1.73451410.1629459965.1462056806](https://learn.sparkfun.com/tutorials/sparkfun-usb-to-serial-uart-boards-hookup-guide?_ga=1.73451410.1629459965.1462056806) (Mai 2016)

## LISAD

### Lisa 1. Programmikood

```
int sensorPin = 2; /HC-SR04 anduri echo-pulse väljund on ühendatud 2 Arduino
/pinniga
int TRIG = 3; /HC-SR04 anduri trigger-pulse väljund on ühendatud 3 /Arduino pinniga
int IN1 = 4; /L293 esimene sisend on ühendatud 4 Arduino pinniga
int IN2 = 7; /L293 teine sisend on ühendatud 7 Arduino pinniga
int EN1 = 6; /L293 draiverilüliti on ühendatud 6 Arduino pinniga
int SWITCH = 8; /režiimlüliti on ühendatud 8 Arduino pinniga

int maxDistance1 = 4000; /kaugrežiimi ulatus
int maxDistance2 = 1000; /lähidase režiimi ulatus

void setup(){ /funktsioon muutuja initsialiseerimiseks, kasutatakse programmi alguses
/üks kord
  pinMode(sensorPin, INPUT); /antud väljund on etteantud nagu sisend andmete
/saamiseks
  pinMode(TRIG, OUTPUT);/antud väljund on etteantud nagu väljund
  pinMode(EN1, OUTPUT); /antud väljund on etteantud nagu väljund
  pinMode(IN1, OUTPUT); /antud väljund on etteantud nagu väljund
  pinMode(IN2, OUTPUT); /antud väljund on etteantud nagu väljund
}

void farLoop(){ /esimene alamprogramm kaugrežiimi jaoks
digitalWrite(TRIG, HIGH);/ TRIG väljundile on antud HIGH signaal, ehk 5V
delayMicroseconds(10);/ 10 mikrosekundi viivitus
digitalWrite(TRIG, LOW); / TRIG väljundile on antud LOW signaal ehk 0V

  digitalWrite(IN2, HIGH); / IN2 sisendile on antud 5V signaal selleks, et mootor saab
/pöörlema
  digitalWrite(IN1, LOW); / IN1 sisendile on antud LOW signaal ehk 0V selleks, et
/mootor saab pöörlema ühes suunas
  delayMicroseconds(10);/ 10 mikrosekundi viivitus
  int pulseWidth = pulseIn(sensorPin, HIGH, maxDistance1); /anduri /impulssi kauguse
/saamine maksimaalsest kaugusest, andmed on mikrosekundites
  if((pulseWidth < 110) || pulseWidth > maxDistance1){ / kui impulssi kaugus on vähem
/kui 110 või rohkem kui maksimaalne kaugus
    pulseWidth = maxDistance1; /impulss võrdub maksimaalse kaugusega
  }
  pulseWidth = map(pulseWidth, 110, 4000, 170, 0); /teisel juhul pulssi kaugus sõltub
/saadud kaugusest
  analogWrite(EN1, pulseWidth); /PWM väljundile on antud signaal, mis võrdub
/pulsilaiusele
  delayMicroseconds(10);/ 10 mikrosekundi viivitus
}
```

```

void closeLoop(){/teine alamprogramm lähedase režiimi jaoks
digitalWrite(TRIG, HIGH); / TRIG väljundile on antud HIGH signaal, ehk 5V
delayMicroseconds(10);/ 10 mikrosekundi viivitus
digitalWrite(TRIG, LOW); / TRIG väljundile on antud LOW signaal ehk 0V

    digitalWrite(IN2, HIGH); / IN2 sisendile on antud 5V signaal selleks, et mootor saab
    /pöörlema
    digitalWrite(IN1, LOW); / IN1 sisendile on antud LOW signaal ehk 0V selleks, et
    /mootor saab pöörlema ühes suunas
    delayMicroseconds(10);/ 10 mikrosekundi viivitus
    int pulseWidth = pulseIn(sensorPin, HIGH, maxDistance2); /anduri /impulssi kauguse
    /saamine lähedasest kaugusest, andmed on mikrosekundites
    if((pulseWidth < 110) || pulseWidth > maxDistance2){ / kui impulssi kaugus on vähem
    /kui 110 või rohkem kui lähedane kaugus
        pulseWidth = maxDistance2; /impulss võrdub lähedase kaugusega
    }
    pulseWidth = map(pulseWidth, 110, 1000, 170, 0); /teisel juhul pulssi kaugus sõltub
    /saadud kaugusest
    analogWrite(EN1, pulseWidth); /PWM väljundile on antud signaal, mis võrdub
    /pulsilausele
    delayMicroseconds(10); / 10 mikrosekundi viivitus
    }

void loop(){/peaprogramm, töötab tsüklis
if(SWITCH == HIGH){/ kui režiimlüliti on sisse lülitatud
    closeLoop; /lähedase režiimi teostamine
    }
else { / teisel olukorral
    farLoop; /kaugrežiimi teostamine
    }
}

```