

KLAIPĖDOS UNIVERSITETAS
JŪRŲ TECHNIKOS FAKULTETAS
ELEKTROTECHNIKOS KATEDRA

TVIRTINU _____

Katedros vedėja: prof. dr. Eleonora Guseinoviėnė
2013

ELEKTRONIKOS IR ELEKTROS INŽINERIJOS MAGISTRANTŪROS STUDIJŲ
PROGRAMOS „PRAMONĖS ELEKTROS ĮRANGA IR AUTOMATIKA“
(Studijų kodas 612H60002)
MAGISTRO TEZĖS

Buitinių atliekų išmanioji atpažinimo sistema

Recenzentas: _____

2013

Vadovas: prof. habil. dr. Andrius Antanas

Bielskis

2013

Recenzentas: _____

2013

Rengė: TMPE-11, Petras Leknius

2013

Klaipėda, 2013

Santrauka

Šiame darbe aptariama visame pasaulyje aktuali problema. Tai - buitinių atliekų rūšiavimas ir atpažinimas. Moksliniame tiriamajame darbe supažindinama su jau egzistuojančiomis atliekų rūšiavimo, bei atliekų atpažinimo sistemomis. Taip pat aptariamas jų naudingumas ir efektyvumas. Darbe nagrinėjama neseniai pasaulyje pradėta įgyvendinti ultragarso panaudojimo galimybė atpažįstant įvairių rūšių buitines atliekas. Aprašomos problemos naudojant šią sistemą. Pateikiamas eksperimentas ir eksperimento praktinės dalies aprašymas. Taip pat aptariamas šios sistemos efektyvumas, bei aptariami eksperimento metu gauti rezultatai ir pateikiamos pastabos.

Summary

At this master work I have discussed a global problem. This problem is associated with municipal waste sorting. This scientific research work presents the already existing waste sorting and waste identification systems. Also it discusses their usefulness and effectiveness. This master work examines the recent global launch of the possibility of the use of ultrasound for identifying different types of municipal waste. Also it describes the problem with this system. Presents the experiment and the practical description of the experiment. What is more, it discusses the effectiveness of the system and the experimental results and observations.

TURINYS

ĮVADAS	5
I. BUITINIŲ ATLIEKŲ ATPAŽINIMO IR RŪŠIAVIMO SISTEMŲ ANALIZĖ.....	7
1.1 Ultragarso jutiklių matrica	7
1.1.1 Objekto formos identifikavimo principas.....	8
1.1.2 Objekto medžiagos identifikavimo principas.....	8
1.2 Vizualinis atliekų atpažinimas ir rūšiovimas.....	12
1.2.1 Eksperimentinė dalis	12
1.3 Elektrostatinis separatorius skirtas elektronikos ir elektros įrangos sudedamosioms dalims atskirti	14
1.3.1 Sistemos aprašymas.....	14
1.4 Optinis jutiklis skirtas kietosioms atliekoms atpažinti	15
1.4.1 Sistemos aprašymas.....	15
II. ULTRAGARSO PANAUDOJIMAS	18
2.1 Tyrimo ultragarsu galimybės	18
2.2 Atliekų skirstymas pagal fizikines savybes.....	19
2.2.1 Ultragarso jutiklių pasirinkimas	23
2.2.2 Preliminari sistemos struktūra.....	24
III. EKSPERIMENTINIS TYRIMAS.....	28
3.1 Eksperimento schemų apžvalga	28
3.1.1 Ultragarso sistemos veikimo principas.....	30
3.1.2 Eksperimente matuojamos charakteristikos	31
3.2 Eksperimento eiga.....	34
3.2.1 Pirmasis eksperimento etapas - svėrimas	34
3.2.2 Antrasis eksperimento etapas - tyrimas ultragarsu.....	37
3.3 Tyrimas ultragarsu garso bangas atsispindint nuo tiriamojo objekto.....	39
IŠVADOS.....	42
LITERATŪRA	43
PRIEDAS NR. 1	44

ĮVADAS

Atliekų susidarymas - viena svarbiausių problemų šiame amžiuje. Galima sakyti, kad atliekų tvarkymo problema atsirado tada, kai atsirado žmogus. Bet dėl to niekada nekildavo jokių problemų. Tačiau didėjant žmonių populiacijai didėja ir nesutvarkytų atliekų kiekiai. Visame pasaulyje esti daugybė sąvartynų, kurių skaičius didėja kiekvienais metais. Pūvančios atliekos teršia vandens telkinius, skverbiasi į dirvožemį, nuodija gyvūniją, augmeniją ir mus pačius. Nuolat daugėja įvairiausių technologijų kaip mažinti atliekų skaičių sąvartynuose. Niekam net nekyla abejonių, kad vienas iš geriausių būdų mažinti atliekų skaičių yra riboti neperdirbamų žaliavų vartojimą. Tuo pačiu skatinti atliekų perdirbimą, atnaujinimą bei antrinį jų panaudojimą.

Lietuvoje į sąvartynus kasmet išvežama apie tris milijonus mišrių atliekų. Tai lemia nuolatinis kintamų dydžių atliekų atsiradimas. Maisto pramonėje nuolat didėja pusfabrikačių gamyba ir jų vartojimas, tai mažina maisto atliekas namuose, bet didina atliekų kiekį sąvartynuose. Taip pat nuolat besiplečianti pramonė, įneša ganėtinai didelį indelį į šia problemą. Žinoma naujai besikuriančios įmonės yra suinteresuotos antrą kartą panaudoti savo turimas žaliavas jai tai tik yra įmanoma. Tai reikalauja didžiulių investicijų ir pačių naujausių technologijų. Keletą rūšiavimo ir buitinių atliekų atpažinimo technologijų aptarsime šio mokslinio tiriamojo darbo straipsnių apžvalgos skyriuje. Atliekų rūšiavimo ir atliekų atpažinimo sistemų, technologijų ir eksperimentų šia linkme nuolatos daugėja. Mokslininkams dirbantiems šia linkme sunkiausia yra prisitaikyti prie nuolatinės atliekų sudėties kaitos. Kiekviena diena pasaulyje išleidžiama begale naujų įvairiausių sudėčių produkcijos, kas vis tiek kažkada atsiduria sąvartynuose.

Pasaulyje esti nemažai jau veikiančių konkrečių rūšiavimo linijų, tačiau jos skirtos konkrečioms atliekų rūšims. Tai stiklo rūšiavimas, plastiko rūšiavimas, tam tikrų rūšių popieriaus rūšiavimas ir t.t. . Yra kombinuotų sistemų, kurios apjungia kelias skirtingų rūšių atliekų rūšiavimą ir atpažinimą.

Darbo tikslas - pasverti eksperimente naudojamas buitines atliekas savo sukonstruotomis svarstyklėmis. Taip pat ištirti buitines atliekas ultragarso tyrimo metu. Nustatyti poveikį ultragarso signalui, kai ultragarso bangos siunčiamos per įvairių rūšių buitines atliekas. Eksperimento metu nustatyti impulsų skirtumą tarp esančio siūstuve ir gaunamo imtuve.

Darbo objektas - svarstyklių sistema ir ultragarso jutikliai prijungti prie funkcinio generatoriaus ir oscilografo.

Darbo uždaviniai:

1. Sumontuoti svarstyklių sistemą.
2. Užprogramuoti ir sukalibruoti svarstykles.
3. Sumontuoti reikiamą įrangą tyrimui ultragarsu.
4. Ištirti buitinių atliekų poveikį ultragarso signalui.

5. Eksperimento metu iširti ar pasirinkti ultragarso jutikliai yra tinkami šiam eksperimentui atlikti.

Metodika. Darbe naudojami eksperimentiniai tyrimo metodai duomenims gauti ir analizuoti.

.

I. BUITINIŲ ATLIEKŲ ATPAŽINIMO IR RŪŠIAVIMO SISTEMŲ ANALIZĖ

Rūšiuotos atliekos arba kitaip antrinės žaliavos, tai įvairiausios atliekos, kurios tinkamos perdirbti ir būti panaudotos antrą kartą. Taip mažinamas gamtos užterštumas, kas ir yra antrinės žaliavos perdirbimo svarbiausia funkcija. Pasaulyje daugėja įmonių, kurios gamybiniame procese pradeda naudoti antrines žaliavas. O kaip ir žinoma didėjant paklausai produktams pagamintiems iš antrinės žaliavos, didėja ir šių produktų pasiūla.

Atliekų rūšiavimo svarbą manau supranta dauguma, nors ir nevisi stengiasi ką nors dėl to daryti. Rūšiavimas išsaugo sveiką aplinką, mažina atliekų patekimą į sąvartyną, taip prailginamas sąvartyno naudojimo laikas. Sutaupoma gamtos išteklių ir energijos, sumažinama vandens ir oro tarša. O vienas svarbiausių kriterijų žmogui rūšiuoti atliekas turėtų būti tai, kad rūšiuotų atliekų išvežimas mažina atliekų tvarkymo kainas.

Pasaulyje ties atliekų rūšiavimo problema dirba daugybė žmonių, mokslininkų ir t.t.. Šiame skyriuje norėčiau aptarti pasaulį naudojamą automatinio rūšiavimo, bei atliekų atpažinimo sistemas. Kadangi pati svarbiausia automatinio rūšiavimo funkcija yra ta, kad reikia atpažinti kokia tai atlieka ir prie kurios grupės atliekų ją priskirti.

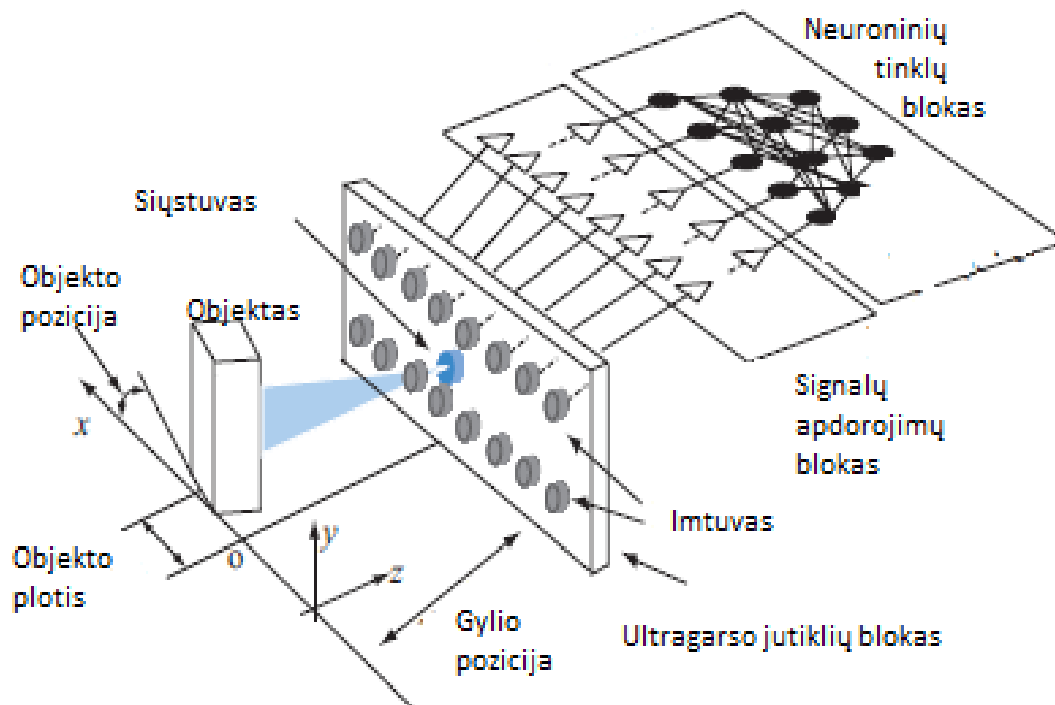
Atpažinimo sistemų esti įvairiausių, su įvairiomis atliekų paskirstymo, bei atpažinimo sistemomis. Šiame skyriuje pabandydysime aptarti mane labiausiai sudominusius atliekų atpažinimo bei rūšiavimo būdus. Viena iš įdomesnių atpažinimo sistemų yra naudojant ultragarsinius jutiklius. Taip pat matomos šviesos atpažinimo sistema, kuri skirta plastikui rūšiuoti. Kita sistema paremta optinio jutiklio atpažinimo sistema. Taip pat galima sutikti technologijų kuriose naudojamas elektrostatinis separatorius, tačiau separatoriaus pritaikymas nėra labai platus.

1.1 Ultragarso jutiklių matrica

Technologija paremta ultragarso jutikliais, kurie identifikuoja medžiagos formą ir dydį be kontakto su atpažinti bandoma medžiaga. Sistema paremta ultragarso jutiklių matrica, bei neuroniniais tinklais [1]. Įprastoje praktikoje šie jutikliai dažniau naudojami kaip atstumų nustatymui ir įvairiose matavimo sistemose. Tačiau šiuos jutiklius galima naudoti kaip ir įvairių rūšių medžiagų dydžių, formų atpažinimui, bei identifikavimui.

Paveiksle 1.1 pav. pavaizduota sistemos struktūrinė schema ir kaip ultragarsinių jutiklių blokas, pagal veikimo zonas suskirstytas į x , y ir z ašis. Svarbiausia šios sistemos dalis yra ultragarsinių jutiklių blokas. Taip pat signalų apdorojimo blokas, bei identifikavimo sistema. Čia x koordinatės pozicija ant $x - z$ plokštumos atitinka matuojamo objekto plotį. z koordinatės poziciją ant $x - z$

plokštumos atitinka matuojamo objekto storį. Taip pat kaip matome x - y plokštumoje taip pat matuojame objekto padėtį, bei poziciją.

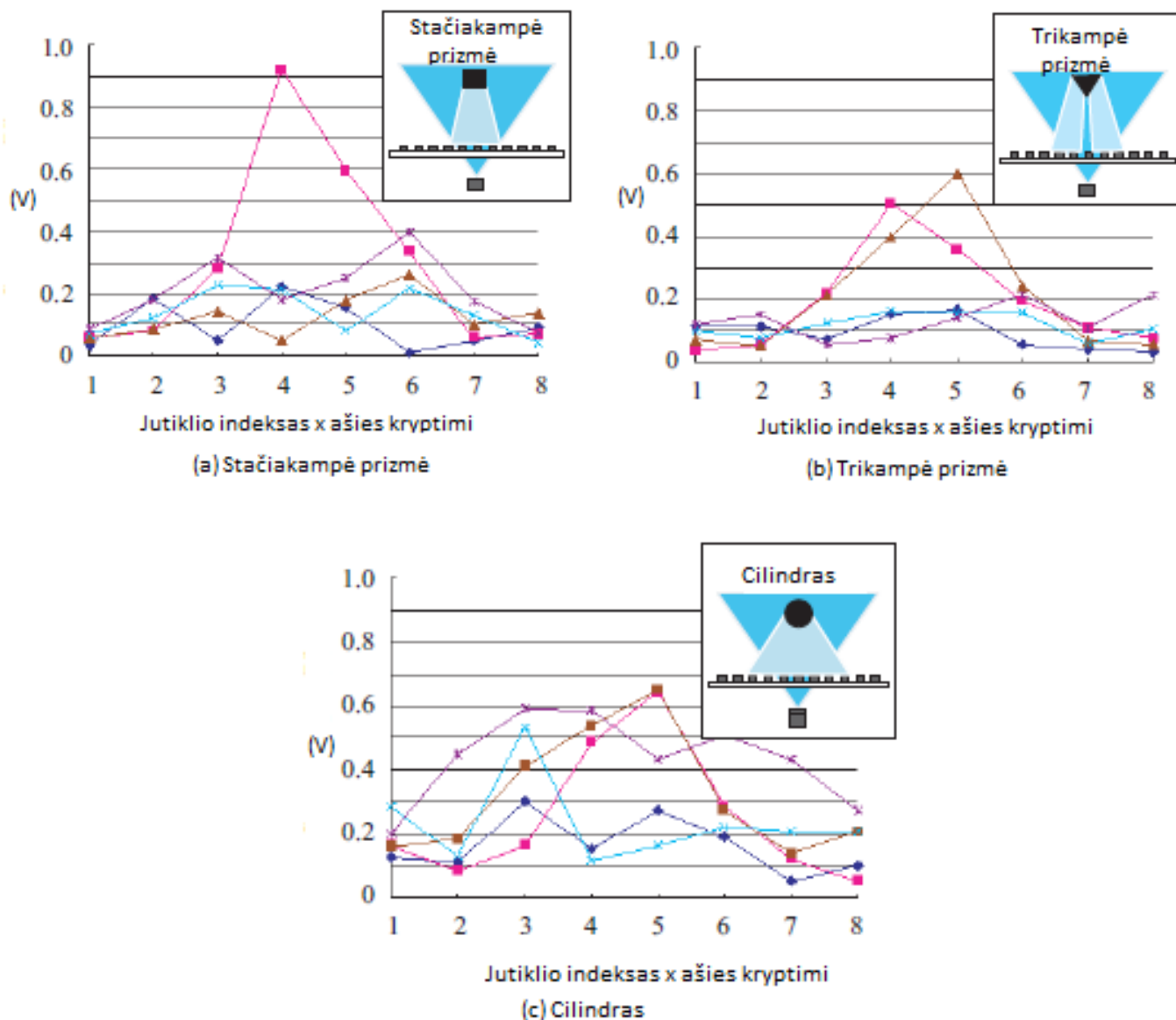


1.1 pav. Struktūrinė schema

Ultragarsinių jutiklių blokas yra dvimatis imtuvas su vienu siųstuvu. Siųstuvas yra ultragarsinių jutiklių bloko centre ir elektromagnetinės spinduliuotės pagalba nuskaityto prieš jį esančio objekto formą, dydį ir padėtį. Tuomet signalų apdorojimo blokas apdoroja visą gautą informaciją iš jutiklių bloko naudojant signalų apdorojimo grandinę. Taip gauti duomenys nukeliauja į atpažinimo, identifikavimo bloką. Sistemos atpažinimo, identifikavimo blokas susideda iš dviejų tipų neuroninių tinklų, kurie atsakingi už formos ir medžiagos identifikavimą.

1.1.1 Objekto formos identifikavimo principas

Iš 1.2 pav. a, b ir c variantų matoma, kad ultragarso jutiklio siunčiamos ultragarso bangos atsispindi priklausomai nuo objekto formos. 1.2 pav. variante a parodomas nuo objekto atspindėtų ultragarso bangų pasiskirstymą, kai objektas, kuris yra stačiakampės prizmės formos yra vienas prieš kitą su ultragarso jutikliu.



1.2 pav. Formos identifikavimo principas

1.2 pav. atvejuose b ir c parodoma nuo trikampės prizmės, bei cilindro formos objektų ultragarsinio jutiklio atsispindėjusių ultragarso bangų pasiskirstymą. Iš 1.2 pav. atvejo b matoma, kad ultragarso bangos atsispindi nuo trikampės prizmės kraštų ir yra atskirtos į du atskirus atsispindžių laukus. Pagal imtuvo gautus duomenis yra brėžiamos penkių rūšių kreivės. Iš 1.2 pav. atvejų a ir b gautų grafikų galima nustatyti, kad stačiakampės prizmės atsispindėtos ultragarso bangos turi vientisą atsispindėjimo bangų lauką, tai matyti ir grafike 1.2 pav. atvejuje a. Grafike 1.2 pav. atvejuje b esanti trikampė prizmė turi du atskirus ultragarso bangų atsispindėjimo laukus, todėl ir grafike 1.2 pav. atvejuje b matyti dvi išsiskiriančios grafikų kreivių viršūnės. Kaip matyti 1.2 pav. atvejuje c cilindro formos ultragarsinio jutiklio akustinių bangų atsispindėjimas nuo objekto iki imtuvo yra plačiausias.

Pagal šią sistemą įvairių formų objektai yra suskirstomi į atskiras grupes. Visa gauta informacija yra analizuojama ir apdorojama šios sistemos atpažinimo modulyje.

1.1.2 Objekto medžiagos identifikavimo principas

Ultragarso bangų atspindėjimas nuo objektų leidžia atskirti tris medžiagos atpažinimui reikalingus elementus:

- atspindėjimo koeficientas (santykis),
- atstumas tarp objekto ir jutiklio bloko,
- objekto padėties nustatymo.

Pirmiausia atspindėjimo koeficientas susijęs su akustine varža. Garso akustinė varža z . Kaip matyti iš formulės (1.1) garso akustinė varža z yra objekto slėgio p ir garso greičio c sandauga.

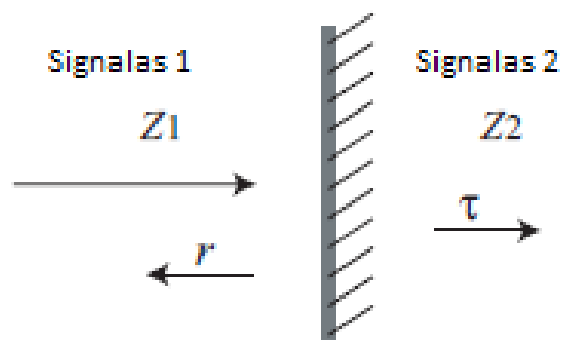
$$z = pc \quad (1.1)$$

čia z - garso akustinė varža;

p - objekto slėgis;

c - garso greitis.

Kai ultragarsinio jutiklio signalas pasiekia objektą, signalas pasikeičia iš *signalas 1* į *signalą 2*, kaip parodyta 1.3 pav.



1.3 pav. Atspindys ir spinduliuotės skverbtis

Nuo objekto atspindi atspindėjimo koeficientas-santykis r ir praskverbimo santykis τ . Visą tai galime išreikšti lygtimis:

$$r = \frac{z_1 - z_2}{z_1 + z_2} \quad (1.2)$$

$$\tau = \frac{2z_2}{(z_1 + z_2)^2} \quad (1.3)$$

čia r – atspindėjimo santykis;

τ – prasiskverbimo santykis;

z_1 – akustinė garso varža iki pasiekiant objektą;

z_2 – akustinė garso varža už tiriamojo objekto.

Tokiu būdu atspindėjimo koeficientas priklauso nuo akustinės objekto varžos. Todėl atspindėtos ultragarso slėgio dydis suteikia informaciją reikalingą medžiagų atpažinimui.

Akustinės bangos slėgis praėjęs objektą keičiasi, todėl sumažės ir sklidimo atstumas d (1.4).

$$|p| = 2pc|v_0| \left| \sin \frac{\pi}{\lambda} \left(\sqrt{d^2 - a^2} - d \right) \right| \quad (1.4)$$

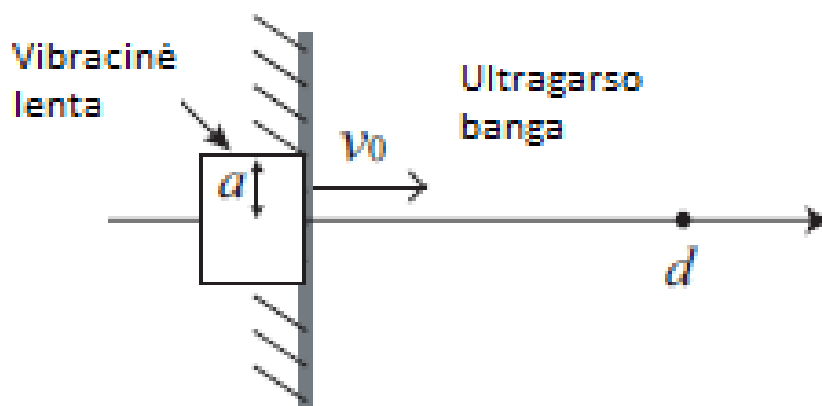
čia p – objekto slėgis;

v_0 – virpesių greitis;

d – akustinių bangų sklidimo atstumas;

a – vibracinės plokštės spinduliuotė, kuri atsiranda dėl ultragarso bangų.

Tai reiškia, kad vibracinės plokštės judėjimo intensyvumas keisis. v_0 yra virpesių greitis, kaip parodyta 1.4 pav. Tokiu būdu akustinio garso slėgis turi priklausomybę nuo distancijos iki objekto ir atgal.



1.4 pav. Signalo stiprumo mažėjimo priklausomybė nuo atstumo

Objekto padėties nustatymui, jei net dviejų objektų pozicijos yra tokios pat, bet skiriasi jų akustinių bangų atspindėjimo nuo objekto slėgis. Tuomet priimama, kad akustinio signalo spindulio slėgis ir atstumas nuo objekto iki imtuvo yra du pagrindiniai dydžiai medžiagos, objekto identifikavimui

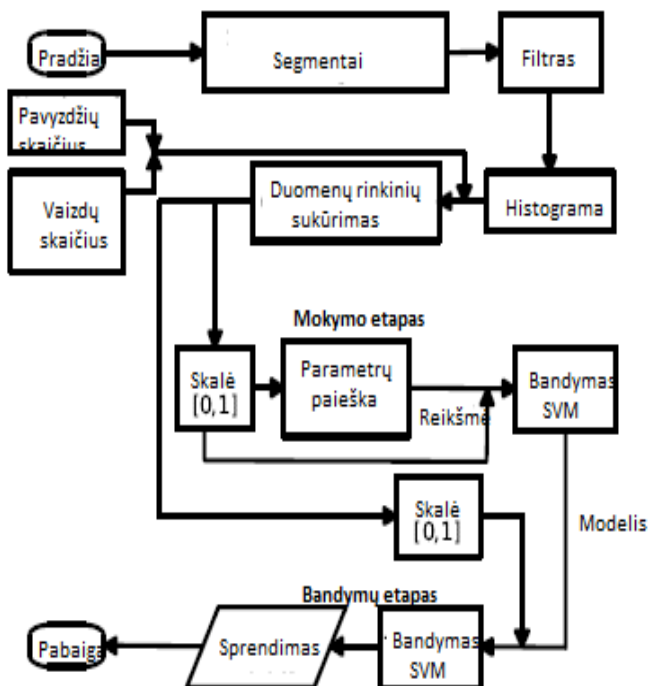
1.2 Vizualinis atliekų atpažinimas ir rūšiavimas

Šis rūšiavimo būdas paremtas vizualinių plastikinių buitinių atliekų rūšiavimo metodu [2]. Naudojamos vaizdo atpažinimo kameros, kur svarbiausia plastikinių atliekų vaizdo intensyvumas. Metodas paremtas vektorinės mašinos vaizdo matomos šviesos intensyvumas. Pagal nespalvuotose kameroje gautus vaizdus sudaromos vaizdo histogramos. Nors technologija ir nėra labai sudėtinga, kūrėjai teigia, kad plastiko atpažinimas yra net 96%. Taip pat tokiu pat principu veikiančios sistemos aprašomos straipsniuose [3], [4].

1.2.1 Eksperimentinė dalis

Straipsnio autorių siūloma plastikinius butelius, bei „Tetra Pak“ pakuotes rūšiuoti pagal vaizdo histogramą, t.y. pustoniai vaizdai, kurie suskirstyti fone. Visas fonas suskirstytas į langelius aplink visą objektą. Iš gauto vaizdo kompiuterinė programa sudaro matematinę funkciją. Funkcija sudaroma pagal medžiagos sugebėjimą atspindėti tam tikro ryškumo šviesą.

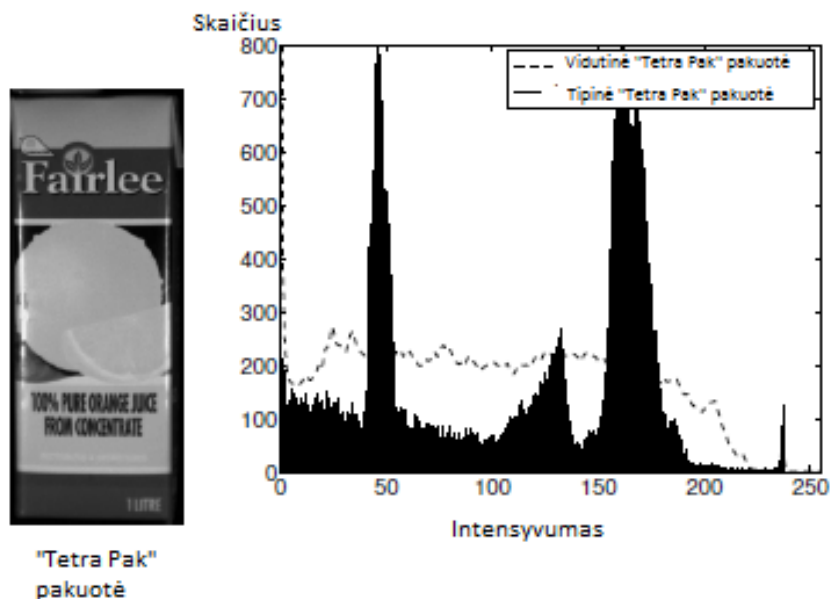
Straipsnio autorių pateikiamas eksperimentas, kuris leidžia labiau suprasti sistemos veikimo principus. Eksperimentas buvo atliktas norint patvirtinti algoritmą, kuris pateiktas 1.5 pav. Eksperimente straipsnio autoriai naudojo plastikinius butelius ir „Tetra Pak“ pakuotes. Kiekvienas eksperimente naudojamas mėginys buvo nufotografuotas atskirai.



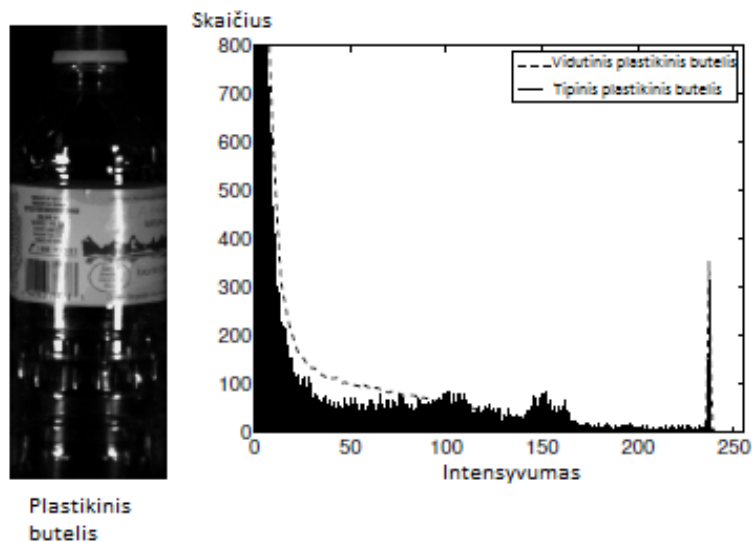
1.5 pav. Algoritmas

Visi eksperimente naudoti mėginiai nufotografuoti vienodomis apšvietimo sąlygomis, juodame fone. Vienspalve 640x480 raiškos kamera. Pradinio eksperimento etapo metu buvo siekiama nustatyti reikiama skaičių histogramų.

Straipsnio autoriais išrinko 200 įvairiausio dydžio ir formų plastikinių butelių, bei „Tetra Pak“ pakuotes. Visi mėginiai atsitiktine tvarka buvo pasirenkami bandymui. Eksperimentas atsitiktine tvarka buvo kartojamas daug kartų. Iš eksperimento buvo siekiama gauti tiek plastikinių butelių, tiek „Tetra Pak“ pakuočių vaizdo histogramas, kurių rezultatai pateikiami 1.6 pav. ir 1.7 pav.



1.6 pav. „Tetra Pak“ pakuotės histograma



1.7 pav. Plastikinio butelio histograma

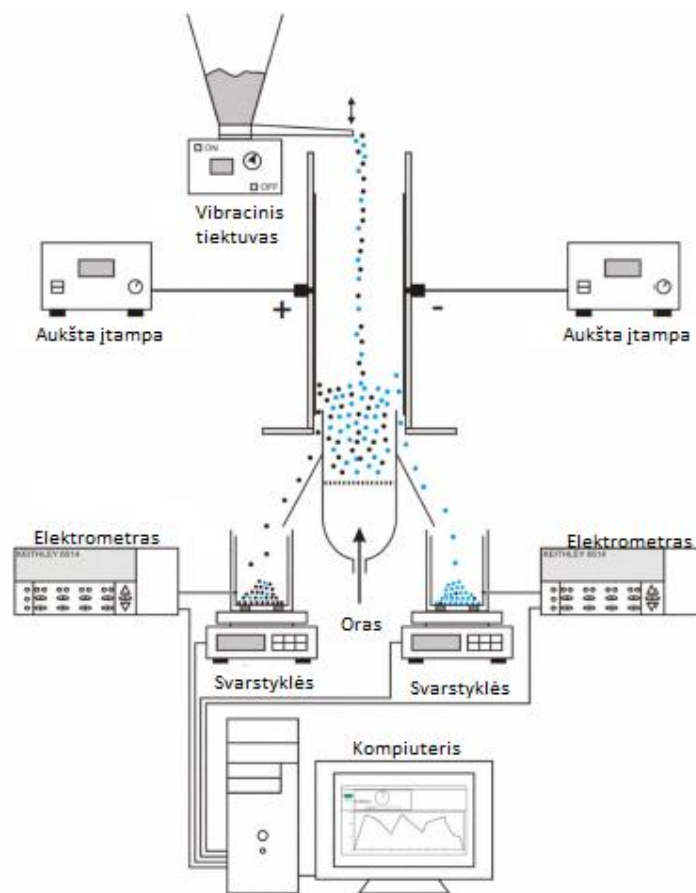
Autoriai teigia, kad eksperimento rezultatai buvo labai aukšti, kadangi plastikinių butelių atpažinimas siekė 98% , o „Tetra Pak“ pakuočių atpažinimas siekė 93%.

1.3 Elektrostatinis separatorius skirtas elektronikos ir elektros įrangos sudedamosioms dalims atskirti

Visame pasaulyje daugėja elektronikos ir elektros įrangos atliekų. Straipsnio [5] autoriai siekia atkreipti dėmesį į vis didėjančią elektronikos ir elektros įrangos naudojimą pasaulyje, kadangi didėjant paklausai didėja ir nebenaudojamos įrangos skaičius. Todėl atsiranda būtinybė rūšiuoti šias atliekas. Autoriai straipsnyje aprašo elektrostatinio separatoriaus panaudojimą. Elektrostatinis separatorius papildomai nagrinėjamas straipsniuose [6], [7].

1.3.1 Sistemos aprašymas

Pramonėje daugiausiai naudojami elektros ir elektros įrangos atliekų granuliu atskyrimo būdai. Tai vibracinis konvejeris arba cikloninė oro pūtimo technologija [8]. Straipsnyje teigiama, kad galima pagerinti elektros įrangos ir elektronikos granuluotų atliekų atskyrimo ir atpažinimo technologiją. Jie teigia, kad galima atskirti daleles su krūviu elektrostatiniame lauke, kur daleles prie reikiamų paviršių padeda nukreipti oro srautas nukreiptas iš įrenginio apatinės dalies. Atskyrimo sistema pavaizduota 1.8 pav.



1.8 pav. Schematiškai pavaizduotas eksperimentas

Kaip matome iš 1.8 pav. įrenginį sudaro stačiakampė kamera, kurios vertikalios sienos yra pagamintos iš polikarbonato. Šių sienų vidinėse pusėse yra dvi aliumininės plokštės, kurios prijungtos prie dviejų reguliuojamų nuolatinės srovės, bei aukštos įtampos teigiamą ir neigiamą polių turinčios įrangos. Suspaustas oras į stačiakampės kameros apačią paduodamas per perforuotą plokštę. Oro greitis matuojamas tiek kameros apačioje, tiek viršuje. Pagal tai galima nuspręsti kokio slėgio suspaustas oras turi būti tiekiamas.

Granuliuota medžiaga paduodama per kameros viršutinę dalį vibruojančiu tiektuvu. Kameroje granulės atsiduria besisukančiame oro sraute ir įkraunamos skirtingą polių turinčia įtampa. Granulės besisukančios ore traukia skirtingų polių elektrodai. Elektros įrangos ir elektronikos granulių svorį matuoja dvi atskiros svarstyklės, kurios prijungtos prie kompiuterio. Kiek granulių turi būti tiekama į paskirstymo kamerą apsprendžia du elektrometrai.

1.4 Optinis jutiklis skirtas kietosioms atliekoms atpažinti

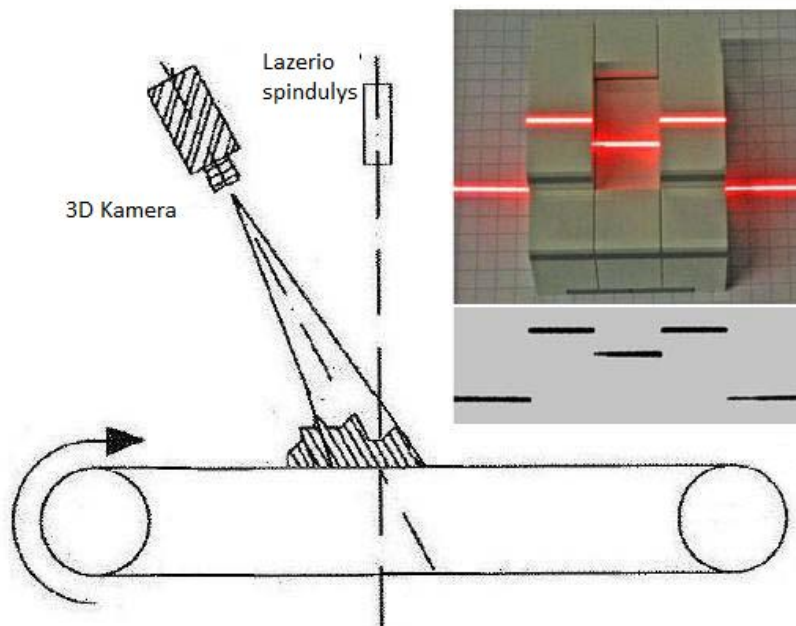
Straipsnyje [9] aptariamas atliekų rūšiavimas skiriasi nuo prieš tai aptartų tuo, kad prieš tai buvo aptariamas konkrečių atliekų rūšiavimas t.y., plastikinių butelių, plastiko, popieriaus, kartono, stiklinių butelių ir t.t.. Šiame straipsnyje autoriai aprašo sunkiai atpažįstamų medžiagų rūšiavimą. Tai yra kai rūšiavimo sistema sprendžia apie medžiagos spalvą, formą, kad ir iš kokių sudėtingų medžiagų atlieka būtų pagaminta.

Paprastai, kad atpažinti baterijas, stiklinių ir plastikinių butelių viršelius reikia daugiau negu vieno jutiklio. Šio straipsnio autoriai teigia, kad optiniai jutikliai gali atpažinti įvairiausių grupių atliekas, nesvarbu iš kokios medžiagos ji būtų pagaminta. Kadangi optiniai jutikliai [10], [11] gali užfiksuoti tiek pustonius ir spalvotus vaizdus. Jų dažnis yra didelis 500 kadru/s ir jų skiriamoji geba gali pasiekti 1,4 megapikselių.

1.4.1 Sistemos aprašymas

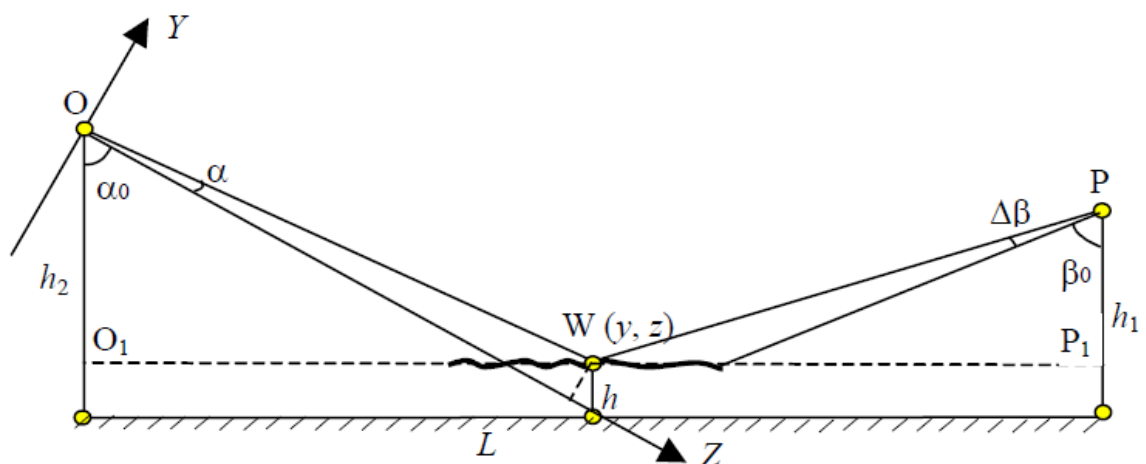
Pagal straipsnio autorius atliekų dalelės, kurios dideliu greičiu keliauja juostiniu konvejeriu yra fotografuojamos. Paprastai fotografuojama trijų dimensijų kamera (3D). Nuskaitoma dalelių dydis, padėtis ant konvejerio, bei spalvos su forma. Visą tai fiksuojama ir analizuojama kompiuteryje. Kompiuteryje taip pat yra duomenų bazė apie įvairias atliekų rūšis ir jų pagaminimo medžiagas. Taip kompiuteris nusprendžia kokia tai yra atlieka ir duoda rūšiavimo mechanizmui signalą kur šią atlieką nukreipti.

Šiame eksperimente buvo naudojama trijų dimensijų optinis jutiklis su 120 kadru/s, bei 1 megapikselių galimybe. Lazero šviesa 1.9 pav. yra būtina siekiant suformuoti trianguliacijos nuskaitymo sistemą.



1.9 pav. Sistemos vaizdas iš šono

Lazero bangos ilgis šiame eksperimente 662 nm. Lazero bangos ilgis priklauso nuo juostinio konvejerio pločio. Lazero spindulys montuojamas virš juostinio konvejerio. 3D optinė kamera taip pat montuojama virš juostinio konvejerio kaip parodyta 1.9 pav. Visos rūšiavimui skirtos atliekos (mėginiai) buvo dedami ant juostinio konvejerio paeiliui. Priklausomai nuo to kaip lazeris nutolęs nuo judančio konvejerio, lazerio spindulys nuskaityto visą objektą esantį ant konvejerio. Šis metodas vadinamas trianguliacijos nuskaitymo metodu. Taip yra todėl, kad lazerio spindulys, fotoaparatas ir lazerio emiteris sudaro trikampio formą 1.10 pav.



1.10 pav. Trianguliacija

Kaip teigia eksperimento autoriai trikampio kraštinės ilgis ir atstumas tarp fotoaparato ir lazerio emiterio yra žinomi. Taip pat žinomas lazerio spindulio kritimo kampas. Fotoaparato kampas nustatomas pagal kameros pastatymo vietą, taip, kad matymo laukas būtų geriausias. Taigi taip galima sužinoti ant judančio konvejerio esančios medžiagos formą, dydį, nustatyti vietą ant konvejerio.

II. ULTRAGARSO PANAUDOJIMAS

2.1 Tyrimo ultragarsu galimybės

Ultragaras plačiai naudojamas medicinoje žmonių ligoms gydyti ir ligoms diagnozuoti, tačiau ultragarso bangas taip pat naudojamos ir pramonėje. Viena iš plačiausiai pramonėje taikomų panaudojimo galimybių yra neardomieji testai (NDT). Tai universalus metodas, kuris taip pat gali būti panaudotas įvairių medžiagų analizei, bei atpažinimui.

Ultragarso neardomieji testai daugiausiai taikomi tiriamosios medžiagos defektams aptikti. Taip pat įvairių talpų sienelių storiui nustatyti ar akustiniam tiriamojo objekto vaizdui sudaryti. Tačiau aukšto dažnio garso bangos gali būti naudojamos kietųjų medžiagų ir įvairių skysčių pagrindinėms savybėms, struktūrai ar sudėčiai nustatyti. Ultragarasinė medžiagos analizė remiasi paprastu fizikos principu, kad ultragaras pereidamas per bet kurią medžiagą pakeičia savo pirminę reikšmę.

Pokyčiai gali būti viename ar daugiau kaip iš keturių lengvai matuojamų ultragarso parametrų:

- aukšto dažnio ultragarso bangų kelionės laiką per tiriamąją medžiagą,
- ultragarso susilpnėjimas perėjus per tiriamąją medžiagą,
- ultragarso bangos sklaidą,
- ultragarso bangos dažnį.

Visus šiuos parametrus keičia medžiagų fizikinės savybės: kietumas, tamprumas, tankis ir sudėtis. Ultragarso pagalba atliekami neardomieji (NDT) testai dažniausiai naudoja dažnių spektra nuo 20 kHz iki daugiau kaip 100 MHz. Šiame moksliniame tiriamajame darbe naudojami 25 kHz ultragarso jutikliai. Ultragarso bangų impulsai paprastai iš siųstuvo keliauja per tiriamąją medžiagą į imtuvą ir toliau analizuojamas pokytis tarp signalo, kuris buvo išsiųstas ir koks buvo gautas imtuve. Vienas svarbiausių tyrimo ultragarsu privalumas yra tas, kad palyginti su kitokiais medžiagų analizės būdais, ultragarsu tiriamoji medžiaga ir su ja vykstantys procesai gali būti stebimi nuolatos t.y., tiesiogiai.

Aukšto dažnio ultragarso bangos gali būti sėkmingai perduodamos iš siųstuvo į imtuvą ir iš judančių paviršių be tiesioginio kontakto su tiriamąja medžiaga. Kaip ir buvo minėta nustatomi keturi parametrai [15]:

- Garso greitis. Tai per kiek laiko ultragarso bangos impulsas nukeliauja nuo siųstuvo iki imtuvo. Garso greitis paprastai yra paprasčiausias ultragarso panaudojimo būdas. Garso greitis yra vienalytė terpė tiesiogiai susijusi su medžiagos tamprumu, bei tankiu. Pasikeitus kuriai nors medžiagos savybei, tai atsispindės ir ultragarso bangos impulso sklaidimo greičiui per medžiagą.

- Slopinimas. Kai ultragarso bangos impulsas keliauja per tiriamąją medžiagą praranda dalį garso energijos. Tai lemia medžiagos kietumas, klampumas ir medžiagos molekulinė struktūra.
- Sklaidai. Ultragarso atsispindi ir pereina tiriamąją medžiagą skirtinga amplitude. Tai tiesiogiai priklauso nuo tiriamų medžiagų struktūros, poringumo, kietųjų dalelių koncentracijos ir kitų įvairioms medžiagoms būdingų savybių. Visa tai gali paveikti sklindančios garso bangos amplitudę, kryptį, dažnį ar tiesiog išsibarsčiusius signalus.
- Dažnis (spektras). Visos medžiagos turi savybę veikti kaip žemo dažnio filtras, lengvinančius arba išsklaidančius aukštesnio dažnio komponentus. Taigi analizuojant pokyčius iš likusių garso impulsų ir susilpnėjusio dažnio galima stebėti bendrą poveikį slopinimui ir sklaidai.

Iš tyrimo ultragarsu gauti duomenys gali būti naudojami tiesiogiai (iš kart) apskaičiuoti eksperimentinės medžiagos savybes. Kitais atvejais, tyrimas ultragarsu yra lyginamasis metodas, kai norima palyginti tiriamuosius objektus.

2.2 Atliekų skirstymas pagal fizikines savybes

Šiame moksliniame tiriamajame darbe bandymai atliekami su kietos agregatinės būsenos atliekomis. Kietoji agregatinė būsena fizikoje tai, kad kietas kūnas išlaiko savo tūrį ir formą. Jie dažniausiai būna kristalai. Kristalai - tai kietieji kūnai, kurių atomai ir molekulės erdvėje išsidėsčiusios tvarkingai. Ne visi kieti kūnai yra kristalai. Yra amorfinių, kurios yra tarp kristalinių kietųjų kūnų ir skystųjų. Jų atomai ir molekulės išsidėsto beveik tvarkingai. Taigi išskyriau šias agregatinės būsenos buityje dažniausiai sutinkamas atliekas: stiklas, plastikas, popierius, metalas ir "Tetra Pak" pakuotės.

Trumpai apie kiekviena iš jų:

- Stiklas - vientisa amorfinė kieta medžiaga, paprastai gaminama labai greitai užšaldant tąsą išlydytą medžiagą, neleidžiant susidaryti įprastai kristalinei formai. Stiklas būna organinis arba neorganinis. Organinį stiklą sudaro įvairūs stikliškos būsenos organiniai polimerai. Dažniausiai vartojamas polimetilmetakrilatinis stiklas. Neorganinį stiklą sudaro neorganiniai cheminiai junginiai.



2.1 pav. Stiklas

- Plastiką. Plastikų savybės priklauso daugiausiai nuo polimero savybių (jos yra labai įvairios), bet jas iš dalies galima pakeisti, chemiškai modifikuojant polimerus, sudarant jų mišinius, pridedant užpildų, plastifikatorių (didina plastiškumą), stabilizatorių (saugo nuo oksidacijos perdurbant ir lėtina senėjimą eksploatuojant). Prie plastiko gaminių taip pat priskiriama ir pasaulyje plačiai paplitusios "Tetra Pak" pakuotės. Tačiau pati didžiausia viso to problema yra ta, kad plastikas tūkstančius metų nesuyra, jame pasitaikančios medžiagos, kaip dioksinas deginant greitai plinta ore ir vandenyje. Dėl šių priežasčių atsiranda būtinybė plastiką rūšiuoti ir jį perdurti.



2.2 pav. „Tetra Pak“ ir plastiko pakuotės

- Popierius - plona, plokščia medžiaga, gaminama presuojant pluoštą. Paprastai naudojamas natūralus pluoštas celiuliozės pagrindu, dažniausiai gaminamas iš medienos masės (dažniausiai minkštos medienos, pavyzdžiui, kanadinės eglės). Kartais naudojamos medvilnės, lino ar kanapių pluoštas. Dėl kertamų medžių popieriui gaminti, nuolatos ieškoma kuo popierių pakeisti. Dėl šių priežasčių popierius nuolat perdurbamas antriniam panaudojimui



2.3 pav. Popierius

- Metalai - cheminių elementų grupė, pasižymi tuo, kad metalų jonai yra junginiai metalinių jungčių. Metalai yra neskaidrūs, paviršius blizgantis. Tačiau kai kurių metalų paviršius neblizga, o yra matinis. Bet perpjovę metalą pamatysime, kad jisai blizga. Taip yra todėl, kad reaguoja su deguonimi: jų paviršiuje susidaro metalo ir deguonies junginys - oksidas. Metalai yra kietosios medžiagos. Tik vienas metalas gyvsidabris kambario temperatūroje yra skystas.



2.4 pav. Metalas

Visos buityje dažniausiai pasitaikančių atliekų savybės įtakoja ir ultragarso jutiklio veikimą. Kai ultragarso bangos sklindą per pasirinktą medžiagą, tai įtakoja skirtumą tarp signalų, kuris buvo siųstuve ir kuris buvo gautas imtuve perėjus tam tikrą medžiagą. Įtakoja visos anksčiau jau aptartos keturios savybės, kurias gali nustatyti ultragarso tyrimas [19].

Atliekų tankis įvairių tvarkymo stadijų metu keičiasi. Žemiau pateiktos buitinių-komunalinių atliekų svyravimo ribos skirtingų atliekų tvarkymo stadijų metu:

- $r_l = 200-300 \text{ kg/m}^3$ (atliekų tankis laikymo metu – prieš transportavimą);
- $r_t = 300-400 \text{ kg/m}^3$ (tankis po transportavimo);
- $r_s = 400-600 \text{ kg/m}^3$ (sutankintų atliekų tankis);
- $r_d = 800-1500 \text{ kg/m}^3$ (sudegintų atliekų tankis);
- $r_k = 800-2000 \text{ kg/m}^3$ (sukietintų atliekų tankis);
- $r_n = 300 \text{ kg/m}^3$ (tipinis nesutankintų atliekų tankis, dažniausiai naudojamas skaičiavimuose).

Atliekų tankumas ypač svarbus jas transportuojant (kad būtų išnaudojama transporto keliamoji galia, o ne vežiojamas oras), taip pat įvairių atliekų paruošiamųjų operacijų metu prieš jas perdurbant ar utilizuojant. Pavyzdžiui, dėl skirtingo atliekų tankio, jas nesunkiai galima išskirstyti į skirtingas frakcijas. Šis rodiklis svarbus ir atliekas deponuojant žemės gelmėse arba jos paviršiuje, kuo sutankinimo laipsnis bus didesnis, tuo mažesnę tūrį atliekos užims, tuo pačiu deponavimo kaštai bus mažesni.

Atliekų drėgnumas. Drėgmės nustatymui taikomas iškaitinimo 105°C temp. metodas. Gautas rezultatas parodo drėgmės dalį masės % atliekose. Skaičiuojama pagal formulę:

$$W = \left[\frac{(m - m_s)}{m} \right] \cdot 100(\%) \quad (2.1)$$

čia,

W - atliekų drėgnumas, %;

m - pirminis mėginio svoris, g;

m_s - mėginio svoris po 2 valandų džiovavimo 105 °C temp., g.

Komunalinių atliekų drėgnumas svyruoja nuo 15-50%, priklausomai nuo atliekų sudėties, aplinkos drėgnumo, oro sąlygų, sezono. Specifinių atliekų drėgnumas gali būti dar didesnis. Pavyzdžiui, vandenvalos nuotekų dumblo drėgnumas po nusausinimo centrifūguojant gali siekti 70-80%.

Buitinių-komunalinių atliekų tipinį drėgnumą priklausomai nuo jų sudėties galima apskaičiuoti pagal tokias empirines formules:

$$W_{pav.} = 26Q_p + 70Q_m (1 - Q_p - Q_m); \quad (2.2)$$

$$W_{rud.} = 50Q_p + 92Q_m (1 - Q_p - Q_m). \quad (2.3)$$

čia,

$W_{pav.}$ - atliekų drėgnumas pavasarį;

$W_{rud.}$ - atliekų drėgnumas rudenį;

Q_p ir Q_m - popieriaus ir maisto frakcijų dalys atliekose.

Atliekų granulimetrinė sudėtis. Šis rodiklis parodo atliekų komponentų galimybę praeiti pro sietą su tam tikrais akutės išmatavimais. Išskirstoma į įvairaus stambumo frakcijas ir paskaičiuojama % sudėtis. Šis rodiklis reikalingas projektuojant atliekų rūšiavimo technologinę įrangą, įvairius sietus, magnetinius separatorius.

Atliekų drėgmės absorbavimo rodiklis. Ši atliekų fizikinė charakteristika rodo drėgmės (vandens) kiekį, kurį gali savyje sulaikyti atliekų mėginys. Šis rodiklis priklauso nuo atliekų sutankinimo laipsnio ir suirimo laipsnio (atvirkštinė priklausomybė). Kuo atliekos daugiau sutankintos ir kuo labiau biodegradavusios, tuo mažiau drėgmės jos gali savyje sulaikyti. Absorbacijos rodiklis sumaišytoms nesutankintoms komunalinėms atliekoms svyruoja nuo 50-60 %, kai kurioms specifinėms vienaarūšėms atliekoms, turinčioms daug smulkių dalelių, šis rodiklis gali būti dar didesnis. Daug vandens savyje turinčios atliekos gali įgauti pastos pavidalą.

Šis rodiklis svarbus projektuojant sąvartynus ir nustatant iš atliekų išsiskiriančio filtrato kiekį, nes sąvartyno filtratą sudaro drėgmės perteklius atliekose, kuris nebegali būti absorbuojamas. Įvairios sudėties skysčiai gali skirtis ir iš įvairių specifinių atliekų, taip pat atliekų kompostavimo metu, ypač jei į jas vanduo patenka iš aplinkos (pvz., gruntinis, lietaus ar sniego tirpsmo vanduo).

Atliekų laidumas. Tai dar viena svarbi fizikinė charakteristika, kuri nulemia dujų ir skysčių judėjimą atliekų sąvartynuose. Priklauso nuo atliekų hidraulinio pasipriešinimo.

Sutankintoms atliekoms laidumo koeficientas K skaičiuojamas pagal formulę:

$$K = Cd^2 \cdot \gamma / \mu = k \cdot \gamma / \mu \quad (2.4)$$

čia,

$k = Cd^2$ - savitasis laidumas, priklausantis tik nuo atliekų kietos medžiagos savybių (porų matmenų, poringumo, kanalų vingiuotumų, paviršiaus ploto);

C - koef., priklausantis nuo komponentų išmatavimų ir formos;

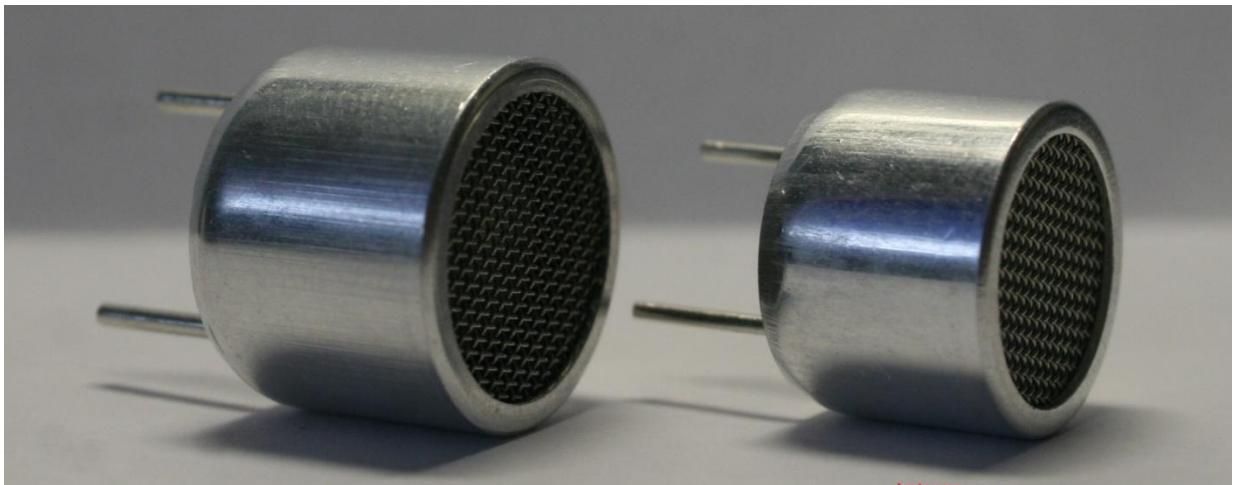
d - porų vidutinis dydis;

γ - skysčio (filtrato) tankis;

μ - skysčio dinaminis klampumas.

2.2.1 Ultragarso jutiklių parinkimas

Moksliniame tiriamajame darbe pasirinkti paprasti ultragarsiniai jutikliai 2.5 pav., kuriuos naudosime eksperimentui atlikti.



2.5 pav. Siųstuvas ir imtuvas (iš kairės).

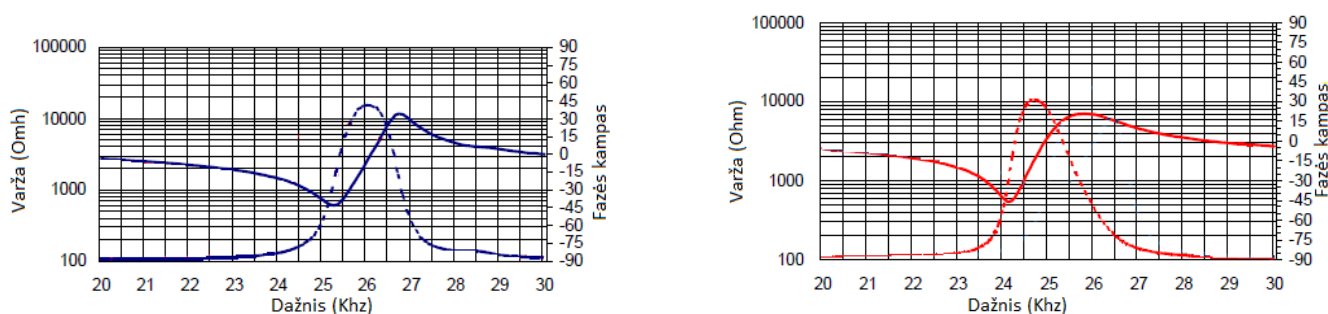
2.1 lentelėje pateikiamos ultragarsinio siųstuvo ir ultragarsinio imtuvo techniniai parametrai:

2.1 lentelė. Siųstuvo ir imtuvo techniniai parametrai

	Siųstuvo techniniai parametrai	Imtuvo techniniai parametrai
Dažnio plotis	1,5kHz	2,0kHz
Perduodamo garso slėgio lygis	prie 25,0kHz, 0dB <i>re</i> 0,0002μbar per 10Vrms iki 30 cm	prie 25,0kHz, 0dB <i>re</i> 0,0002μbar per 10Vrms iki 30 cm
Optimalus dažnis	25,0 ± 1,0kHz	25,0 ± 1,0kHz
Įeinančio		prie 25,0kHz, 0dB = 0voltage / μbar

signalu jautrumas		
Talpa	1 kHz \pm 20%, 2400pF	1 kHz \pm 20%, 2400pF
Maksimali įtampa	20Vrms	20Vrms
Eksplotacijos temperatūra	nuo -30 iki -80 °C	nuo -30 iki -80 °C

Iš lentelėje pateiktų duomenų matome, kad tiek siųstuvai tiek imtuvai yra labai panašių techninių parametrų. Tai leidžia lengviau suderinti visą eksperimente naudojamą įrangą. Kas yra labai svarbu norint gauti kuo išsamesnius tyrimo rezultatus. Taip pat pateikiamos pagrindinės ultragarsinio siųstuvo ir ultragarsinio imtuvo charakteristikos. Grafikuose 2.6 pav. pateikiama dažnio priklausomybė nuo varžos ir fazės dydžių. Nuo šių parametrų priklauso ultragarso jutiklių veikimo galimybės. Taip pat nuo šių parametrų priklauso ir anksčiau jau aptarti parametrai, kuriuos galima nagrinėti su ultragarso jutikliais.

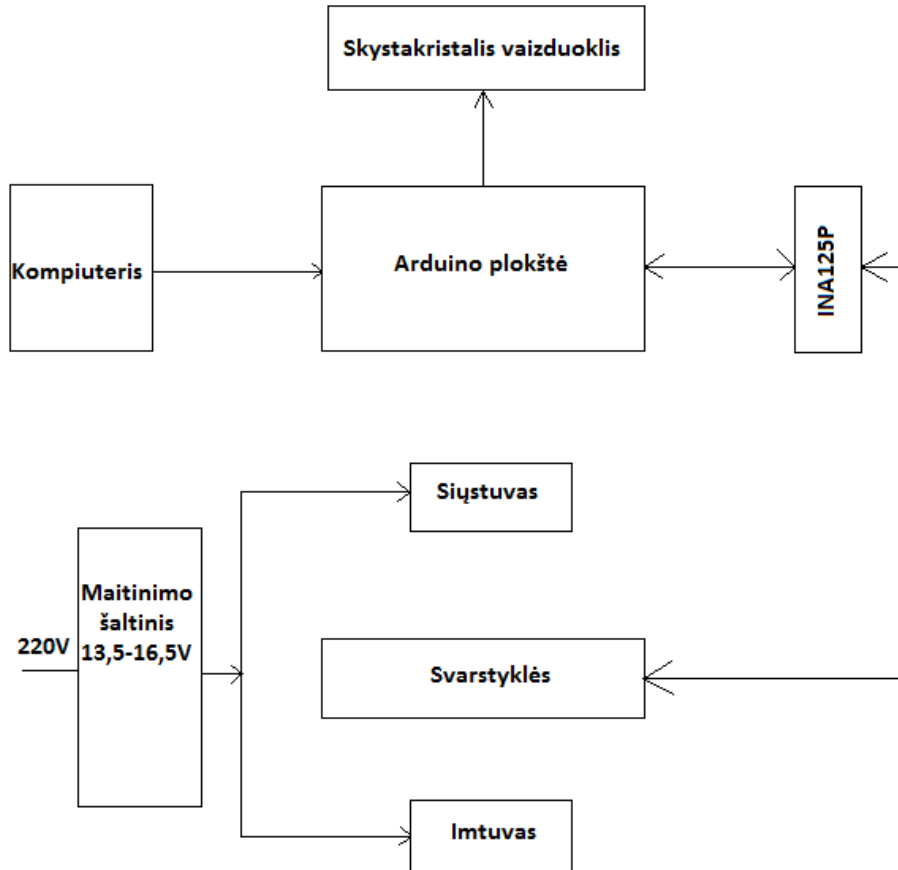


2.6 pav. Dažnio priklausomybė nuo varžos ir fazės

2.2.2 Preliminari sistemos struktūra

2.6 pav. pavaizduota preliminari sistemos struktūra. Kaip matome iš struktūrinio brėžinio kompiuteris yra sujungtas su arduino plokšte. Kompiuteryje yra įrašyta programa reikalinga programuoti arduino plokštę. Taip pat arduino plokštė maitinama iš kompiuterio USB lizdo. Arduino plokštė čia atlieka programuojamo mikrovaldiklio funkciją. Šiuo atveju arduino plokštė valdo svorio jutiklį, kuris skirtas svarstyklių sistemai. Svorio jutiklis su arduino sujungtas per signalo stiprintuvą. Stiprintuvas reikalingas, nes svorio jutikliui reikia aukštesnės įtampos nei, kad galime gauti iš arduino plokštės. Tuomet arduino plokštėje esančiame mikrovaldyklyje ir jame įrašytos programos (Priedas Nr.1) dėka gautas rezultatas atvaizduojamas skystųjų kristalų vaizduoklyje. Taip pat struktūrinėje schemoje pavaizduotas nuo arduino plokštės nepriklausomas maitinimo šaltinis. Šis maitinimo šaltinis maitinamas iš standartinės 220V rozetės. Tuomet 220V

įtampa keičiama į ultragarsiniams jutikliams reikalingą įtampą. Tai yra reguliuojama įtampa nuo 13,5V iki 16,5V. Taip daroma tam, kad kaip ir buvo minėta ultragarsiniams jutikliams reikalinga nuo 10V iki 20V maitinimo įtampa.



2.6 pav. Preliminari sistemos struktūra

Tuomet ultragarsinis siūstuvus transliuoja ultragarso bangas į prieš jį esantį ultragarsinį imtuvą. Veikiant ultragarso jutikliams ant svarstyklių turi būti padėta eksperimentinė atlieka. Visas gautas rezultatas, kuris gaunamas iš jutiklių atvaizduojamas oscilografe, pagal tai kokius parametrus norime gauti. Nuodugniau tai aptarsime eksperimentinėje mokslinio tiriamojo darbo dalyje.

Trumpai apie kiekvieną sistemos elementą:

- „Arduino“ plokštė 2.7 pav., tai pilnavertis kompiuteris, kurio pagalba galime valdyti daviklius, įvairius ekranus, variklius ir t.t.[12]. Taip pat su „Arduino“ plokšte galime valdyti duomenų perdavimą, bei daugelį kitų elementų. Papildomi elementai prie „Arduino“ plokštės montuojami tam specialiai skirtomis jungtimis, kas supaprastina darbą su valdikliu. Visa tai valdoma su kompiuteryje įdiegta programa „Arduino“. „Arduino“ plokštė jungiama prie kompiuterio USB kabeliu. Tuomet tiesiog užtenka

sugalvoti, sukurti programą jūsų pasirinktai sistemai. Šiame darbe naudojama „Arduino“ UNO plokštė. Kurios techniniai parametrai pateikti 2.2 lentelėje.



2.7 pav. Arduino plokštė

2.2 lentelė. „Arduino“ plokštės techniniai parametrai.

Pagrindiniai "Arduino UNO" plokštės techniniai parametrai	
Taktinis dažnis	16MHz
Atmintis	32 KB
Mikrokontrolerio tipas	Atmega328
Mikrokontrolerio jungtis	DIP
Skaitmeninės jungtys	14
Analoginės jungtys	6

- Skystųjų kristalų vaizduoklis [14], kuris taip pat turi valdymo mygtukus. Jis tiesiogiai montuojamas ant „Arduino“ plokštės su tam specialiai pritaikytomis jungtimis. LCD ekranas maitinamas iš „Arduino“ plokštės. Jis turi dvi eilutes po 16 simbolių. Taip pat turi potenciometrą, kuris skirtas reguliuoti raidžių spalvos intensyvumą.



2.8 pav. Skystųjų kristalų vaizduoklis

- INA125P. Stiprintuvas reikalingas, kadangi svorio jutiklis maitinamas iš „Arduino“ +5V įtampa, kuri yra per silpna užtikrinti pakankamą svarstyklių tikslumą ir jautrumą.



2.9 pav. INA125P

- Ultragarsiniai jutikliai. Iš ultragarsinio siūstuvo siunčiama aukšto dažnio akustinės bangos, kurios keliauja per testuojamą atlieką į imtuvą, o jų reikšmes rezultatas matome oscilografe.
- Svorio jutiklio veikimas paremtas varža, kurią svorio jutiklis kuria kai ant jo yra uždėtas sveriamasis bandinys (atlieka).
- Atskiras maitinimo šaltinis. Reguluojama įtampa nuo 13,5V iki 16,5V.

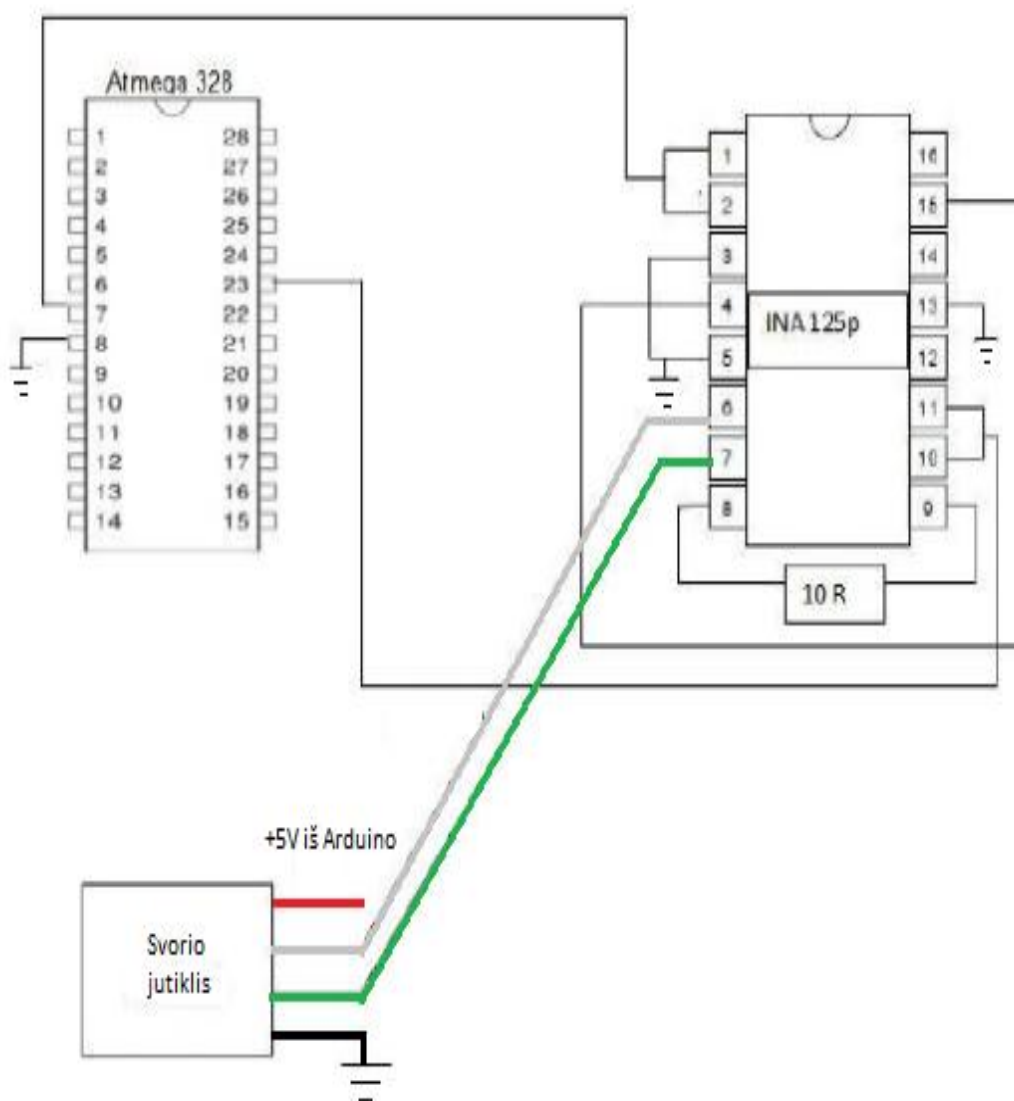
III. EKSPERIMENTINIS TYRIMAS

3.1 Eksperimento schemų apžvalga

Eksperimente naudojami dviejų rūšių jutikliai: svorio jutiklis ir ultragarso jutiklis. Pirmiausia atliekos yra sveriamos o po to tiriamos ultragarsu. Kad svorio jutiklis veiktų, jam reikalinga elektrinė sistema ir programa, kuri jutiklio varžą keistų į mikrovaldikliui suprantamą signalą.

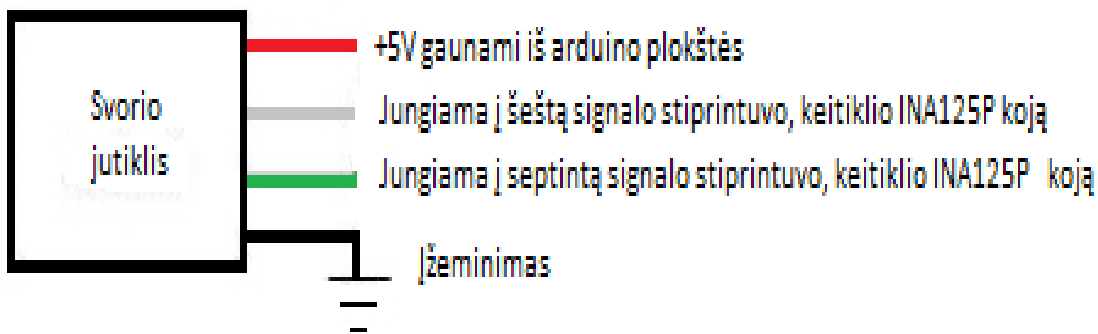
Svarstyklių sistemą sudaro:

- Svorio jutiklis [13],
- INA125P,
- Arduino plokštė su Atmega328 mikrovaldikliu,
- LCD ekranas,
- Kompiuteris su programa (Priedas Nr. 1).
-



3.1 pav. Svarstyklių sistemos schema

Kaip matome čia:



3.2 pav. Svorio jutiklio prijungimas

Iš 3.1 pav. ir 3.2 pav. svarstyklių sistemos matome, kad svorio jutiklio raudonas laidas jungiamas prie „Arduino“ plokštės +5V maitinimo šaltinio. Baltas ir žalias laidai jungiami prie operacinio stiprintuvo, keitiklio. Tai reikalinga tam, kad užtikrinti svorio jutiklio tikslumą ir jautrumą, kadangi vien „Arduino“ plokštės tam nepakanka.

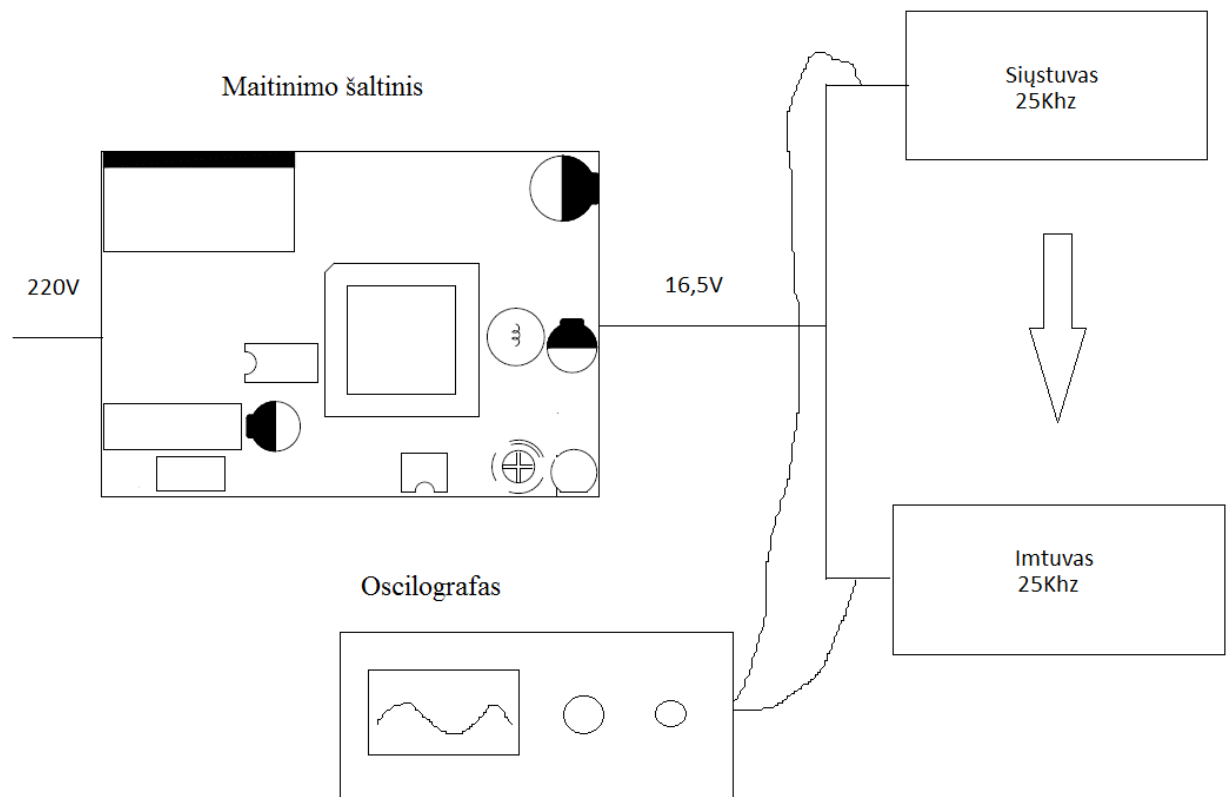
„Arduino“ plokštės pagrindinė dalis yra mikrovaldiklis Atmega328, kurį programuojame su kompiuteryje esančia programavimo programa. Tai būtina, kad žmogus galėtų pamatyti sveriamojo objekto svorį skystųjų kristalų ekrane. Tarp INA125P aštunto ir devinto kontakto prijungti 10 omų varžą. Taip pat INA125P trečia, penktą ir tryliktą kontaktą įžeminame kaip ir Atmegos328 aštuntą kontaktą. INA125P maitinimo šaltinis yra Atmega328 septintas kontaktas, kuris jungiamas su signalų keitiklio pirmu ir antru kontaktu. Atmegos328 dvidešimt trečias kontaktas yra analoginis 0, kuris jungiamas su dešimtu ir vienuoliktu INA125P kontaktais.

Ultragarsinių jutiklių sistemą sudaro:

- Maitinimo šaltinis,
- ultragarsinis siųstuvas,
- ultragarsinis imtuvas,
- oscilografas.

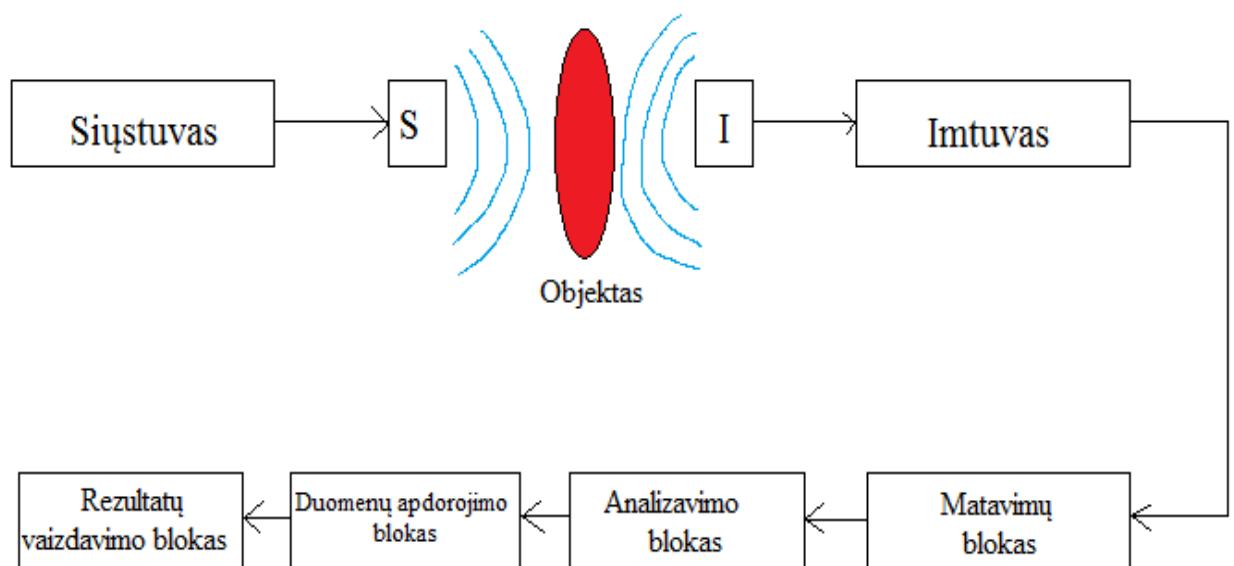
Kaip matome iš 3.3 pav. tyrimui ultragarsu reikės atskiro maitinimo šaltinio, ultragarsinio siųstuvo, ultragarsinio imtuvo, oscilografo ir funkcinio generatoriaus. Maitinimo šaltinis jungiamas tiesiog į buitinę rozetę. Kadangi ultragarsinių jutiklių maksimali įtampa yra 20V, tai 220V keisime į maksimalią maitinimo šaltinio išėjimo įtampą, t.y., 16,5V ir 0,67A. Tiek ultragarsinis siųstuvas, tiek ultragarsinis imtuvas veikia 25Khz dažniu. Tarp ultragarsinio siųstuvo ir imtuvo eksperimento metu testuojama medžiaga. Oscilografą naudosime sužinoti skirtingų testuojamų medžiagų charakteristikas. T.y., oscilografo matuojamų parametrų, kurie išreiškiami kreivėmis amplitudes,

bangų pasikartojimo dažnį, vienos bangos ar visų bangų ilgį. Oscilografas jungiamas prie ultragarsinio siūstuvo įėjimo ir prie ultragarsinio imtuvo išėjimo [18].



3.3 pav. Ultragarsinio tyrimo sistemos schema

3.1.1 Ultragarso sistemos veikimo principas



3.4 pav. Ultragarso sistemos veikimo principas

Ultragarso sistemos veikimo principas 3.4 pav. paremtas šiomis sistemos operacijomis [16]:

- Ultragarsinis siųstuvas perduoda aukštos įtampos elektrinius impulsų signalus.
- Ultragarsinio siųstuvo daviklis S gauna aukštos įtampos elektrinį impulsą, kurį konvertuoja į ultragarso bangas ir spinduliuoja jas į tiriamąjį objektą.
- Ultragarsinio imtuvo daviklis I gauna per tiriamąjį objektą perėjusias ultragarso bangas ir paverčia jas atgal į elektros impulsų signalus.
- Imtuvas išplečia ir filtruoja elektros impulsų signalus.
- Matavimo vienetas matuoja elektrinio impulso atvykimo laiką ir amplitudės signalus.
- Sistemos analizavimo blokas apskaičiuoja garsi greitį, silpninimo koeficientą ir t.t..
- Duomenų apdorojimo blokas sistemina visą gautą informaciją. Nuo Šiame bloke esančios programos priklausys ir tai kokius rezultatus gauname, priklausys ir tai ką norime gauti.
- Rezultatų vaizdavimo blokas atsakingas už tai, kad duomenų bloke gauti rezultatai būtų parodyti žmogui suprantamu tekstu ar skaičiais.

3.1.2 Eksperimente matuojamos charakteristikos

Visame pasaulyje atliekų susidarymas yra viena opiausių problemų. Taip pat problema yra tai kaip sumažinti atliekų susidarymą ar kaip padidinti jų perdirbimą. Tam, kad atliekas perdirbti reikia jas rūšiuoti. Šiame moksliniame tiriamajame darbe atliekami du pagrindiniai atliekų kontrolei ir atpažinimui reikalingi eksperimentai: atliekų svėrimas ir jų tyrimas, kuris atliekamas su ultragarso jutikliais.

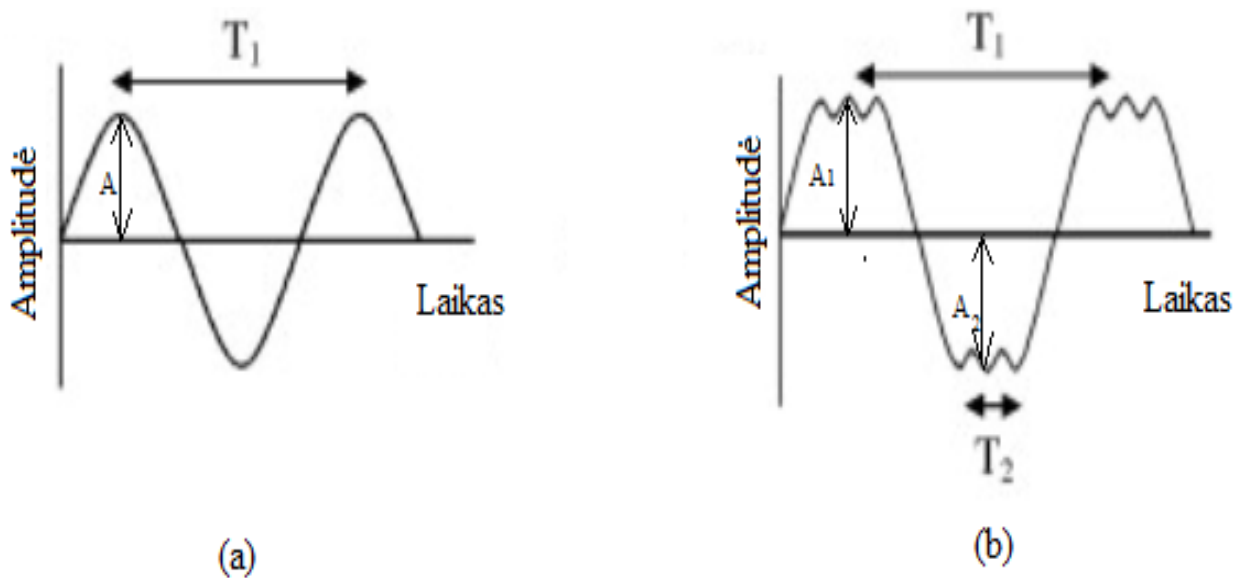
Atliekų svėrimas reikalingas dėl labai paprastų priežasčių t.y., monitoringo. Pirmiausia atliekas sveriam tam, kad sužinotume kiek ir kokių atliekų surūšiavome. Tai yra svarbu, kad būtų galima daryti išvadas dėl daugiausiai susidarančių atliekų, dėl kenksmingų atliekų kiekio ir t.t.. Taip pat svarbu žinoti kiek atliekų bus perdirbta, panaudota antrą kartą ar kiek jų bus utilizuota kaip nebeperdirbamos, nebepanaudojamos. Antrą, atliekų svėrimas reikalingas tam, kad būtų galima sužinoti atliekų lyginamąjį svorį (atliekų tankį). Atliekų tankis ar kitaip lyginamasis svoris parodo kiek sveria atliekų tūrio vienetas. Dažniausiai atliekų tankis matuojamas kg/m^3 . Išskiriamos tokios atliekų tvarkymo charakteristikos:

- laisvas atliekų tankis (atliekų susidarymo vietoje);
- konteinerinis tankis;
- nesutankintų atliekų tankis;
- sutankintų atliekų tankis.

Atliekų tankio arba kitaip lyginamojo svorio rodiklis naudojamas apytiksliams skaičiavimams, planuojant konteinerių skaičių, transporto poreikį, sąvartyno tūrį, laikinojo saugojimo pajėgumus ir t.t.. Atliekų tankis skiriasi priklausomai nuo atliekų rūšies, nuo jo sudėties. Tai pačiai atliekų sudėčiai - tankis gali svyruoti priklausomai nuo atliekų drėgnumo (pvz., skirtingų metų laiku), nuo laikymo (sandėliavimo) trukmės ir būdo, nuo transportavimo ypatybių.

Sekanti mokslinio tiriamojo darbo eksperimento dalis susijusi su ultragarso jutikliais, t.y., **ultragarsinis tyrimas**. Kaip jau buvo minėta analitinėje dalyje su ultragarsiniais jutikliais galime sužinoti per tiriamąją medžiagą keliaujančių ultragarso signalų dažnį, impulso susilpnėjimą, sklaidą, bei kelionės laiką nuo imtuvo iki siųstuvo. Visi šie parametrai priklauso nuo tiriamos medžiagos fizikinių savybių. Kiekvienos tiriamos atliekos, medžiagos ultragarso bangų ilgis, amplitudė, dažnis ir greitis bus skirtingi. Pvz.:

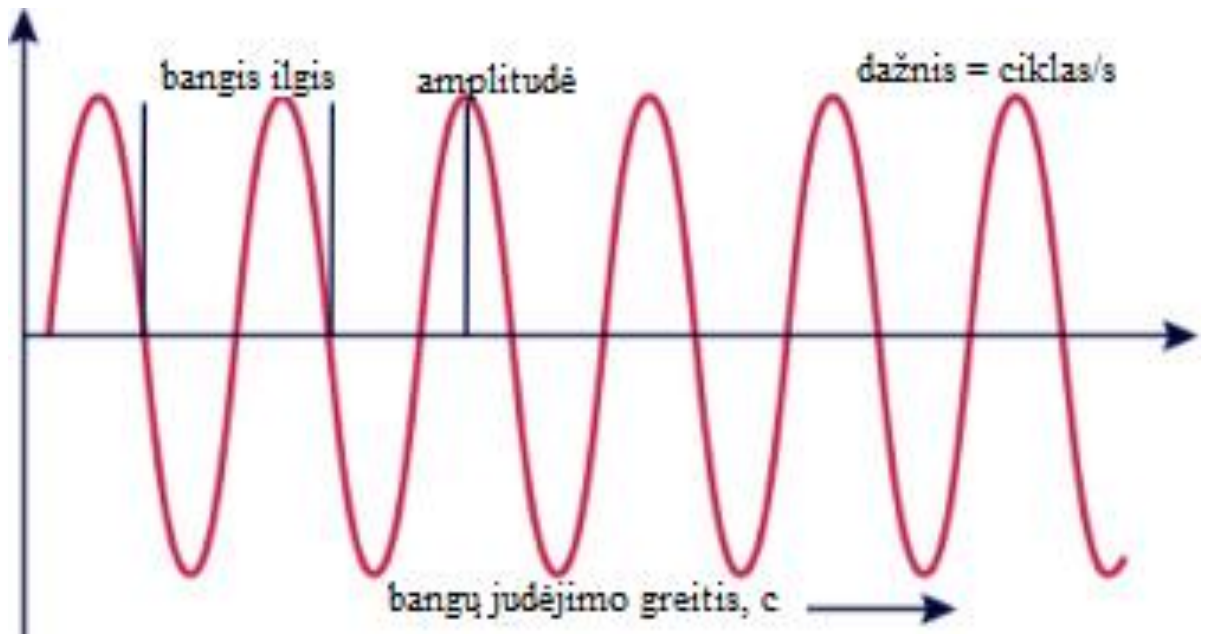
- Amplitudė



3.5 pav. Amplitudės matavimas

Kaip matome 3.5 pav. pavaizduotas amplitudės matavimas. Pagal pateiktą brėžinį amplitudė A matuojama ant x grafiko ašies, o laikas ant y ašies. Šiame eksperimente matuojant amplitudę įvairioms medžiagų rūšims būtina išlaikyti tokias pat sąlygas visoms eksperimente dalyvaujančioms medžiagoms. T.y. būtina, kad tiriamosios medžiagos būtų padėtos tokiu pat atstumu nuo ultragarsinio siųstuvo. Matuojant amplitudę ultragarsinio siųstuvo siunčiamas signalas, kuris matomas oscilografe bus visados toks pats, o signalas gautas imtuve skirsis, tai priklauso nuo testuojamos medžiagos savybių. Kuo tiriamosios medžiagos tankis bus didesnis, tuo silpnesnis signalas nukeliaus į ultragarsinį imtuvą. Visą tai atsispindės ir oscilografe matomuose kreivėse.

- Taip pat galima nustatyti bangų ilgį, pasikartojimo dažnį ir akustinių bangų sklaidimo greitį.



3.6 pav. Tiriamųjų charakteristikų pavyzdys

Iš 3.6 pav. matome, kaip tiriamąją medžiagą keliauja ultragarso bangos, kurioms būdinga skirtinga amplitudė, bangų ciklas ar bangų ilgis [17]. Ultragarso banga, apibrėžiama jos bangos ilgis λ , amplitudė ir dažnis f . Bangos keliauja tam tikru greičiu c , kuris priklauso nuo medžiagos tankio, standumo, priklausomai per kokia medžiagą ultragarso banga keliauja. Koks yra greitis c sužinome iš bangos ir amplitudės su dažniu sandaugos, kuri išreiškiama formule:

$$c = \lambda f \quad (3.1)$$

čia,

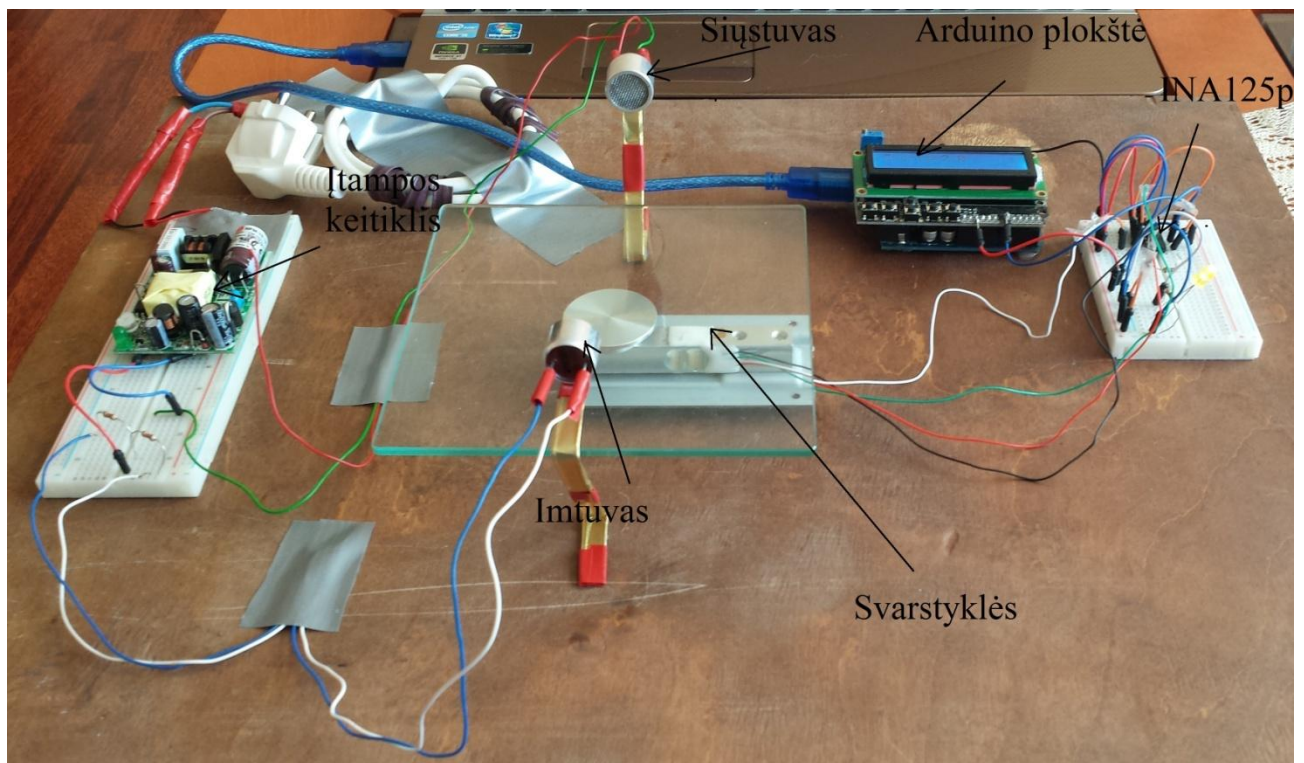
c - greitis,

λ - bangos ilgis,

f - amplitudė ir dažnis.

Kaip matome iš pateiktų charakteristikų galime lengvai nustatyti skirtingų medžiagų amplitudes, bangų pasikartojimų dažnį, ciklą, taip pat akustinių bangų sklaidimo greitį. Žinoma visos tiriamos medžiagos turi būti testuojamos vienodomis sąlygomis, kitaip gauti rezultatai gali būti nepakankamai tikslūs.

3.2 Eksperimento eiga



3.7 pav. Eksperimento schema

3.7 pav. pateikta eksperimento schema. Pirmas eksperimento etapas - svėrimas. Svarstyklių svorio jutiklis sujungtas su signalo keitikliu INA125P, o šis su mikrovaldikliu. Mikrovaldiklis sujungtas su skystųjų kristalų ekranu, kuriame matomas sveriamas svoris. Mikrovaldiklis prijungtas prie kompiuterio per USB laidą. Šiuo atveju USB laidas atlieka ir maitinimo šaltinio funkciją. Priede Nr.1 pateikiama programa, kuri reikalinga tam, kad visos svarstyklių sudedamosios dalys būtų susietos į vieną sistemą.

Antrasis eksperimento etapas - tyrimas ultragarsu. 3.7 pav. matoma, kad iš svarstyklių šonų sumontuoti ultragarsiniai jutikliai: siųstuvas ir imtuvas. Jutikliai sujungti su maitinimo šaltiniu, kuris keičia įtampą iš 220V į 16,5V.

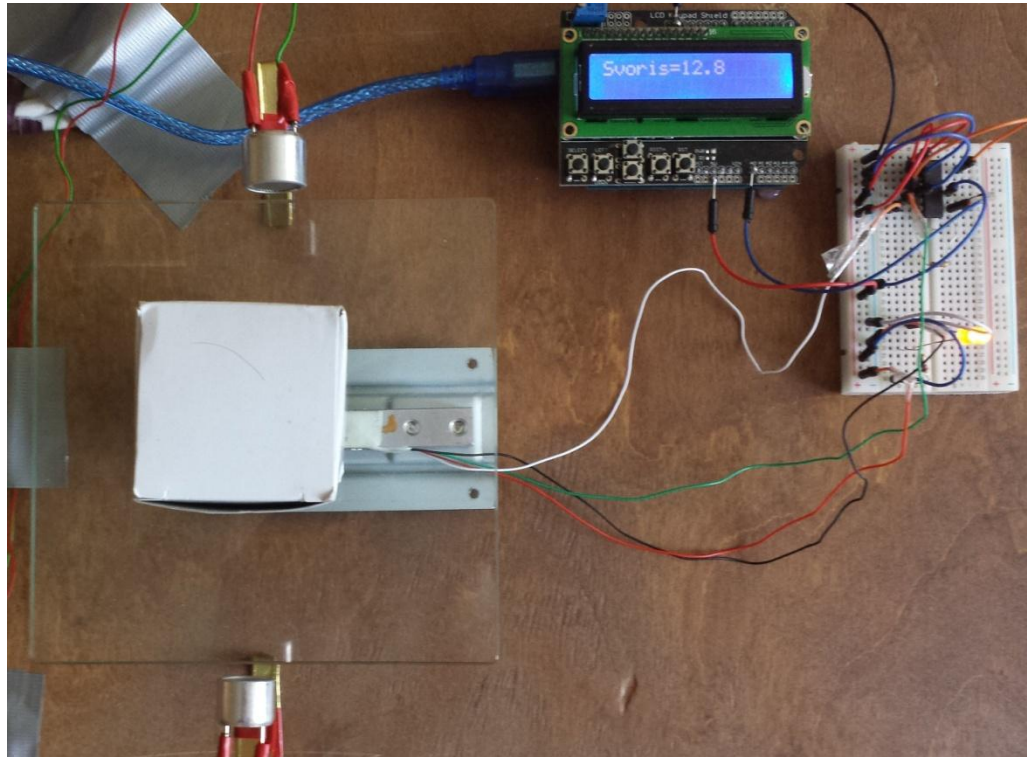
3.2.1 Pirmasis eksperimento etapas - svėrimas

Pirmajai eksperimento daliai surinktos atliekos ir suskirstytos į šias grupes:

- popierius;
- stiklas;
- plastikas, "Tetra Pak";
- metalas.

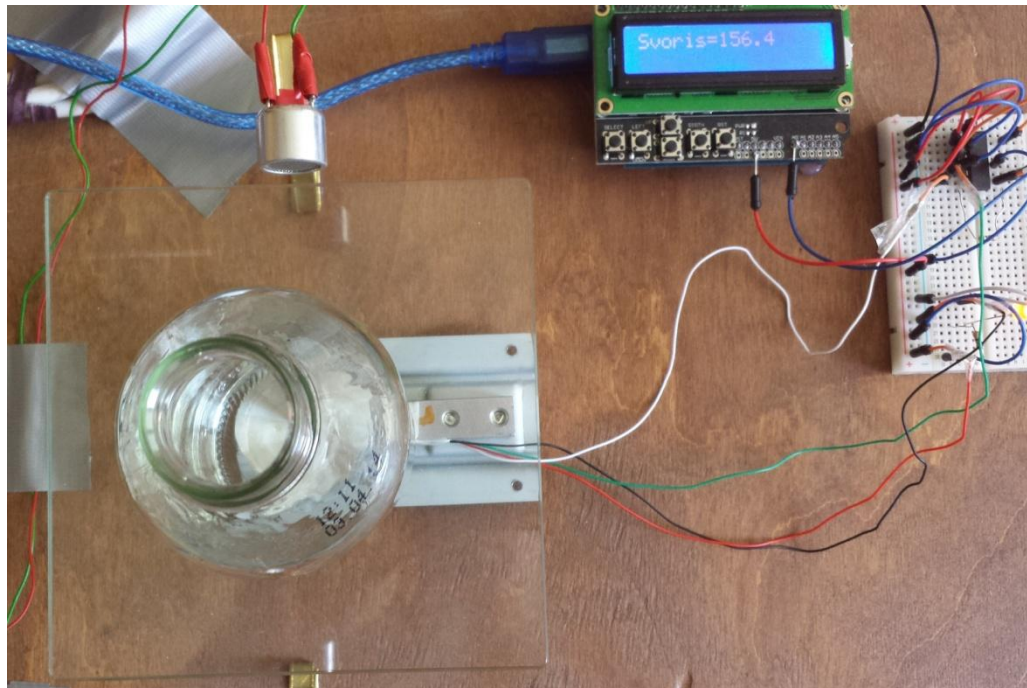
Visos atliekos surinktos ir suskirstytos į grupes atsižvelgiant į buitįje daugiausiai naudojamas kietos agregatinės būsenos buitines atliekas. Atliekos buvo renkamos ir sveriamos, keli svėrimo pavyzdžiai pateikiami 3.8 pav., 3.9 pav., 3.10 pav., 3.11 pav., 3.12 pav.

- Popieriaus svėrimas.



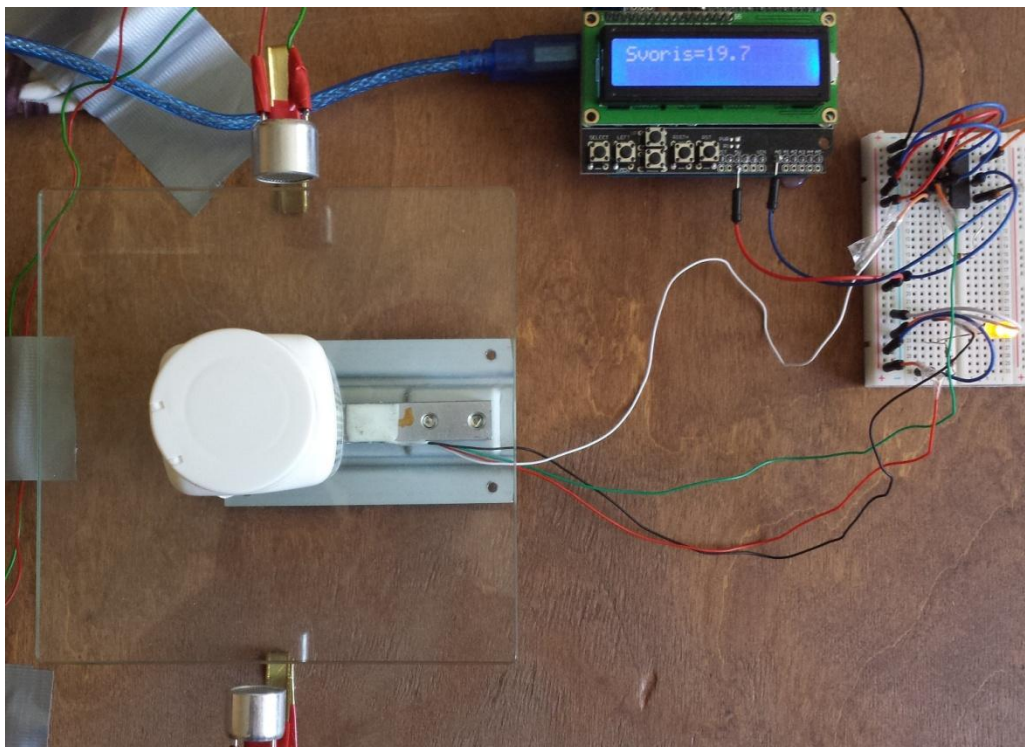
3.8 pav. Popieriaus svėrimas

- Stiklinio buteliuko svėrimas.



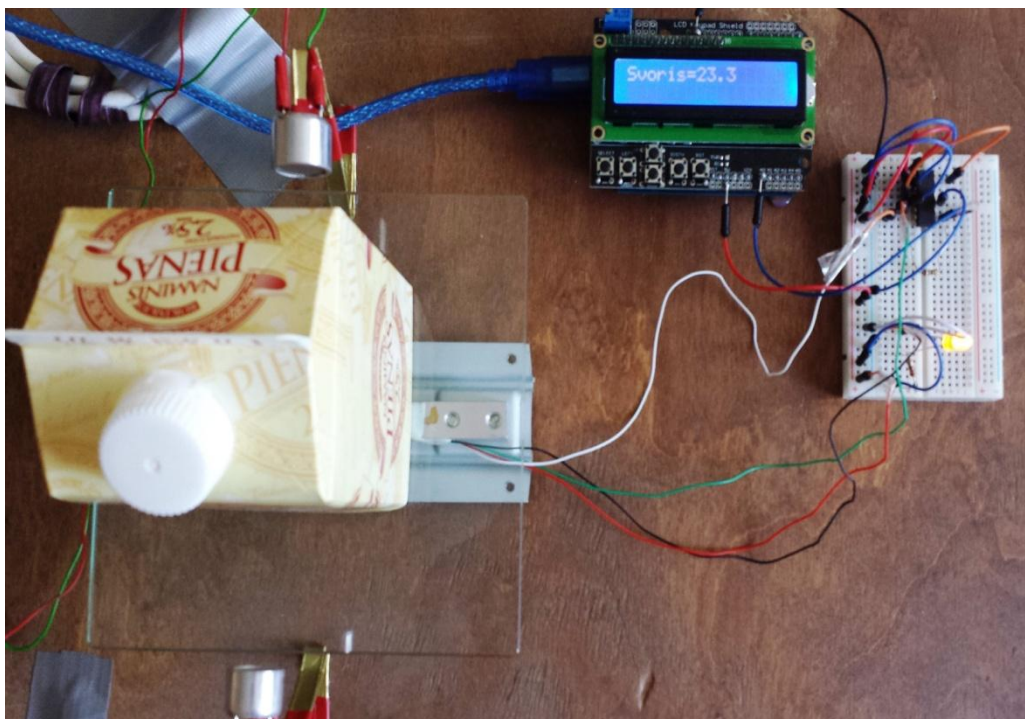
3.9 pav. Stiklinio buteliuko svėrimas

- Plastikinio buteliuko svėrimas.



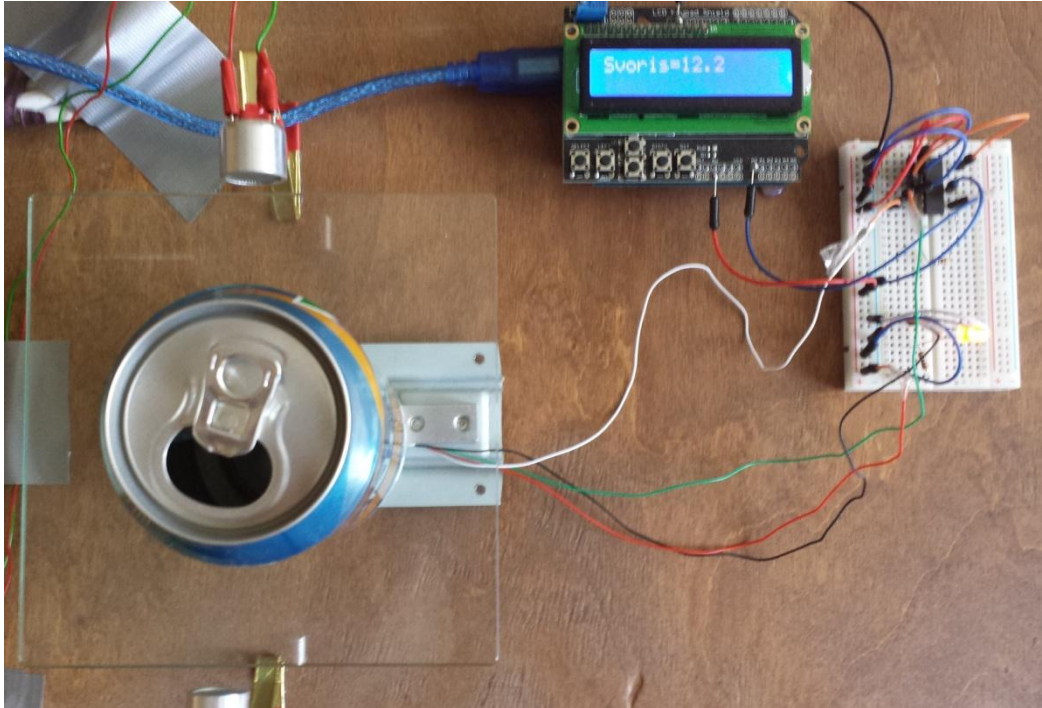
3.10 pav. Plastikinio buteliuko svėrimas

- "Tetra Pak" pakuotės svėrimas.



3.11 pav. „Tetra Pak" pakuotės svėrimas

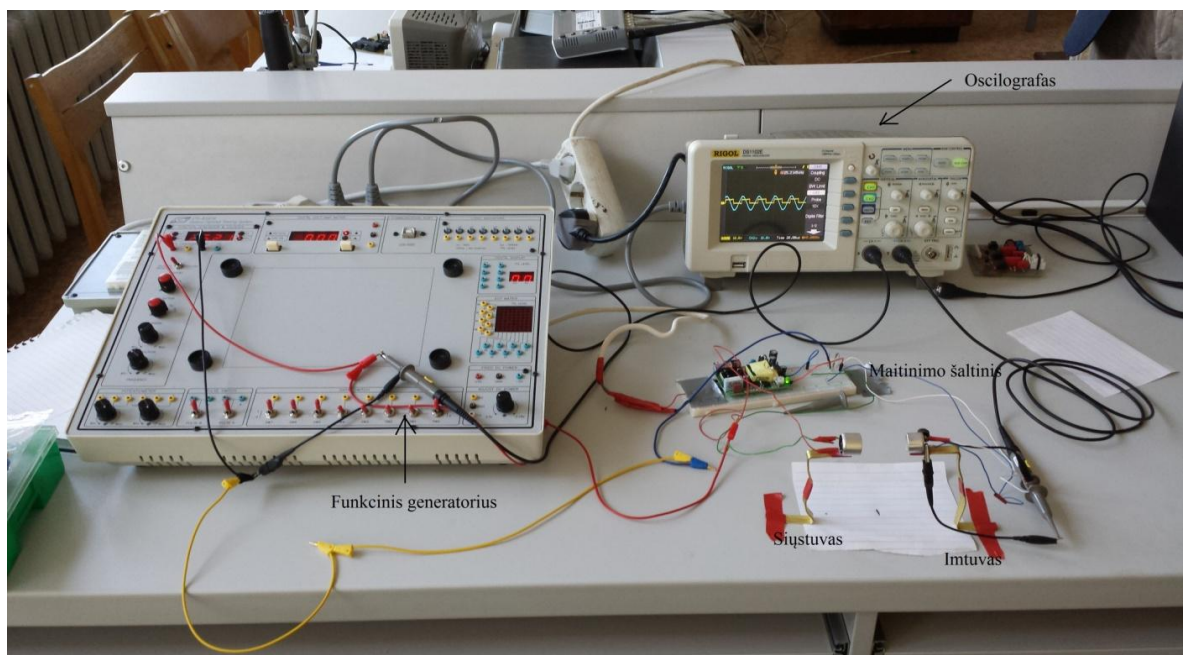
- Aliumininės skardinės svėrimas.



3.12 pav. Aliumininės skardinės svėrimas

Pirmoji eksperimento dalis yra sėkminga. Svarstyklės veikia ± 1 gramo tikslumu. Tai yra pakankamai aukštas tikslumas, kadangi svarstyklės gamintos iš atskirų svarstyklėms reikalingų elektroninių komponentų. Svarstyklėms reikalinga programa, kuri į mikrovaldiklio atmintį įrašoma iš kompiuteryje esančios programavimo programos. Programa pateikta Priede Nr. 1.

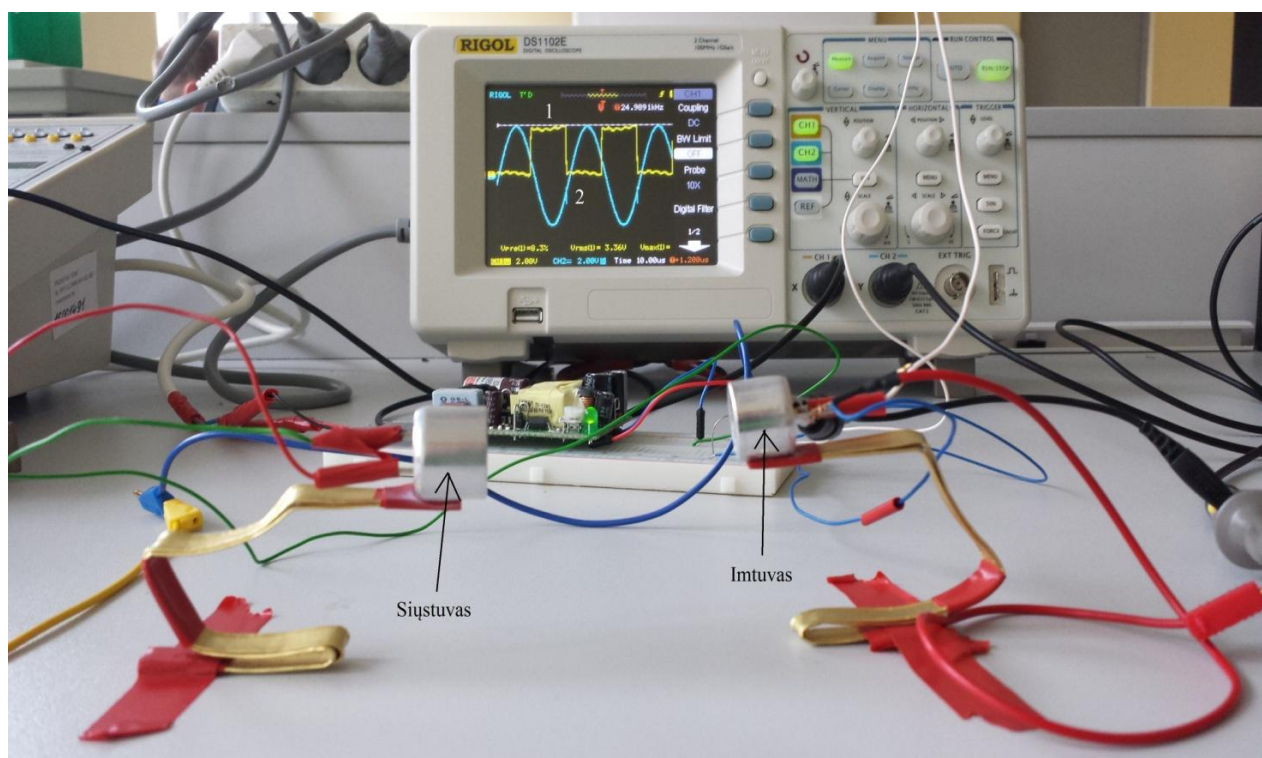
3.2.2 Antrasis eksperimento etapas - tyrimas ultragarsu



3.13 pav. Tyrimas ultragarsu

Antrajam eksperimento etapui - tyrimui ultragarsu naudojama papildoma įranga 3.13 pav., t.y. oscilografas ir funkcinis generatorius. Oscilografas reikalingas, kad galėtume palyginti elektrinį signalą tarp esančio siūstuve ir gaunamo imtuve. Funkcinis generatorius naudojamas tam, kad gauti 25 kHz dažnį. 25 kHz dažnis reikalingas ultragarsiniam siūstuvui, kad gautume elektrinį signalą kurį užfiksuotų ultragarsinis imtuvas. Su mažesniu ar aukštesniu dažniu, nei 25 kHz ultragarsinis siūstuvus neveikia. Galima dažnio paklaida yra ± 1 kHz.

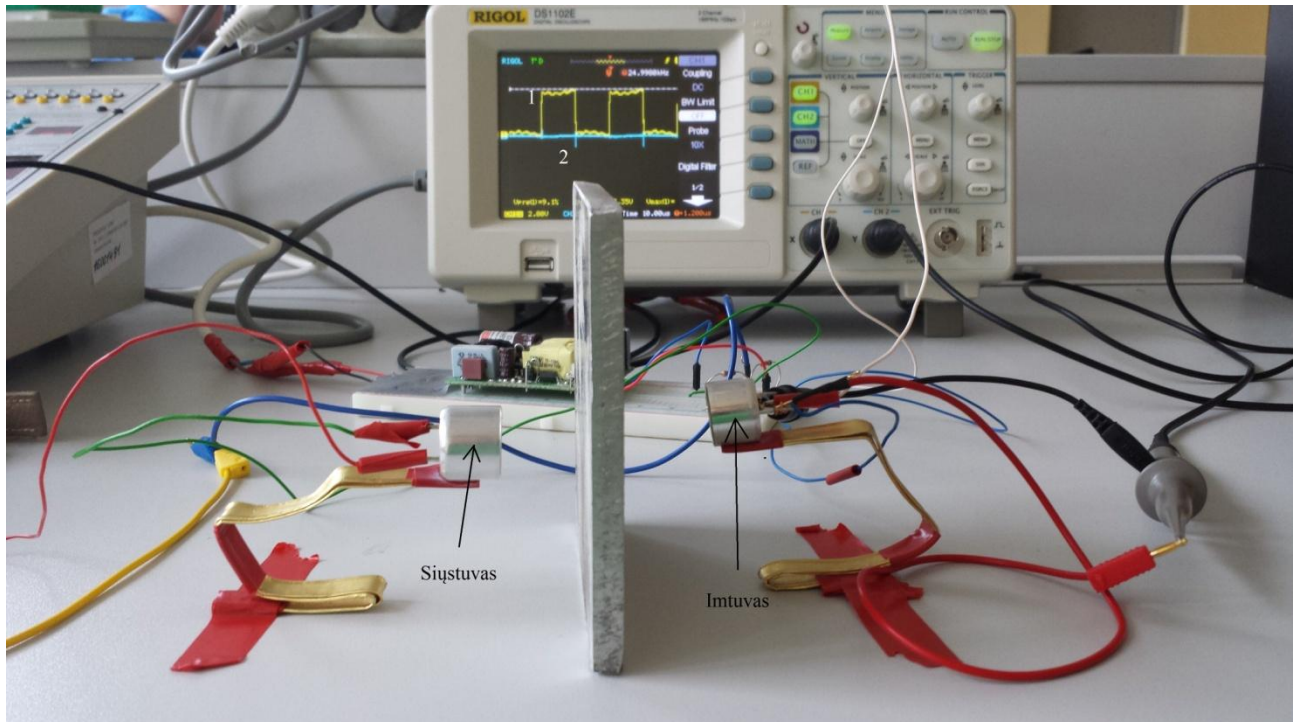
Pirmiausia, kad išsiaiškinti ar eksperimento schema sujungta teisingai ir yra veikianti, matuojame elektrinį signalą tiek siūstuve, tiek imtuve kai tarp siūstuvo ir imtuvo nėra jokios kliūtis 3.14 pav.:



3.14 pav. Siūstuvo ir imtuvo charakteristikos, kai tarp jų nėra kliūtis

Oscilografe matomos tiek siūstuvo (1), tiek imtuvo (2) charakteristikos. Funkcinis generatorius generuoja 25 kHz dažnį, kurį siūstuvus siunčia į imtuvą. Iš oscilografo matyti, kad siūstuvo ir imtuvo dažnis yra vienodas 25 kHz. Tai rodo, jog nesant tarp siūstuvo ir imtuvo jokios kliūtis 25 kHz dažnio ultragarso bangos pasiekia imtuvą ir nėra susilpnėjusios. Jos yra tokio pačio dažnio kokios ir buvo ištransliuotos iš siūstuvo. Tiek siūstuvo, tiek imtuvo charakteristikų aukščiausias amplitudės taškas yra ties 25 kHz dažniu. Impulsų matavimo laikas yra 10 ms, tiek siūstuve, tiek imtuve. Abu jutikliai maitinami iš maitinimo šaltinio 16,5 V įtampa. Siūstuvo charakteristikos matuojamas iš oscilografo pirmo išėjimo, kuris pažymėtas CH1, o imtuvo charakteristikos matuojamos iš oscilografo antro kanalo CH2.

Sekanti tyrimo ultragarsu dalis yra matuoti elektrinį signalą tarp siųstuvo ir imtuvo, kai tarp jų yra kliūtis. Tiriama medžiaga yra aliumininė plokštelė 3.15 pav.



3.15 pav. Siųstuvo ir imtuvo charakteristikos, kai tarp jų yra aliumininė plokštelė

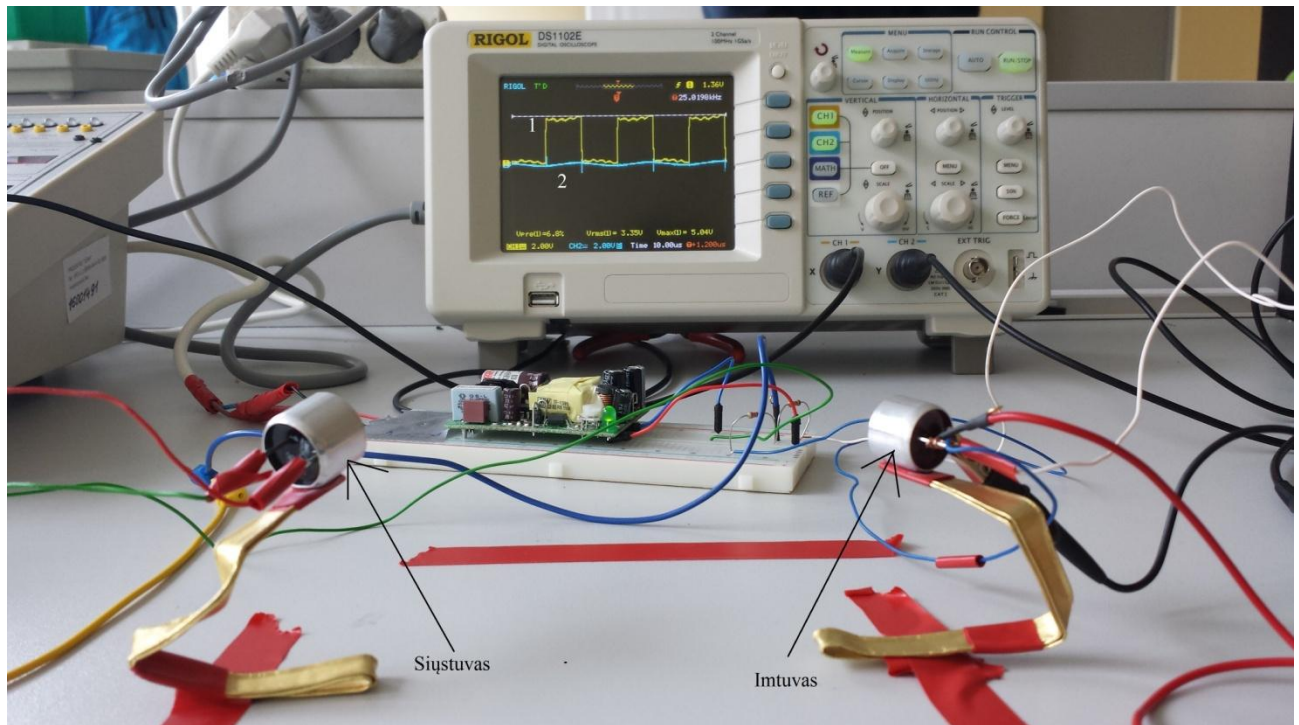
3.15 pav. matomos dvi charakteristikos: siųstuvo (1) ir imtuvo (2). Siųstuvas siunčia 25 kHz dažnį, tačiau imtuvas nefiksuoja jokio gaunamo signalo iš siųstuvo. Tai matome iš imtuvo charakteristikos, kuri pažymėta numeriu (2). Imtuve oscilografas fiksuoja 0 kHz dažnį. Pagal šią charakteristiką galima spręsti, kad eksperimentui pasirinkti ultragarsiniai jutikliai yra per silpni. Taip pat, kad įsitikinti jog ultragarsiniai jutikliai yra silpni testas pakartotas su popieriaus lapu ir plastikiniu maišeliu, tačiau rezultatai buvo identiški. Imtuvas nefiksuodavo jokio signalo gaunamo iš siųstuvo.

3.3 Tyrimas ultragarsu garso bangas atsispindint nuo tiriamojo objekto

Pirmuoju tyrimu ultragarsu ištirta, kad pasirinkti ultragarso jutikliai yra per silpni, t.y. jie transliuoja tik 25 kHz ultragarso bangų dažnį. Jų veikimo diapazonas yra per siauras. Siųstuvo transliuojamos ultragarso bangos neprasiskverbia per tiriamąjį objektą ir prie imtuvo prijungtame oscilografе nematyti jokio gaunamo signalo iš siųstuvo.

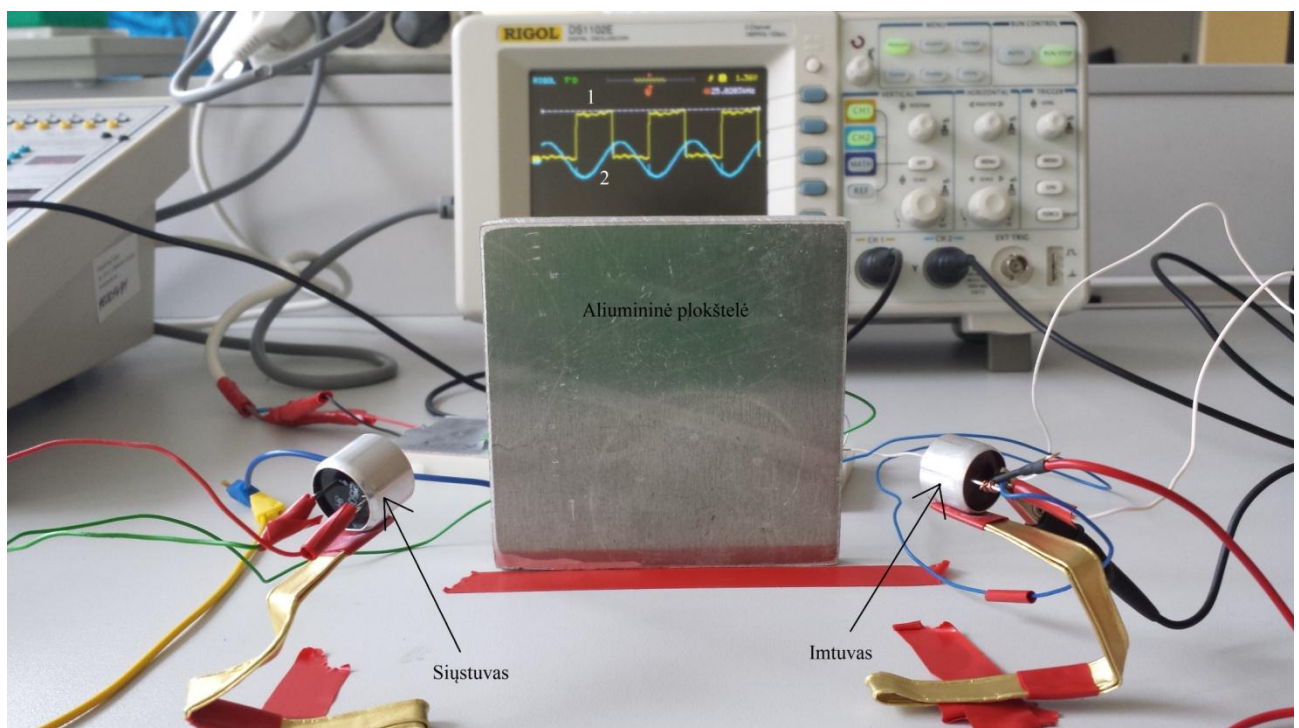
Antroji tyrimo ultragarsu galimybė, yra matuoti ultragarso bangų pasikeitimą, kai ultragarso bangos atsispindi nuo tiriamojo objekto. Pagal oscilografе matomas charakteristikas, kreives ir jų amplitudes galime sužinoti kaip nuo skirtingų tiriamųjų objektų atsispindi ultragarso jutiklio

siunčiamos ultragarso bangos. 3.16 pav. pavaizduota kaip atrodo oscilografe matuojamos charakteristikos kai prieš siųstuvą ir imtuvą nėra jokio tiriamojo objekto.

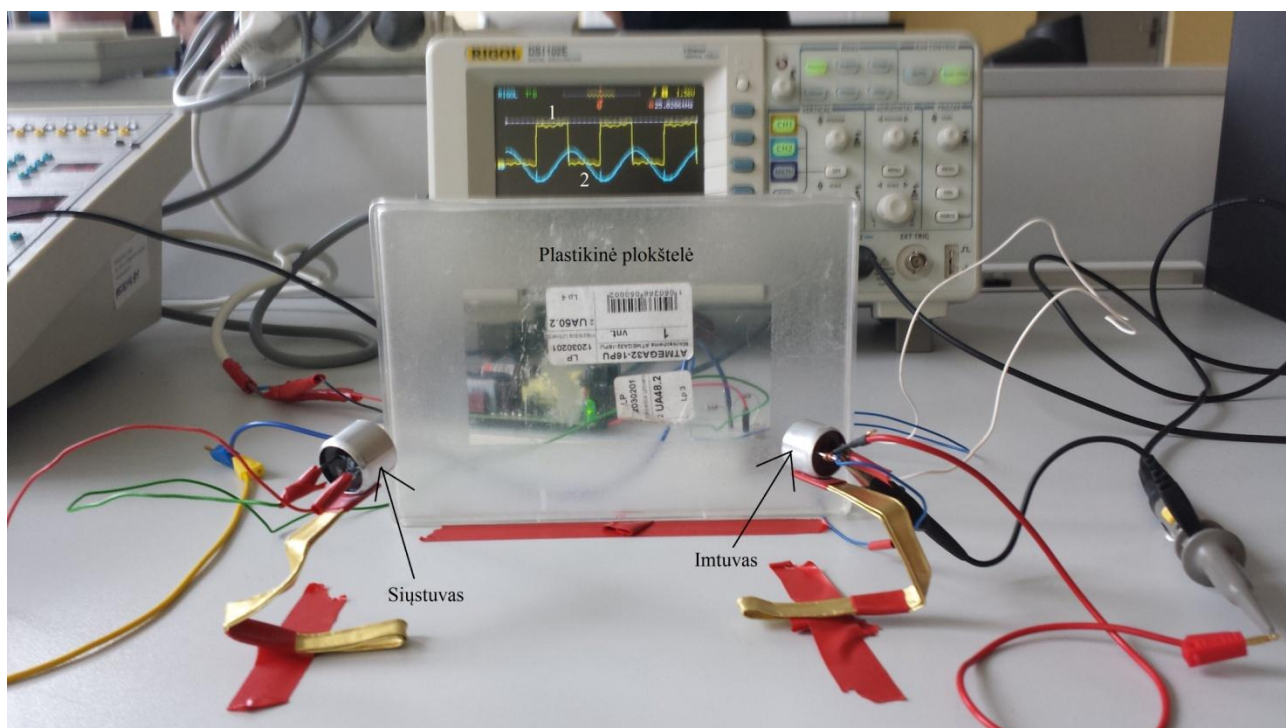


3.16 pav. Be tiriamojo objekto

Oscilografe matomos kreivės: numeriu (1) pažymėtas siųstuvo siunčiamas 25 kHz dažnio ultragarso bangos. Numeriu (2) pažymėtas imtuvo gaunamas signalas. Matoma, jei prieš siųstuvą ir imtuvą nėra jokio tiriamojo objekto nuo kurio atsispindi siunčiamas signalas, oscilografas nieko nefiksuoja. Tai reiškia, kad imtuvas negauna jokio signalo, kuris yra siunčiamas iš siųstuvo.



3.17 pav. Tiriamoji medžiaga - aliuminis



3.18 pav. Tiriamoji medžiaga - plastikas

3.17 pav. ir 3.18 pav. parodyta eksperimento dalis kai prieš ultragarso jutiklius yra tiriamoji medžiaga. Eksperimentas atliktas su aliuminiu ir plastikumu. Iš pateiktų nuotraukų matoma, kad tiek nuo aliuminio, tiek nuo plastiko ultragarso bangos atsispindi identišškai. Siųstuvo siunčiamos 25 kHz dažnio ultragarso bangos fiksuojamos imtuve, tai matyti oscilografe iš kreivės pažymėtos numeriu (2). Numeriu (2) pažymėta kreivė rodo 10 kHz dažnio gaunamą signalą imtuve. Tai reiškia, kad siųstuvo siunčiamas 25 kHz dažnio ultragarso bangos (kreivė 1) atsispindėjusios nuo aliuminio ir nuo plastiko susilpnėja apie 15 kHz. Abiejų tiriamųjų medžiagų gaunamos charakteristikos yra identiškos.

Iš eksperimento metu sužinotų duomenų galima daryti išvadas, kad tyrimo ultragarsu metu, kai ultragarso bangos eina per tiriamąją medžiagą gaunami rezultatai yra geresni, nei naudojant ultragarso bangų atsispindėjimo metodą. Tačiau, kad eksperimentą atlikti sėkmingai turime naudoti stipresnius ultragarso jutiklius: siųstuvą ir imtuvą.

IŠVADOS

Ekperimentui reikalingos svarstyklės sumontuotos iš atskirų elektroninių komponentų. Visi naudoti elektroniniai komponentai veikia ir atlieka savo funkciją.

Svarstyklių sistemai parašyta programa, kuri įkelta į mikrovaldiklį. Taip pat svarstyklės sukalinuotos ir veikia $\pm 1g$ tikslumu. Tačiau svarstyklės yra labai jautrios išorės trikdžiams.

Tyrimui ultragarsu panaudoti ultragarso jutikliai prijungti prie funkcinio generatoriaus ir oscilografo. Oscilografe matomos tiek siūstovo tiek imtuvo charakteristikos.

Ekperimente tirtos būtinos atliekos parodė, kad naudojami ultragarso jutikliai yra per silpni ir netinkami gauti norimiems rezultatams. Naudojami 25 kHz dažnio jutikliai, transliuoja per silpnas ultragarso bangas. Kad tyrimas būtų sėkmingas reikia galingesnių jutiklių, kurie transliuotu apie 1 MHz dažnį. Taip pat labai svarbu išsirinkti tinkamą imtuvą, kuris priimtu įvairaus dažnio ultragarso bangas.

Atliktas ekperimentas parodo, kad tyrimo ultragarsu panaudojimas atliekoms atpažinti ir tirti yra įmanomas su tinkamais ultragarso jutikliais.

LITERATŪRA

- [1] A Simple Identification Method for Object Shapes and Materials Using an Ultrasonic Sensor Array.
- [2] Visual sorting of recyclable goods using a support vector machine.
- [3] Towards real-time sorting of recyclable goods using support vector machines.
- [4] Support Vector Machines for Automated Classification of Plastic Bottles.
- [5] Experimental modeling of the tribo-aero-electrostatic separation of mixed granular plastics.
- [6] Electrostatic separation of metals and plastics from granular industrial wastes.
- [7] Removal of Metallic Particles From Acrylonitrile Butadiene Styrene Wastes Using Electrostatic.
- [8] Tribocharging of Mixed Granular Plastics in a Fluidized-Bed Device.
- [9] Intelligent solid waste processing using optical sensor based sorting technology.
- [10] An improved large area-type optical sensor using frosted glass.
- [11] Hydrogen leak optical sensor using radiating fiber gratings.
- [12] Arduino Tutorials [interaktyvus] 2013. Žiūrėta 2013 m. vasario 26 d. Prieiga per internetą: <<http://tronixstuff.wordpress.com/tutorials/>>.
- [13] Computer interface to a low cost electronic kitchen scale [interaktyvus] 2012. Žiūrėta 2013 m. vasario 27d. Prieiga per internetą: <<http://jdesbonnet.blogspot.com/2010/10/computer-interface-to-low-cost.html>>.
- [14] Arduino: Arduino LCD Tutorial [interaktyvus] 2012. Žiūrėta 2013 m. kovo 5 d. Prieiga per internetą: <<http://www.youtube.com/watch?v=JDoTn1sLxWQ>>.
- [15] Ultrasonic Material Analysis [interaktyvus] 2013. Žiūrėta 2013 kovo 10 d. Prieiga per internetą: <<http://www.olympus-ims.com/en/applications-and-solutions/introductory-ultrasonics/introduction-material-analysis/>>.
- [16] General Ultrasonic System [interaktyvus] 2012. Žiūrėta 2013 kovo 20 d. Prieiga per internetą: <<http://dosen.tf.itb.ac.id/amoranto/general-ultrasonicsystem/>>.
- [17] The Ultrasound Wave [interaktyvus] 2012. Žiūrėta 2013 kovo 20 d. Prieiga per internetą: <<http://123sonography.com/content/12-ultrasound-wave>>.
- Speed of ultrasound [interaktyvus] 1997. Žiūrėta 2013 kovo 25 d. Prieiga per internetą: <<http://media.paisley.ac.uk/~davison/labpage/ultra/ultra.html>>.
- [18] Atliekų rūšiavimo nauda [interaktyvus] 2012. Žiūrėta 2013 balandžio 29 d. Prieiga per internetą:

<<http://www.gargzdusvara.eu/atliek-r-iavimo-nauda/>>.

PRIEDAS NR. 1

```
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(8, 9, 4, 5, 6, 7);
float loadA=0;
int analogvalA=306;
float loadB=480;
int analogvalB=640;
float analogValueAverage=1000;
long time=0;
int timeBetweenReadings=1000;
void setup() {
  pinMode(13, OUTPUT);
  digitalWrite(13, HIGH);
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(16,2);
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
}
void loop() {
  int analogValue = analogRead(0);
  analogValueAverage=0.99*analogValueAverage+0.01*analogValue;
  float load = analogToLoad(analogValueAverage);
  if(millis()>time + timeBetweenReadings){
    lcd.clear();
    lcd.print("Svoris=");
    lcd.print(load,1);
    time=millis();
  }
}
float analogToLoad(float analogval)
{
  float load = mapfloat(analogval, analogvalA, analogvalB, loadA, loadB);
```

```
    return load;
}
float mapfloat(float x, float in_min, float in_max, float out_min, float out_max)
{
return (x-in_min)*(out_max-out_min)/(in_max-in_min)+out_min;
}
```