

Mjerenje udaljenosti ultrazvukom

Indra-Ljubek, Margareta

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Physics / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za fiziku**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:160:721514>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-23**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Department of Physics in Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

ODJEL ZA FIZIKU



Mjerenje udaljenosti ultrazvukom

- Margareta Indra-Ljubek -

Osijek, rujan 2016.

Mjerenje udaljenosti ultrazvukom

- Margareta Indra Ljubek -

Sažetak

Zvuk je longitudinalni val kojeg ljudi i životinje opažaju osjetilom sluha. Frekvencije titranja zvuka koje čovjek može čuti nalaze se u intervalu od 20 Hz do 20 tisuća Hz. Zvuk frekvencije iznad ljudskog čujnog područja naziva se ultrazvuk, a ispod infrazvuk. Neke životinje koriste ultrazvuk za snalaženje u prostoru ili komunikaciju. Čovjek je također našao načine kako primijeniti ultrazvuk.

U ovom radu opisane su vrste valova, kako ljudsko uho reagira na zvuk, zatim nastanak i primjene ultrazvuka te primjer ultrazvučnog uređaja kućne izrade.

Broj stranica: 21

Broj slika: 19

Broj tablica: 1

Ključne riječi: zvuk, ultrazvuk, valovi, titranje, arduino, programiranje

Mentor: prof.dr.sc. Branko Vuković

Komentor: Miroslav Katić, prof.

Measuring distance with ultrasound

- Margareta Indra Ljubek -

Summary

Sound is a longitudinal wave which animals and humans notice with sense of hearing. Frequencies of sound vibration that human ear can hear are located in interval from 20 Hz to 20 000 Hz. Sound of frequencies above human hearing range is called ultrasound and below infrasound. Some animals use ultrasound to move around or to communicate. People have also found ways to use ultrasound.

Various kinds of waves are described in this paper as well as how human ear reacts to sound, also how ultrasound was made and applied and example of a home made ultrasound device.

Number of pages: 21

Number of images: 19

Number of tables: 1

Keywords: sound, ultrasound, waves, vibrations, arduino, programming

Mentor: prof.dr.sc. Branko Vuković

Co-Mentor: Miroslav Katić, prof.

Sadržaj

1. Valovi	5
1.1. Vrste valova.....	5
1.2. Jednadžba longitudinalnog vala	6
2. Akustika	8
2.1. Brzina širenja vala	9
2.2. Ljudsko uho i zvuk	10
3. Ultrazvuk.....	12
3.1. Nastanak ultrazvuka	12
3.1.1.1. Elektrostrikcija.....	12
3.1.1.2. Magnetostrikcija	12
3.2. Primjena ultrazvuka	12
3.2.1.1. Medicina	12
3.2.1.2. Navigacija.....	15
3.2.1.3. Parking senzori.....	15
4. Primjer ultrazvučnog uređaja u kućnoj izradi	15
4.1. Izgled i rad aplikacije	16
4.2. Kodovi aplikacije	18
4.2.1.1. Programski jezik C	18
4.2.1.2. Visual Basic.....	19
5. Zaključak	20
6. Literatura	21
7. Životopis	21

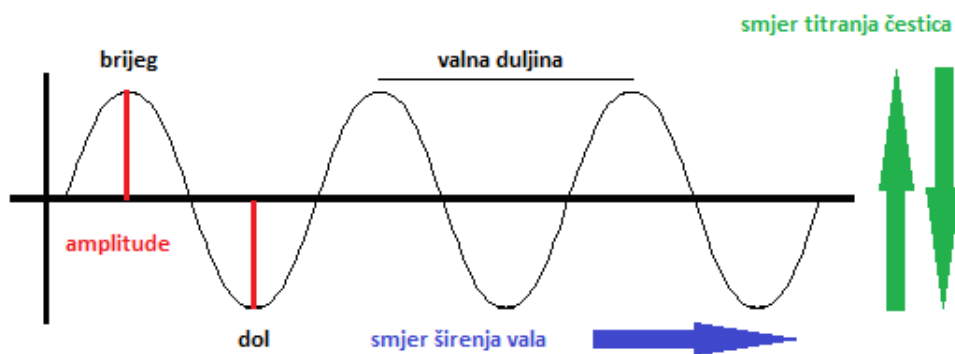
1. Valovi

1.1. Vrste valova

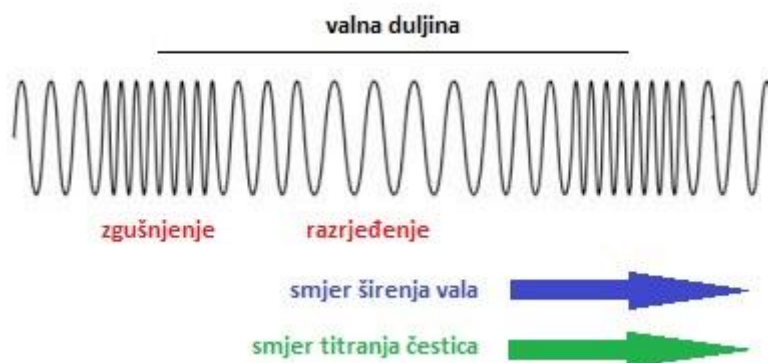
Nakon djelovanja sile na neko tijelo, može se dogoditi da se tijelo deformira (izobliči). Svojstvo da tijelo zauzme svoj početni oblik zove se svojstvo elastičnosti. Osim elastičnih tijela, postoje i elastična sredstva. U njima postoje elastične veze između čestica. Pomak svake čestice utječe na druge (susjedne) čestice – tako se širi val. Drugim riječima, širenje vala je postupan prijenos poremećaja u sredstvu. Valno gibanje je prijenos energije bez prijenosa materije.

Valovi se gibaju periodično. Periodično gibanje nazivamo titranjem. Titranje opisujemo pomoću slijedećih pojmova; elongacija, amplituda, frekvencija i period. Elongacija x je pomak iz položaja ravnoteže. Amplituda je maksimalna elongacija. Frekvencija je broj titraja u jedinici vremena. Period je vrijeme potrebno da bi se izvršio jedan titraj.

Val se može širiti na dva načina; uzdužno i poprijeko. Ako čestice titraju u smjeru širenja vala, tada govorimo o longitudinalnom (uzdužnom) valu, a ako titraju u smjeru okomitom od širenja vala, govorimo o transverzalnom (poprječnom) valu.



Slika 1. Transverzalni val [1]



Slika 2. Longitudinalni val [1]

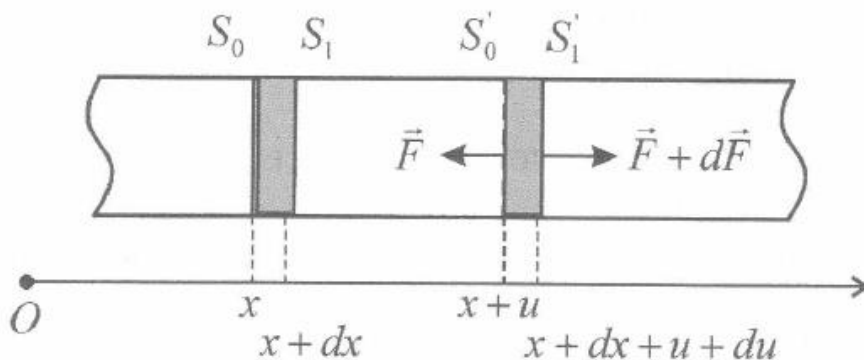
U mehanici se najviše promatra djelovanje sile na čvrsto tijelo ili fluid. U elastičnom čvrstom sredstvu, val se može širiti i longitudinalno i transverzalno, dok se u fluidima može širiti samo longitudinalno. [1]



Slika 3. Primjer složenog vala su valovi na vodi (kombinacija transverzalnih i longitudinalnih komponenta) [2]

1.2. Jednadžba longitudinalnog vala

Neka se ravni val giba kroz cilindrični štapa presjeka S , neograničene duljine na oba kraja (slika 4.).



Slika 4. Ravni longitudinalni val u cilindričnom štapa [1]

Promatramo beskonačno tanki sloj štapa između aksijalnih poprečnih presjeka S_0 i S_1 , koji u položaju ravnoteže imaju pripadne apscise x i dx . Vanjski impuls sile uzrokuje longitudinalni poremećaj tj. gibanje sloja S_0 , S_1 . U nekom trenutku t , sloj se nalazi u novom položaju S'_0 , S'_1 , s pripadnim apscisama $x+u$, $x+dx+u+du$, gdje je u pomak danog presjeka, a može biti veći ili manji od nule ili jednak nuli.

Sloj štapa u trenutku t ima neku akceleraciju i pretrpio je određenu deformaciju (zbog toga $du \neq 0$). Kad se val počeo širiti (kad su poremećaji već nastupili), unutar sredstva počinje djelovati elastična sila. Na presjek S_0' djeluje sila \vec{F} , a na S_1' sila $\vec{F} + d\vec{F}$ (suprotnog smjera) u smislu udaljavanja od ravnotežnog položaja. Neuravnotežena sila $d\vec{F}$ daje akceleraciju sloju S_0', S_1' .

Ako s ρ označimo gustoću nenapregnutog sloja sredstva, s dx njegovu debljinu, a sa S presjek, tada je masa sloja: $dm = \rho dV = \rho S dx$.

Prema drugom Newtonovom aksiomu, sila $dF = a \cdot dm$ daje masi dm akceleraciju $a = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$, gdje je pomak u funkcija položaja i vremena, $u = u(x, t)$ pa su derivacije parcijalne. Slijedi:

$$dF = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \cdot \rho S dx \quad (1.1)$$

Hookeov zakon u daje vezu između specifičnog izduženja sloja $\frac{du}{dx}$, presjeka S i modula elastičnosti E (Youngov modul elastičnosti):

$$\begin{aligned} F &= ES \frac{\Delta l}{l} = ES \frac{\partial u}{\partial x} \\ dF &= ES \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} dx \end{aligned} \quad (1.2)$$

Uvrštavanjem (1.2) u (1.1) dobivamo:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{E}{\rho} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \quad (1.3)$$

Dobivena je parcijalna diferencijalna jednačba drugog reda koja opisuje longitudinalno valno gibanje u elastičnom sredstvu.

Slijedi dimenzija omjera modula elastičnosti i gustoće:

$$\left[\frac{E}{\rho} \right] = \left[\frac{ML^{-1}T^{-2}}{ML^{-3}} \right] = [L^2T^{-2}]$$

što je ujedno dimenzija kvadrata brzine $[v^2] = [L^2T^{-2}]$.

Stoga uvodimo oznaku $\frac{E}{\rho} = v^2$ pa jednačba (1.3) postaje:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \quad (1.4)$$

gdje je $v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$.

Pretpostavimo da je rješenje diferencijalne jednadžbe (1.4) funkcija $u(x,t)$ u obliku:

$$u = f(vt - x) + \varphi(vt + x) \quad (1.5)$$

gdje su funkcije $f(vt - x)$ i $\varphi(vt + x)$ derivabilne po x i t .

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \quad u = f(vt - x) + \varphi(vt + x)$$

Provjera:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial x} &= -f'(vt - x) + \varphi'(vt + x) & \frac{\partial u}{\partial t} &= vf'(vt - x) + v\varphi'(vt + x) \\ \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} &= f''(vt - x) + \varphi''(vt + x) & \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} &= v^2 f''(vt - x) + v^2 \varphi''(vt + x) \end{aligned}$$

$$v^2 f''(vt - x) + v^2 \varphi''(vt + x) = v^2 f''(vt - x) + v^2 \varphi''(vt + x)$$

Lijeva i desna strana su identične. Funkcija (1.5) je rješenje valne jednadžbe. Izvod prema [1].

2. Akustika

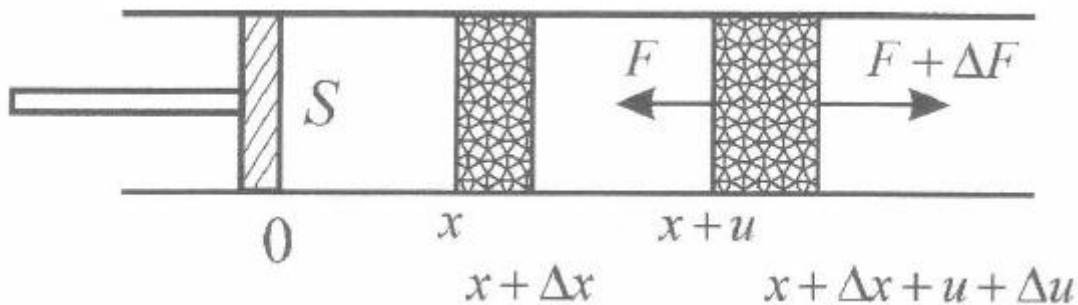
Akustika je područje fizike koje se bavi načinima dobivanja zvuka i zakonima širenja zvuka. Akustika obuhvaća ne samo valove unutar frekvencija čujnosti ljudskog uha, već i izvan tih granica. Područje čujnosti ljudskog uha je od 20 Hz do 20 kHz.

Fluidi, kao i čvrsta tijela, se opiru lokalnoj kompresiji (odnosno dilataciji) pa poprimaju početna stanja kad uzroci poremećaja prestanu djelovati, tj. pokazuju svojstva elastičnosti. Budući da u fluidu mogu nastati samo longitudinalni valovi, titranje čvrstih tijela u fluidu proizvodi longitudinalne valove pomaka. Ljudsko uho takve valove primjećuje kao zvuk ili šum.

Zvuk (uzrok poremećaja) se prenosi kao longitudinalni val, pri čemu čestice zraka titraju u pravcu širenja zvuka. U slojevima zraka kuda prolazi val, naizmjenice se izvode kompresija, sabijanje i razrjeđenje zračnog sloja. Pri kompresiji tlak zraka raste, a pri razrjeđenju se smanji ispod atmosferskog tlaka. Maksimalna amplituda tlaka koje ljudsko uho može podnijeti je 30 Pa. [1]

2.1. Brzina širenja zvuka

Neka se u cijevi nalazi fluid i pomični stap presjeka S (slika 5.).



Slika 5. Fluid u cijevi s pomični stapom presjeka S [1]

Pri pomaku stapa, kroz fluid se širi longitudinalni poremećaj (kompresija). Neka je, prije nastanka poremećaja, element fluida u sloju između apscisa x i $x + \Delta x$. Kad nastane poremećaj, onda se lijevi presjek elementa pomakne za u , a desni za $u + \Delta u$. Uzrok deformacije sloja fluida je razlika sila u fluidu: $F - (F + \Delta F) = \Delta F$.

Uz razliku tlakova u fluidu: $\Delta p = \Delta F / S$ i uz definiciju modula kompresije:

$$B = - \frac{\Delta p}{\frac{\Delta V}{V}} \quad (2.1)$$

te oznaku za tlak, $p = -\Delta p$, eksplicitno slijedi:

$$p = B \frac{\Delta V}{V} = B \frac{S \Delta u}{S \Delta x} = B \frac{\Delta u}{\Delta x} \quad (2.2)$$

Promjene u izrazu (2.2) promatramo kao infinitezimalno male veličine (tj. diferencijale) pa slijedi:

$$p = B \frac{du}{dx}$$

što diferencijalno po x daje:

$$dp = B \frac{d^2 u}{dx^2} dx \quad (2.3)$$

Po drugom Newtonovom aksiomu, razliku sila ΔF promatramo kao umnožak mase elementa fluida Δm i ubrzanja a . Uzimajući u obzir diferencijale, vrijedi: $dF = dm a$.

Kako je po definiciji $dF = Sdp$, $dm = \rho_0 Sdx$, $a = \frac{d^2u}{dt^2}$, slijedi:

$$Sdp = \rho_0 Sdx \frac{d^2u}{dt^2}$$
$$dp = \rho_0 \frac{d^2u}{dt^2} dx \quad (2.4)$$

Izjednačavanjem desnih strana jednadžbi (2.3) i (2.4), dobivamo diferencijalnu jednadžbu s parcijalnim diferencijalima:

$$\frac{d^2u}{dt^2} = \frac{B}{\rho_0} \frac{d^2u}{dx^2} \quad (2.5)$$

Dobili smo parcijalnu diferencijalnu jednadžbu drugog reda. Na sličan način kao i kod jednadžbe (1.3), za brzinu zvuka (tj. širenja poremećaja u fluidu) uzimamo: $v_0 = \sqrt{\frac{B}{\rho_0}}$.

Indeksi se ovdje odnose na neku temperaturu. Obično se za standardnu temperaturu uzima $t_0=0^\circ\text{C}$ ili $T_0=273,15\text{ K}$.

U termodinamici se modul kompresije iskazuje kao umnožak adijabatskog koeficijenta i tlaka: $B=\gamma p$, pa za brzinu zvuka vrijedi izraz:

$$v = \sqrt{\frac{\gamma p}{\rho}} \quad (2.6)$$

Koristeći jednadžbu stanja idealnog plina, iz (2.6) se dobije izraz za brzinu zvuka u plinu o zavisnosti o temperaturi fluida:

$$v = v_0 \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad (2.7)$$

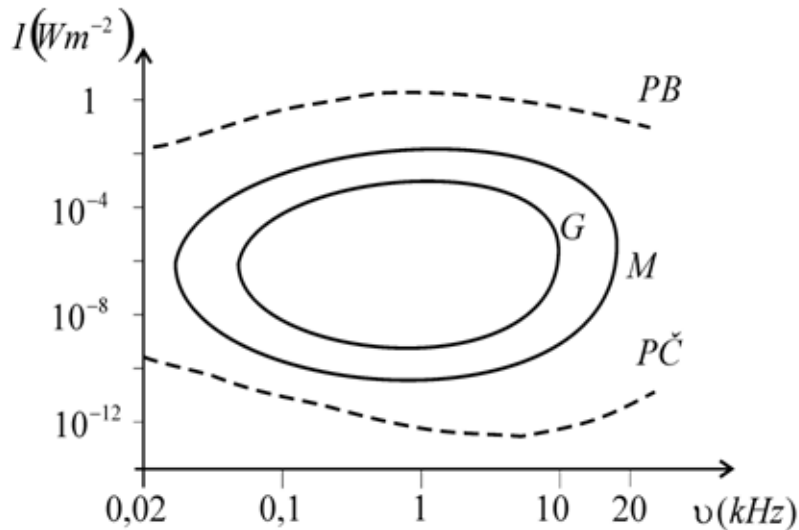
Izvod prema [1].

2.2. Ljudsko uho i zvuk

Zdravo ljudsko uho čuje zvukove čija se frekvencija nalazi u intervalu od 20 Hz do 20 kHz. Zvuk u uho ulazi u obliku longitudinalnog vala, preko ušnog kanala i bubnjića te čekića, nakovnja i stremena (koji je svega 3mm malen te je najmanja kost u ljudskom tijelu).

Zvuk frekvencije ispod 20 Hz se naziva infrazvuk, a zvuk između 20 kHz i 10 MHz ultrazvuk. Infrazvuk i ultrazvuk ljudsko uho ne primjećuje, ali osjete ga neke životinje. Šišmiši su poznati po tome što za svoju orijentaciju u prostoru koriste ultrazvuk.

Postoje dva praga osjetljivosti ljudskog uha. Prvi je prag čujnosti, a drugi je prag bola. Ispitivanje se provodi povećavanjem intenziteta sinusnog tona do vrijednosti do koje slušač uhom zamijeti upadni val. Daljnjim povećavanjem intenziteta dolazimo do praga boli. Za različite frekvencije se dobiju različiti pragovi. Spajanjem tih točaka dobivaju se dvije krivulje, jedna za čujnost, druga za bol (slika 6.). [1]



Slika 6. Krivulje praga čujnosti (PČ) i boli (PB) te uobičajena područja jakosti za govor (G) i glazbu (M) [1]

Interval intenziteta zvuka koje ljudsko uho čuje je vrlo velik (oko $10^{14} W/m^2$). Zbog toga se jakost zvuka prikazuje pomoću logaritma relativne vrijednosti intenziteta. Dogovorno je prag čujnosti $I_0 = 10^{-12} W/m^2$ (kod 1 Hz). Za neku jakost zvuka I iskazuje se razina jakosti zvuka J izražena u (deci)belima:

$$J = \log I/I_0 (B) = 10 \log I/I_0 (dB) \quad (2.8)$$

U tablici 1. su navedeni neki izvori zvuka i šuma ili buke s pripadnom razinom jakosti zvuka.

Tablica 1.

Izvor zvuka	J (dB)
Tišina	0-20
Šum lišća	30
Razgovor (na udaljenosti 5m)	50
Automobili (brzine 50 km/h na udaljenosti 8m)	70
Simfonijski orkestar (fortissimo)	80
Diskoteka (unutar prostorije)	90
Zrakoplov (uzlijetanje na 100m udaljenosti)	110

3. Ultrazvuk

Kao što je ranije napomenuto, zvukovi frekvencije iznad 20 kHz do oko 10 MHz spadaju u područje ultrazvuka. Izvori ultrazvuka pretvaraju električne titraje u mehaničke, a to postižu na temelju piezoelektričnih svojstava tvari. Piezoelektričnost je pojava gdje nastaje električna polarizacija kao posljedica mehaničke deformacije (u kristalima). To je poznatije kao piezoelektrični efekt. Pomoću izravnog piezoelektričnog efekta možemo detektirati ultrazvuk. [3]

3.1. Nastanak ultrazvuka

Inverzni piezoelektrični efekt je pojava kada djelovanjem električnog polja na piezoelektrični kristal nastaje deformacija kristala. On omogućuje dobivanje titranja kristala u ultrazvučnom području.

Najvažniji piezoelektrični kristali u primjeni ultrazvuka su kremen (kvarc), turmalin i monokalij-fosfat. Svima je zajedničko da nemaju centar simetrije. [3]

3.1.1. Elektrostrikcija

Najrasprostranjeniji generator ultrazvuka je kvarcni generator čiji se rad zasniva na piezoelektričnom efektu. Stavljanjem pločica u izmjenično električno polje vrlo visoke frekvencije postiže se inverzni piezoelektrični efekt – elektrostrikcija. Kada se frekvencija izmjeničnog napona poklopi s vlastitom frekvencijom kvarcne pločice, dolazi do rezonancije. Zbog rezonancije, pločica titra velikom amplitudom i proizvodi ultrazvučne valove. Upotrebom turmalina mogu se dobiti ultrazvučne oscilacije i do nekoliko stotina MHz. [3]

3.1.2. Magnetostrikcija

Ultrazvuk se pomoću ove metode dobiva djelovanjem magnetnog polja nekih materijala (kobalt, nikal, željezo). Ti materijali se u magnetnom polju skraćuju. Ako se štap načinjen od tih materijala stavi u promjenljivo magnetno polje, tada uz propuštanje izmjenične struje odgovarajuće frekvencije, dolazi do rezonantnog longitudinalnog titranja. [3]

3.2. Primjena ultrazvuka

3.2.1. Medicina

Ultrazvuk se široko primjenjuje u skoro svim granama medicine zbog svoje prodornosti i interakcije s tkivom. Primjena ultrazvuka u medicini možemo naći u dijagnostici, terapiji i kirurgiji.

Ultrazvučni valovi se usmjeravaju na organe pomoću sonde koja reflektira zvuk i stvara sliku. Ultrazvuk se nije pokazao štetnim za ljudski organizam pa se pretrage mogu ponavljati više puta. U medicini se koristi ultrazvuk slabe jačine.

U medicinskoj dijagnostici, upotrebljavaju se kratki impulsi ultrazvuka sa sadržanim spektrom frekvencija. Centralna frekvencija tog spektra naziva se radnom frekvencijom. Ljudsko tkivo nije homogeno pa pri prolazu ultrazvučnih valova kroz tkivo dolazi do refleksije, refrakcije, difrakcije i apsorpcije energije. Refleksija ovisi o karakterističnoj akustičnoj impedanciji sredstva gdje se ultrazvuk reflektira. Karakteristična akustična impedancija definira se kao omjer trenutnog zvučnog tlaka i brzine titranja čestica uzrokovane tim tlakom. Kut refrakcije na granici između sredstava ovisi o omjeru brzina širenja u tim sredstvima. Impedancije i brzine se vrlo malo razlikuju u mekim tkivima, dok je impedancija kostiju 2-3 puta veća od impedancije mekog tkiva. U plinovima, impedancija je 5 puta manja. Prigušenje ultrazvuka je 10 puta manje u mekim tkivima nego kostima i plućima. Difrakcija i apsorpcija ultrazvuka rastu s frekvencijom pa se za abdominalne preglede koriste frekvencije od oko 3 MHz, a za pretrage vrata ili dojke od oko 5-7 MHz. Viša frekvencija omogućuje raspoznavanje detalja na slici. Niže frekvencije su prodornije. U praksi se upotrebljava najviša moguća frekvencija, a da je još uvijek dovoljno prodorna. Ultrazvuk se također koristi u praćenju razvoja ploda tijekom trudnoće, iako se nije pokazao pouzdanim.



Slika 7. Ultrazvuk jetre [4]



Slika 8. a) lijevo: beba s dijagnozom gastroschisis [5], b) desno: zdrava beba [6]



Slika 9. Ultrazvuk uređaj [7]

U fizikalnoj medicini i rehabilitaciji ultrazvuk se koristi kao terapija. Princip rada je na vibracijama frekvencija od 0,5-5 MHz koje svoju mehaničku energiju pretvaraju u toplinsku. Ovdje se radi o mikro masaži i mehaničkom stezanju i rastezanju tkiva. Uređaj za takvu primjenu ultrazvuka sastoji se od generatora izmjenične struje frekvencije 800 kHz. Na glavi aplikatora smješten je kristal čija polarizacija dovodi do njegovog titranja iste frekvencije. Tako se dobiva ultrazvuk.

Gelovi, ulja i ostala kontaktna sredstva se koriste kako bi se izbjegao zrak u naborima kože. Zbog mogućeg mehaničkog oštećenja tkiva, doze ne prijelaze 2 W/cm^2 površine glave aplikatora. Ultrazvuk se može upotrebljavati i u vodi uz frekvenciju od 800-1000 kHz. [3]



Slika 10. Primjena ultrazvuka u rehabilitaciji [8]

3.2.2. Navigacija

Sonari su podvodni električni detektori podvodnih objekata. Pomoću njih možemo otkriti udaljenost, smjer i dubinu pokretnih (jata riba, podmornice...) i nepokretnih objekata (hridi, potopljeni brodovi, podvodne mine...). Rade na principu ultrazvučnih valova kroz vodu. Odašilju impuls koji se odbije te ga prime kao jeku. Na temelju toga se odredi udaljenost objekta, smjer, a ponekad i dubinu.

Sonari su vrlo važni za navigaciju pod vodom, podvodnu vezu i za geografska istraživanja oceana. [9]

3.2.3. Parking senzori

Parking senzori su uređaji koji pomažu vozačima odrediti prepreke na kolniku ili parkiralištu. Ovi uređaji sadrže ultrazvučne detektore kako bi izmjerili blizinu prepreke. Radi na već ranije spomenutom principu. Odašilje ultrazvučne valove, mjeri vrijeme njihovog povratka te izračuna udaljenost prepreke. Ovisno o rezultatu, uređaj obavijesti vozača o potencijalnoj prepreci. [10]

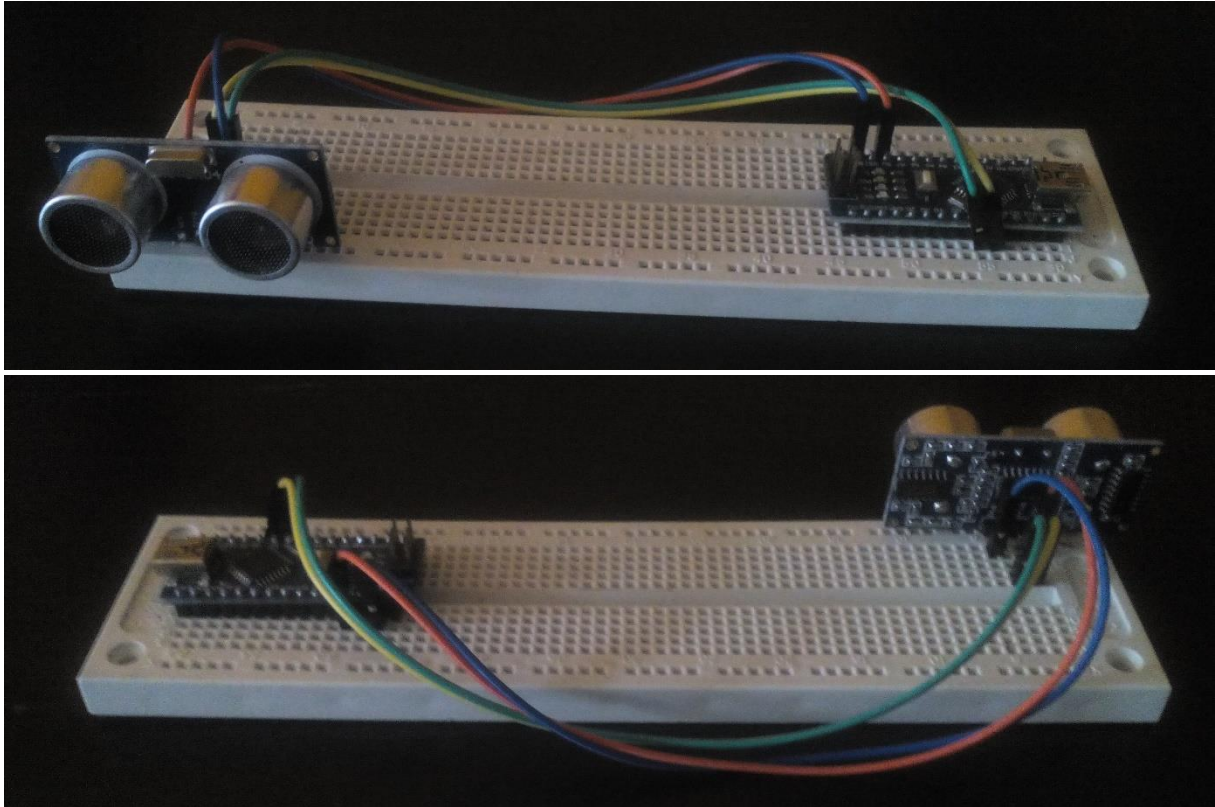


Slika 11. a) lijevo: komplet parking senzora [11], b) desno: parking senzori na autu [12]

4. Primjer ultrazvučnog uređaja u kućnoj izradi

U ovome radu prikazana je implementacija primjene ultrazvuka na uređaju za mjerenje udaljenosti.

Uređaj se sastoji od Arduino Nano mikročipa na kojeg je spojen ultrazvučni senzor. U mikročip je upisan program koji će pritiskom na tipku start u aplikaciji pokrenuti odašiljanje ultrazvuka. Zatim će izmjeriti vrijeme koje je potrebno signalu da dođe do prepreke, odbije se i vrati nazad u senzor. Uz poznatu brzinu zvuka i izmjereno vrijeme, program izračuna udaljenost objekta.

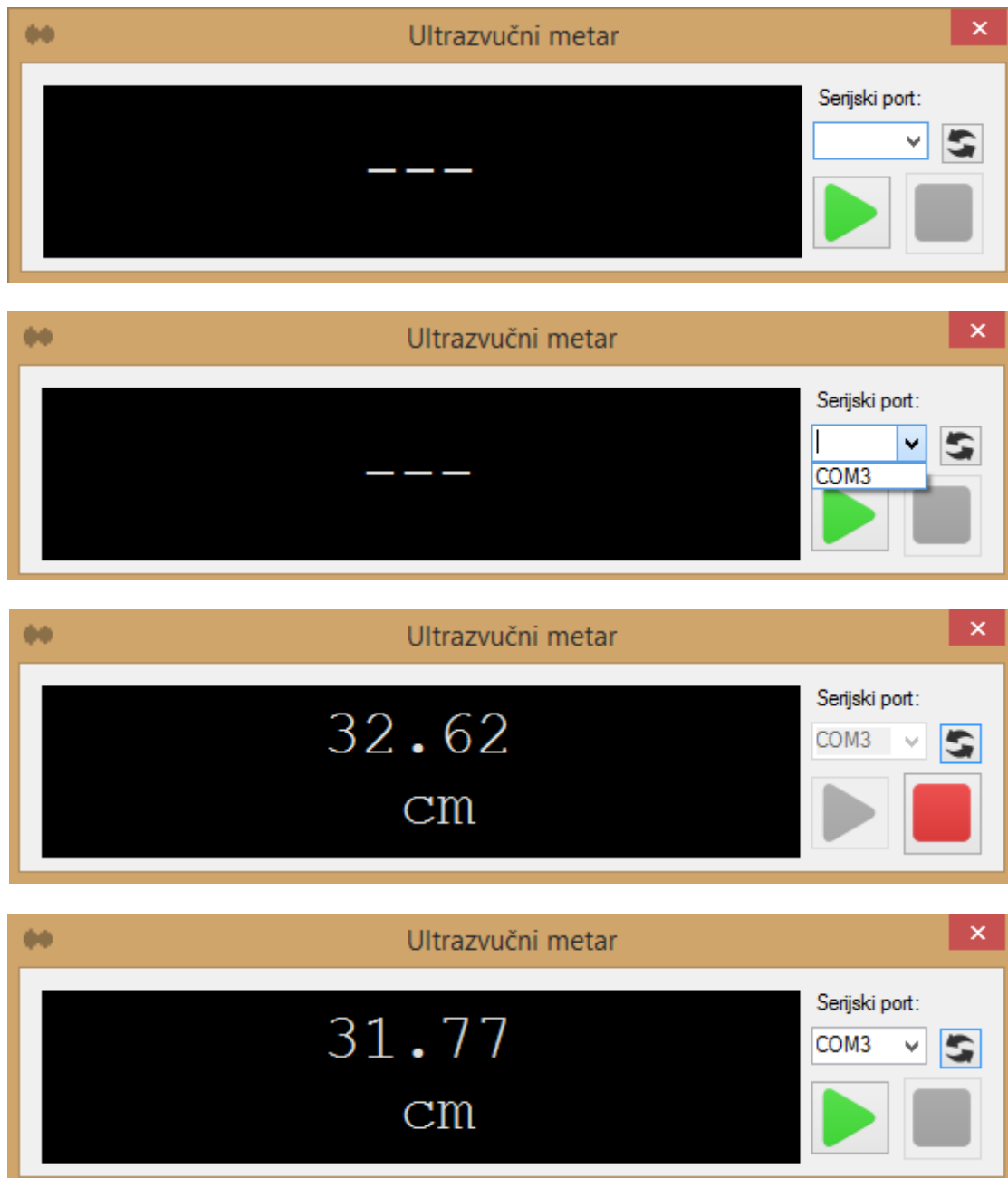


Slika 12. Uređaj za mjerenje udaljenosti ultrazvukom

Programski kod za rad uređaja se sastoji od dva dijela. Prvi dio, koji se učitava u mikročip, napisan je u programskom jeziku C. Drugi dio je grafičko korisničko sučelje (GUI) programirano u Visual Basicu. Pokretanjem programa, pokreće se grafičko sučelje koje preko serijskog porta (USB) komunicira s mikročipom. Mikročip izmjerenu udaljenost vraća preko USB-a nazad aplikaciji koja rezultat ispisuje na ekranu.

4.1. Izgled i rad aplikacije

Pokretanjem aplikacije otvara se prozor koji se sastoji od područja za prikaz rezultata, ComboBox-a za odabir serijskog porta te gumbova za start, stop i refresh (slika 13.a). Nakon odabira porta, pritiskom na zeleni gumb (start) pokreće se mjerenje udaljenosti (slika 13.b). Na slici 13.c je prikazana aplikacija u radu. Pomicanjem uređaja bliže ili dalje od željenog objekta, mijenjat će se rezultat na crnom području. Kada je aplikacija u radu, moguće ju je zaustaviti pritiskom na crveni gumb (stop). Ako se rad aplikacije zaustavi, pritiskom na gumb refresh, briše se stari rezultat i dobiva se mogućnost za ponovnim odabirom porta (slika 13.d).



Slika 13. a) početni izgled aplikacije, b) odabir serijskog porta i početak mjerenja, c) aplikacija u radu i zaustavljanje mjerenja, d) zaustavljen rad aplikacije

4.2. Kodovi aplikacije

4.2.1. Programski jezik C

```
#define echoPin 7
#define trigPin 8

int maximumRange = 500;
int minimumRange = 1;
float duration, distance;
void setup() {
  Serial.begin (9600);
  pinMode(trigPin, OUTPUT);
  pinMode(echoPin, INPUT);
}

void loop() {
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  delayMicroseconds(2);

  digitalWrite(trigPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);

  digitalWrite(trigPin, LOW);
  duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
  distance = duration/58.8;

  if (distance >= maximumRange || distance <= minimumRange){
  Serial.println("-1");
  }
  else {
  Serial.println(distance);
  }
  delay(200);
}
```

4.2.2. Visual Basic

```
Imports System
Imports System.IO.Ports

Public Class Form1
    Dim NoResult As String = "---"
    Dim d As String

    Private Sub Form1_Load(sender As Object, e As EventArgs) Handles MyBase.Load
        lblResult.Text = NoResult
        SetState("stop")
        GetPorts()
    End Sub

    Private Sub SetState(state As String)
        Select Case state
            Case "stop"
                btnStart.Enabled = True
                btnStop.Enabled = False
            Case "start"
                btnStart.Enabled = False
                btnStop.Enabled = True
        End Select
    End Sub

    Private Sub btnStart_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles btnStart.Click
        SetState("start")

        Try
            SerialPort1.PortName = cbSPort.Text
            SerialPort1.Open()
        Catch ex As Exception
            MsgBox("Greška prilikom spajanja na uređaj",
                MsgBoxStyle.Critical + MsgBoxStyle.OkOnly, "Greška")
            SetState("stop")
            GetPorts()
            Exit Sub
        End Try
        Timer1.Enabled = True
        cbSPort.Enabled = False
    End Sub

    Private Sub btnStop_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles btnStop.Click
        SetState("stop")
        SerialPort1.Close()
        Timer1.Enabled = False
        cbSPort.Enabled = True
    End Sub
End Class
```

```

    Private Sub SerialPort1_DataReceived(sender As Object, e As
IO.Ports.SerialDataReceivedEventArgs) Handles
SerialPort1.DataReceived
        d = SerialPort1.ReadLine
    End Sub

    Private Sub Timer1_Tick(sender As Object, e As EventArgs)
Handles Timer1.Tick
        SetResult()
    End Sub

    Public Sub SetResult()
        lblResult.Text = d & " cm"
    End Sub

    Private Sub GetPorts()
        cbSPort.Text = ""
        cbSPort.Items.Clear()
        Dim ports As String() = SerialPort.GetPortNames()
        Dim port As String
        For Each port In ports
            cbSPort.Items.Add(port)
        Next
    End Sub

    Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As EventArgs)
Handles Button1.Click
        GetPorts()
    End Sub
End Class

```

5. Zaključak

Val je prijenos energije bez prijenosa materije. Zvuk se prenosi kao longitudinalni val, pri čemu čestice zraka titraju u pravcu širenja zvuka. Područje fizike koja se bavi opisivanjem zvuka, načina dobivanja zvuka te zakonima širenja zvuka naziva se akustika. Ultrazvuk je longitudinalni val frekvencije iznad granice čujnosti ljudskog uha, tj. iznad 20 000 Hz.

U ovom radu predstavljen je uređaj kućne izrade za mjerenje udaljenosti raznih objekata, čiji se rad zasniva na ultrazvuku. Zbog svoje jednostavnosti, može se izraditi u svakoj školi i pomoći učenicima da lakše shvate gradivo. Objedinjuje znanje o fizici (akustici), elektrotehnici sa vještinama programiranja.

U današnje vrijeme, primjena ultrazvuka je vrlo važna i raširena; od otkrivanja bolesti u ranijim stadijima, do navigacije na kopnu, u moru, i sl. Daljnjim razvojem tehnologije, njegova primjena bit će još i veća.

6. Literatura

- [1] Osnove fizike 3: Valovi i optika, Josip Planinić, Osijek: Filozofski fakultet, 2005.
- [2] [URL]: http://2012books.lardbucket.org/books/principles-of-general-chemistry-v1.0/section_10/1fd32a5a7af89ce657a1129e583d47be.jpg
- [3] [URL]: <https://en.wikipedia.org/wiki/Ultrasound>
- [4] [URL]: <http://www.lahey.org/assets/0/71/511/95/219/609/138a2405-1ffc-4c93-8c9d-63bc882a9b85.jpg>
- [5] [URL]: http://imed.ro/articole/473_f01.jpg
- [6] [URL]: https://internationalwhalewhisperer.files.wordpress.com/2012/07/ultrasound_2.jpg
- [7] [URL]: <http://medinstrum.com/wp-content/uploads/2014/01/Ultrasound-Machine-300x241.jpg>
- [8] [URL]:
- [9] [URL]: http://www.fizikalnaterapija.com.hr/images/samples/image_008600.jpg
- [10] [URL]: <https://en.wikipedia.org/wiki/Sonar>
- [11] [URL]: https://en.wikipedia.org/wiki/Parking_sensor
- [12] [URL]: <http://g01.a.alicdn.com/kf/HTB12UBAJpXXXXXiXXXXq6xXFXXv/Car-LED-parking-sensor-kit-for-all-cars-reverse-assistance-backup-radar-monitor-system-car-detector.jpg>
- [13] [URL]: <http://jkstyl.auto.pl/foto/zderzakCzujki.JPG>

7. Životopis

Margareta Indra Ljubek rođena je 10.05.1991. u Varaždinu. Tamo je završila osnovnu školu i gimnaziju (prirodoslovno matematički smjer). Godine 2011. upisala je preddiplomski studij fizike na Odjelu za fiziku Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku. Trenutno je upisana u 6. semestar.

Ima dvogodišnju kći Antoniju i trenutno boravi u Zagrebu.