

# Detektor buka

Fakultet elektrotehnike i računarstva, Sveučilišta u Zagrebu  
Zavod za električne sustave i obradu informacija  
Sveučilište u Zagrebu



- △ Svim zainteresiranim
- △ Dio projekta „Pametna kuća“
- △ Frekvencijska analiza zvuka
- △ Korištenje mikrofona, senzora i platforme Arduino

## Sažetak

Zvuk je mehanički val frekvencija od 16 Hz do 20 kHz, nastaje periodičnim titranjem izvora zvuka koji u neposrednoj okolini mijenja tlak sredstva. U ovom projektu detektira se zvuk koji je veći od maksimalne dozvoljene vrijednosti, te se kao posljedica toga pali LED dioda koja upozorava na pojavu buke.

U MATLAB okruženju implementiran je algoritam koji preko frekvencijskih karakteristika iscrtava razinu jakosti buke. Objasnjen je i način lociranja izvora zvuka, pretežito metoda triangulacije, odnosno mjerjenje udaljenosti izvora zvuka od senzora, koja je u području ovog rada najpogodnija.

Nadalje, sklopovski je izrađen i programski implementiran senzor za detekciju buke, koji u stvarnom vremenu prima zvučne signale iz okoline, obrađuje ih, te u slučaju prelaska referentne razine zvuka, pomoću LED dioda daje povratnu informaciju.

## Sadržaj

SAŽETAK .....	1
1. UVOD .....	3
2. ZVUK .....	4
1.1. Ljudski govor i sluh .....	5
1.2. Frekvencijska analiza .....	6
1.2.1. Programski kod implementiran u MATLAB-u .....	10
3. LOCIRANJE IZVORA ZVUKA .....	11
1.3. Princip lociranja zvuka koristeći metodu triangulacije .....	12
4. PRAKTIČNI RAD .....	15
1.4. Opis sustava .....	15
1.5. Korišteno sklopovlje .....	15
1.5.1. Arduino Uno .....	15
1.5.2. Mikrofon .....	16
1.5.3. Svetleće (LED) diode .....	17
1.5.4. Ostale komponente .....	17
1.6. Izgled sustava .....	18
1.7. Programska realizacija sustava .....	18
5. ZAKLJUČAK .....	23
6. LITERATURA .....	24

Ovaj seminarski rad je izrađen u okviru predmeta „Sustavi za praćenje i vođenje procesa“ na Zavodu za elektroničke sisteme i obradbu informacija, Fakulteta elektrotehnike i računarstva, Sveučilišta u Zagrebu.

Sadržaj ovog rada može se slobodno koristiti, umnožavati i distribuirati djelomično ili u cijelosti, uz uvjet da je uvijek naveden izvor dokumenta i autor, te da se time ne ostvaruje materijalna korist, a rezultirajuće djelo daje na korištenje pod istim ili sličnim ovakvim uvjetima.

## 1. Uvod

Moderna tehnologija zadnjih nekoliko desetljeća bilježi eksponencijalan rast i razvoj te smo svjedoci primjene moderne tehnologije u svim aspektima ljudskog života.

Današnja tehnologija nam je omogućila mnoge stvari i uređaje poput pametnih telefona (eng. *smartphone*), pametnih satova (eng. *smartwatch*), pametnih hladnjaka pa čak i pametnih električnih četkica za zube. Pridjev „pametno“ predstavlja implementaciju računala u određenu napravu te na takav način objedinjuje veći broj različitih funkcija te otvara mogućnosti za razvoj mnogih drugih.

Pojam pametne kuće predstavlja kuću s ugrađenim centralnim upravljačkim sustavom koji upravlja sa sustavima grijanja, hlađenja, rasvjete, multimedije, sigurnosti i mnogih drugih. Sve informacije na osnovu kojih centralni upravljački sustav upravlja ostalim sustavima dolaze iz raznih senzorskih sustava instaliranih po cijeloj kući.

Jedan od parametara koji se može iznimno lako i kvalitetno izmjeriti je zvuk. Stoga, cilj ovog projekta je realizacija senzorskog sustava za kontinuirano detektiranje buke u prostoriji, primjerice u knjižnici. Navedeni senzorski sustav se sastoji od mikrofona, razvojne platforme Arduino Uno te ukupno tri LED diode za indikaciju razine buke.

Princip rada senzorskog sustava se zasniva na kontinuiranom mjerenuju razine buke te ako izmjerena razina zvuka prelazi referentnu vrijednost, sustav, u obliku LED dioda, upozorava na nedopuštenu razinu buke u prostoriji. Osim detekcije buke, objašnjena je metoda triangulacije, odnosno metoda lociranja izvora zvuka.

## 2. Zvuk

Zvuk je mehanički val frekvencija od 16 Hz do 20 kHz, to jest u rasponu u kojem ga čuje ljudsko uho. Zvuk frekvencije niže od 16 Hz naziva se infravukom, zvuk frekvencije više od 20 kHz ultrazvukom, a ako je frekvencija viša od 1 GHz, hiperzvukom. Nastaje više ili manje periodičnim titranjem izvora zvuka koji u neposrednoj okolini mijenja tlak sredstva (medija), poremećaj tlaka prenosi se na susjedne čestice medija i tako se širi u obliku uglavnog longitudinalnih valova u plinovima i kapljevinama i longitudinalnih i transverzalnih valova u krutinama. Brzina zvuka uglavnom ovisi o gustoći i elastičnim silama u krutinama i kapljevinama a u plinovima o gustoći, temperaturi i tlaku.

Zvuk se širi bez prijenosa mase, ali se zvukom prenose Impuls sile i energija. U svezi s tim, definiraju se jakost, razina jakosti, glasnoća i razina glasnoće zvuka (akustika).

Zvučni val se kroz različite medije kreće različitim brzinama. U zraku, taj se val, kreće brzinom od približno 343 m/s. Zvuk je određen, kao i ostali valovi, dvjema fizikalnim veličinama, frekvencijom i valnom duljinom.

Jakost zvuka (oznaka  $I$ ) je fizikalna mjerna veličina koja opisuje energiju zvučnoga vala u vremenskom razdoblju (intervalu) kroz površinu okomitu na smjer širenja vala.

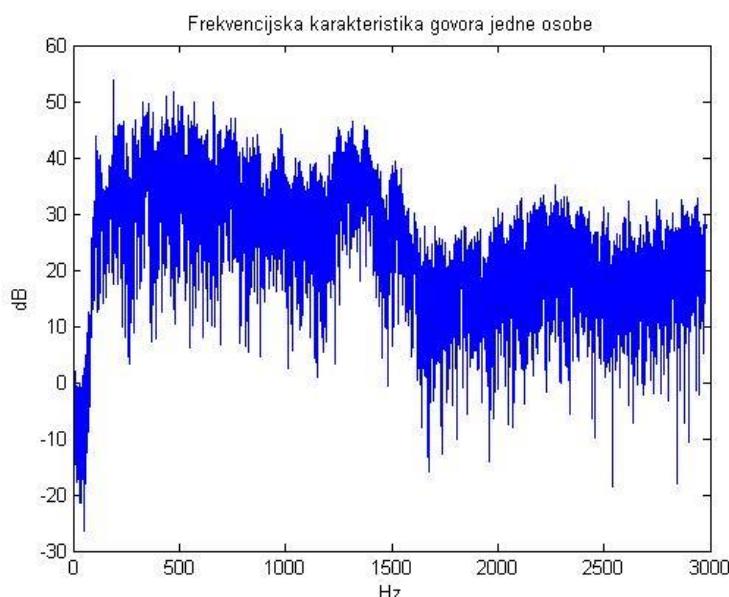
Decibel (oznaka dB) je decimalna jedinica brojčane jedinice bel iznimno dopuštene izvan SI sustava. Decibel je jedinica razine neke fizikalne veličine (razine snage, napona, struje, jakosti zvuka i drugog).

U ovom projektu detektira se buka koja je u veća od maksimalne dozvoljene u određenoj prostoriji, te paljenjem LED-ice na to obavještava prisutne. Buka je vrlo glasni, čovjeku neugodni zvuk. Osnovne značajke buke sadržane su u njezinoj jačini (intenzitetu), ali i u njezinoj kakvoći (dodatni šumovi), visini, trajanju, isprekidanosti ili kontinuiranosti. Senzor za detekciju buke je izrađen za prostorije gdje je potrebna tišina poput knjižnice, čekaonice i sl.

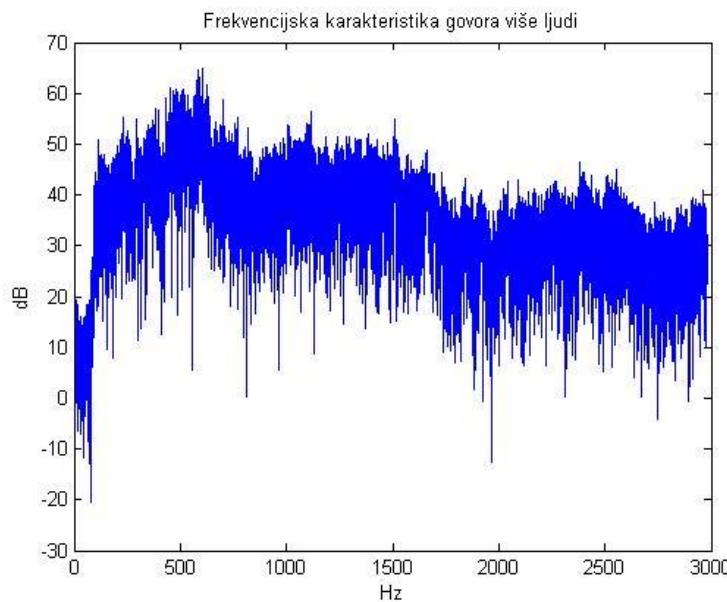
## 1.1. Ljudski govor i sluh

Raspon jakosti zvuka koje čovjekovo uho može čuti je od 20 dB do 140 dB. Sva jakost iznad toga može dovesti do trajnog oštećenja sluha. U nekim zemljama radnici koji rade na dnevnoj bazi u okruženju gdje je zvuk konstantno iznad 80 dB, pravno su dužni nositi slušalice za zaštitu.

Što se tiče ljudskog govora, budući da muškarci tipično imaju dublji glas, raspon govora dijelimo na muški i ženski raspon frekvencija. Osnovna frekvencija muškog govora je između 100 Hz do 900 Hz. Kod žena je osnovna frekvencija govora između 350 Hz i 3 kHz. Ono što mi čujemo i što smatramo govorom pokriva frekvencijsko područje od 300 Hz do 3 kHz. To područje koristi se i pri telefoniranju i na tome području je ljudsko uho najosjetljivije.



Slika 1: Frekvencijska karakteristika govora jedne osobe

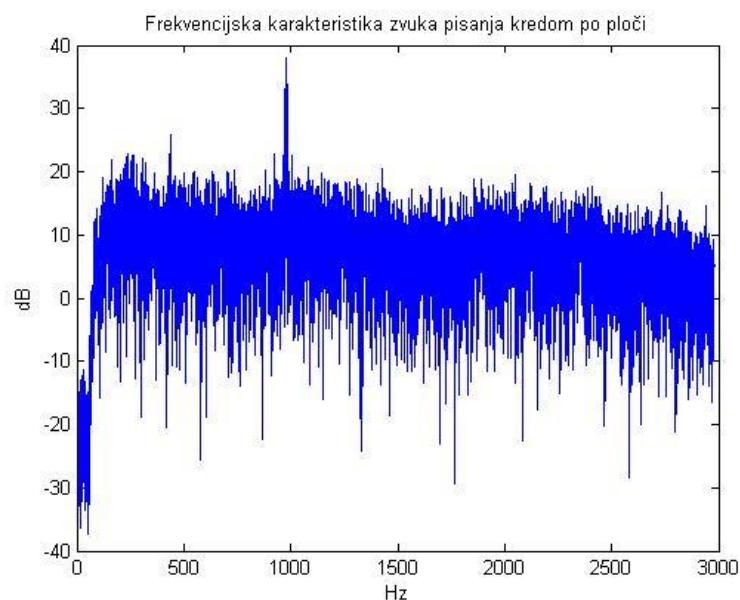


Slika 2: Frekvencijska karakteristika govora više ljudi

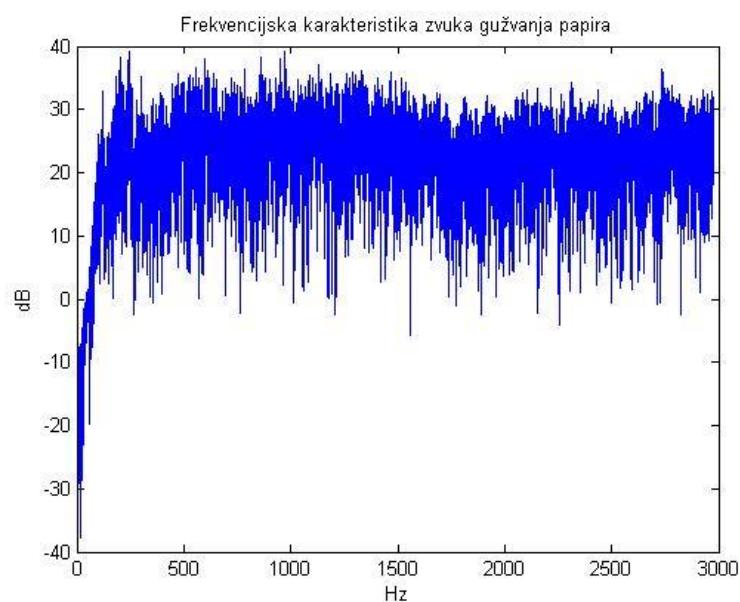
Na frekvencijskim karakteristikama govora jedne osobe i više ljudi vidljivo je koje frekvencijsko područje obuhvaća ljudski govor. Kod govora više ljudi vidljivo je da su na nekim frekvencijama amplitude veće u odnosu na ostale. Normalni ljudski govor je jakosti 60 dB, ali razlog tome što na širem frekvencijskom području nemamo jakost jednaku ili približnu 60 dB je taj što su osobe u trenutku snimanja bile različito udaljene od izvora snimanja pa je zbog toga i jakost očekivano manja.

## 1.2. Frekvencijska analiza

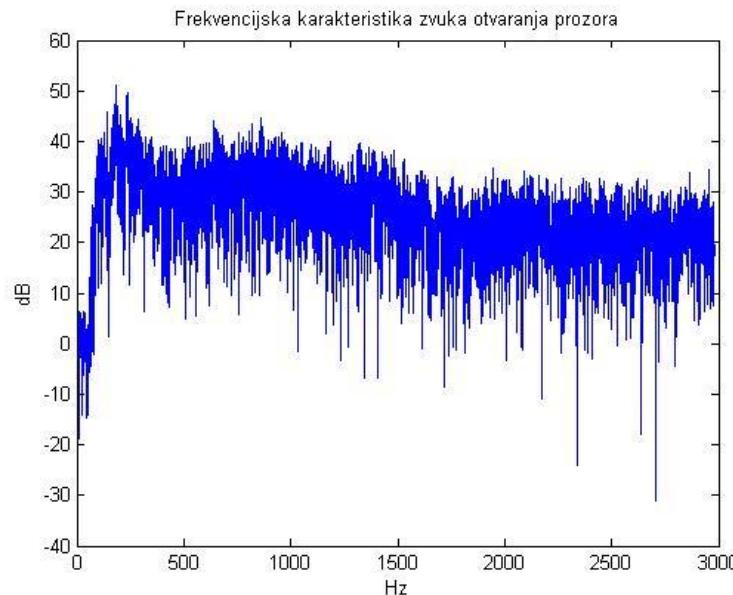
Mobitelom su snimani karakteristični zvukovi koji bi mogli biti potencijalni izvori buke u nekoj prostoriji kao npr. ljudski govor, otvaranje prozora, pisanje kredom po ploči, povlačenje stolice,... Za mjerjenje jačine karakterističnih zvukova korištena je aplikacija na mobitelu. Snimljeni zvukovi na mobiteli iskorišteni su i za frekvencijsku analizu u MATLAB-u. Napravljena je diskretna Fourierova transformacija (DFT) nad tim zvukovima, a rezultati su prikazani na sljedećim slikama:



Slika 3: Frekvencijska karakteristika zvuka pisanja kredom po ploči



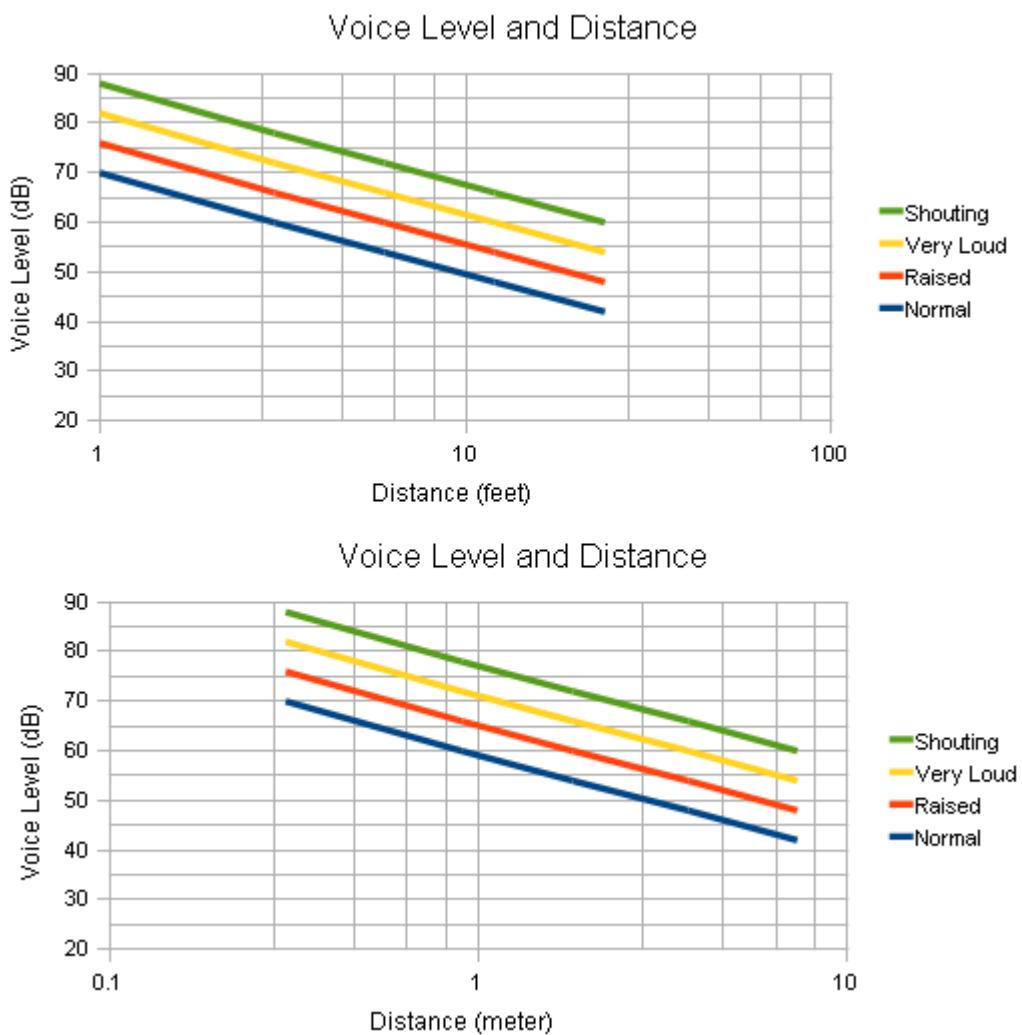
Slika 4: Frekvencijska karakteristika zvuka gužvanja papira



Slika 5: Frekvencijska karakteristika zvuka otvaranja prozora

Na frekvencijskim karakteristikama uvijek postoje zvukovi jakosti koji su po iznosu različiti od 0. Više je razloga zbog čega je to tako. Jedan od razloga tome je prostorija u kojoj su snimani ti zvukovi. Za prave rezultate mjerjenja potrebno je provesti mjerjenje u potpunoj tišini i u prostoriji koja je dobro zvučno izolirana. Drugi razlog je nesavršenost mikrofona, točnije šum koji se čuje prilikom snimanja svakog karakterističnog zvuka.

Također na mobitelu, koji smo koristili za ovaj projekt, ne mogu se snimati zvukovi čija je jakost veća od 70 dB. Još jedan bitni ograničavajući faktor je i udaljenost od izvora snimanja zvuka. Pri udaljavanju od izvora zvuka, jakost zvuka opada dosta velikom brzinom. Na sljedećoj slici prikazana je veza između udaljenosti i jakosti zvuka u dB.



Slika 6: Veza jakosti zvuka i udaljenosti

Referentna razina zvuka postavljena je na 52 dB i iz slike je vidljivo da na udaljenosti manjoj i od 10 metara, jakost zvuka normalnog govora bude približna referentnoj.

## 1.2.1. Programski kod implementiran u MATLAB-u

```
[y,fs]=audioread('ime.mp3');

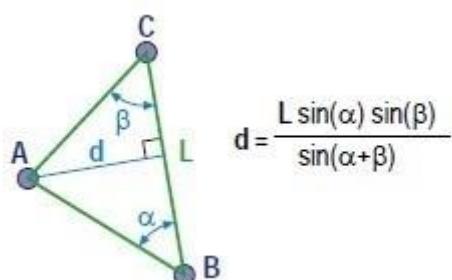
t=linspace(0,length(y)/fs,length(y));

Nfft=length(y);
f=linspace(0,fs,Nfft);
Y=(fft(y,Nfft));
G=20*log10(abs(Y));

figure;
plot(f(1:Nfft/14,G(1:Nfft/14.8));
title('Frekvencijska karakteristika zvuka
pisanja kredom po ploči');
xlabel('Hz');
ylabel('dB')
```

### 3. Lociranje izvora zvuka

Triangulacija je metoda koja se zasniva na geometrijskim načelima trokuta i kao takva ima široku primjenu (navigacija, meteorologija, astronomija, itd.). Primjerice, ukoliko se nalazimo na određenoj poziciji (A) te znamo točne pozicije referentnih točaka (B,C), jednostavnim računom možemo doći do točne pozicije mesta na kojem se nalazimo (slika 7).



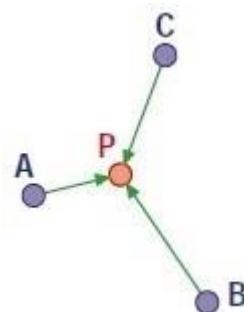
Slika 7: Primjena osnovnih geometrijskih načela trokuta

Postoje dva načina kojim možemo doći do informacije o lokaciji izvora zvuka: određivanjem kuta dolaznog signala ili izračunavajući udaljenost izvora signala od senzora (mikrofona na poznatoj lokaciji).

Određivanje kuta dolaznog signala se zasniva na točnom mjerenuju razlike faza odaslanog i primljenog signala. Nadalje, kako ovaj način nije pogodan za zatvorene prostore i sama izvedba sklopolja je komplikirana, ova metoda nije pogodna za realizaciju sustava za lociranje zvuka.

Metoda izračuna udaljenosti izvora od senzora se zasniva na razlici vremena odaslanog i primljenog signala te brzini širenja signala kroz određeni medij. U konačnici, množenje razlike vremena i brzine širenja signala dolazimo do tražene udaljenosti (*slika 8, lijevo*).

Ukoliko se izvrši navedeni izračun za minimalno tri senzora, jednostavnim prikazom kružnica u 2-D prostoru koje predstavljaju udaljenost izvora od senzora, dobije se točna pozicija izvora zvuka (*slika 8, desno*).



Slika 8: Udaljenost izvora od senzora prikazana strelicama

Glavna dva nedostatka navedene metode su potreba za sinkronizacijom internih satova svih uređaja uključenih u lociranje izvora i potreba za mjernim kanalom u svrhu signalizacije zvuka.

### **1.3. Princip lociranja zvuka koristeći metodu triangulacije**

Kao što je već spomenuto, kao najpogodniju metodu za lociranje izvora zvuka odabire se metoda triangulacije, odnosno mjerjenje udaljenosti izvora zvuka od senzora (mikrofona).

Mjerjenje udaljenosti se zasniva na mjerenu razlike vremena odaslanog i primljenog signala te brzini širenja signala kroz određeni medij. Izraz koji predstavlja jednostavan izračun udaljenosti glasi

$$d = \Delta t * v ,$$

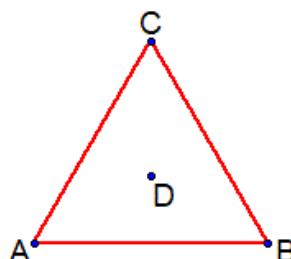
gdje je  $d$  udaljenost izvora signala od senzora,  $\Delta t$  razlika vremena između odaslanog i primljenog signala te  $v$  brzina zvuka koja ovisi o temperaturi medija u kojem se zvuk širi.

Uzimajući u obzir prepostavku da je zrak medij u kojem se zvuk širi, izraz za brzinu zvuka ovisnog o temperaturi glasi

$$v = v_0 + 0.62 * T$$

gdje je  $v_0$  brzina zvuka pri temperaturi od  $0 \text{ } ^\circ\text{C}$  ( $321.1 \text{ ms}^{-1}$ ) i  $T$  temperatura zraka izražena u Celzijevim stupnjevima.

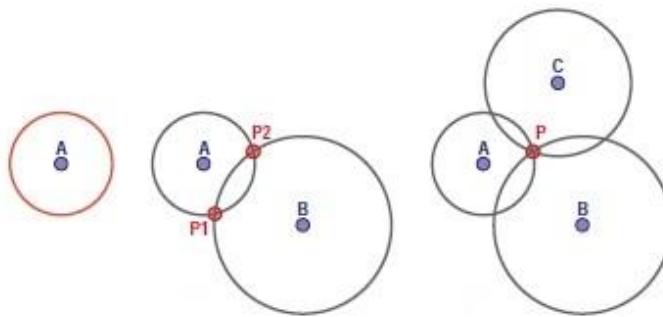
Uzimajući u obzir sve parametre potrebne za precizan izračun udaljenosti izvora zvuka, cjelokupni sustav se realizira pomoću procesorske jedinice za obradu podataka, termometra i ukupno četiri mikrofona, od čega su tri postavljena da čine oblik trokuta, dok je četvrti postavljen u sredini jednak udaljen od ostalih (*slika 9*).



Slika 9: Raspored mikrofona u 2-D prostoru

Nadalje, najzahtjevniji dio realizacije ovakvog sustava je dobivanje informacije o vremenu generiranja zvučnog signala na osnovu kojeg se vrši izračun udaljenosti izvora signala od ostalih senzora. Kako se ne zna točno gdje i kada će signal biti generiran, potrebno je koristiti zaseban kanal za signalizaciju istog.

Algoritam za mjerjenje se zasniva na konstantnom mjerenu razina zvuka na svim mikrofonima. Kada dođe do generiranja zvuka, mikrofon koji je najbliži izvoru prvi detektira zvučni signal te se na takav način detektira početak zvučnog signala. Slijedno, nakon određenog vremena ostali mikrofoni detektiraju zvučni signal. Razlikom vremena početka zvučnog signala i vremena potrebnog da se detektira zvučni signal na ostalim mikrofonima dolazi se do informacije o udaljenosti zvučnog signala od svakog od ostala tri mikrofona.



Slika 10: Primjer izračuna lokacije izvora zvuka

Na *slici 10.* je vidljiv primjer izračuna lokacije izvora zvuka spomenutim algoritmom i crtanjem kružnica koje predstavljaju izračunate udaljenosti od svakog mikrofona.

Ipak, postoji nekoliko zahtjeva za implementaciju ovakvog algoritma u sustav za lokalizaciju izvora zvuka. Prvi zahtjev je da svi senzori u sustavu budu sinkronizirani na jedan interni sat. Nadalje, kako za izračun svih parametara koristimo informacije dobivene sa senzora (termometar i mikrofoni), javlja se potreba za dovoljnom velikom procesorskom moći. Iznimno je bitno da procesorska jedinica točno i pravovremeno obrađuje informacije. Jednako je važno koristiti dovoljno dobar analogno-digitalni pretvornik s dovoljno velikom frekvencijom uzrokovana.

U konačnici, pretpostavka je da bi sustav za lokalizaciju izvora zvuka davao poprilično dobre rezultate. Vrijedi nadodati da ovakav sustav zahtjeva prostore koje ne bi sadržavale bilo kakve vrste prepreka koje bi onemogućile normalno širenje zvuka.

## 4. Praktični rad

### 1.4. Opis sustava

U ovom je radu sklopovski izrađen i programski implementiran senzor za detekciju buke. Senzor (mikrofon) u stvarnom vremenu prima zvučne signale iz okoline, obrađuje ih te daje povratnu informaciju.

Algoritam računa iznos razine buke u decibelima te taj iznos uspoređuje s nekim eksperimentalno dobivenim vrijednostima. Za umjeravanje detektora buke koriste se posebni uređaji, ali u nedostatku istog smo iskoristili mobilni uređaj, isti na kojem smo mjerili eksperimentalne vrijednosti jačine zvuka.

Kada u prostoriji nema buke, svijetli zelena LED dioda. Žuta LEDica zasvjetli za svaku razinu zvuka iznad 52 dB, dok crvena svijetli kad je prosjek jakosti iznad 52 dB u intervalu trajanja od barem 2 sekunde.

### 1.5. Korišteno sklopovlje

#### 1.5.1. Arduino Uno

Arduino je platforma otvorenog koda (eng. open source) koja se koristi za kreiranje elektroničkih prototipova. Nastao je 2005. godine, a razvijen je od strane talijanske kompanije SmartProjects. Sastoje se od sklopovlja i jednostavnog programskog paketa. Ključna komponenta Arduina je mikrokontroler, a najčešće koriste 8-bitne mikrokontrolere tvrtke ATMEL. Osim korištene Arduino Uno pločice, postoji više vrsta Arduino pločica, kao što su Leonardo, Nano, Mega, Pro, Diecimila, Robot, Esplora i dr. Svaka vrsta Arduino pločice razlikuje se u određenim svojstvima i mogućnostima za svoju namjenu. Najveća iskoristivost Arduino platforme očituje se u postojanju mnogih modula za brojne primjene.

Arduino Uno temelji se na Atmega328P mikrokontroleru. Ima šest analognih ulaza, četrnaest digitalnih ulazno-izlaznih pinova, interni oscilator frekvencije 16 MHz te 10-bitni analogno-digitalni pretvornik. Na

računalo se spaja USB konektorom. Ima i konektor za napajanje, podržava ICSP, a lako se resetira tipkom za reset.

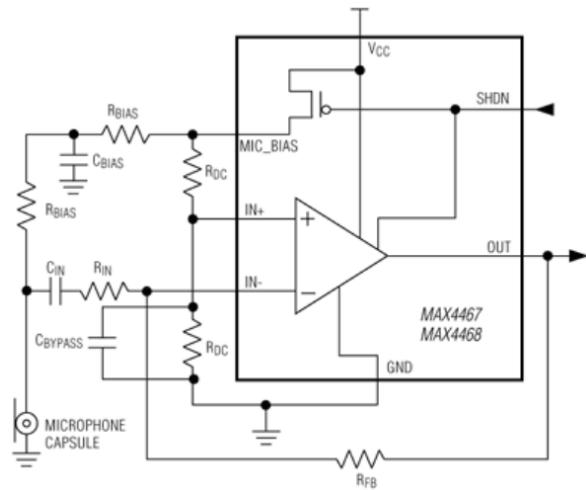


Slika 11: Arduino Uno razvojna platforma

### 1.5.2. Mikrofon

Pri odabiru mikrofona za projekt, zbog jednostavnosti i pouzdanosti, prednost smo dali već gotovom modulu kompatibilnom s Arduino platformom koji u sebi ima sklopolje za prilagodbu signala s mikrofona.

Ključni dio modula je prepojačalo MAX4466 s pojačanjem koje je moguće mijenjati potenciometrom na stražnjoj strani pločice. Pojačanje pojačala iznosi od 25 do 125 puta. Sama pločica ima tri pina; dva pina za napajanje (*ground* te *Vcc* od 2.4 do 5.5V) te analogni izlaz. Iz analognog izlaza izlazi signal prilagođen za analogno-digitalnu konverziju; na polu napona napajanja nalazi se nula stvarnog signala.



Slika 12: Gornja i donja strana mikrofona te shema sklopoljva

### 1.5.3. Svijetleće (LED) diode

LED diode su poluvodički elementi koji pomoću svojstva elektroluminiscencije, pretvaraju električni signal u optički. U ovom se projektu diode različitih boja koriste kao indikatori.



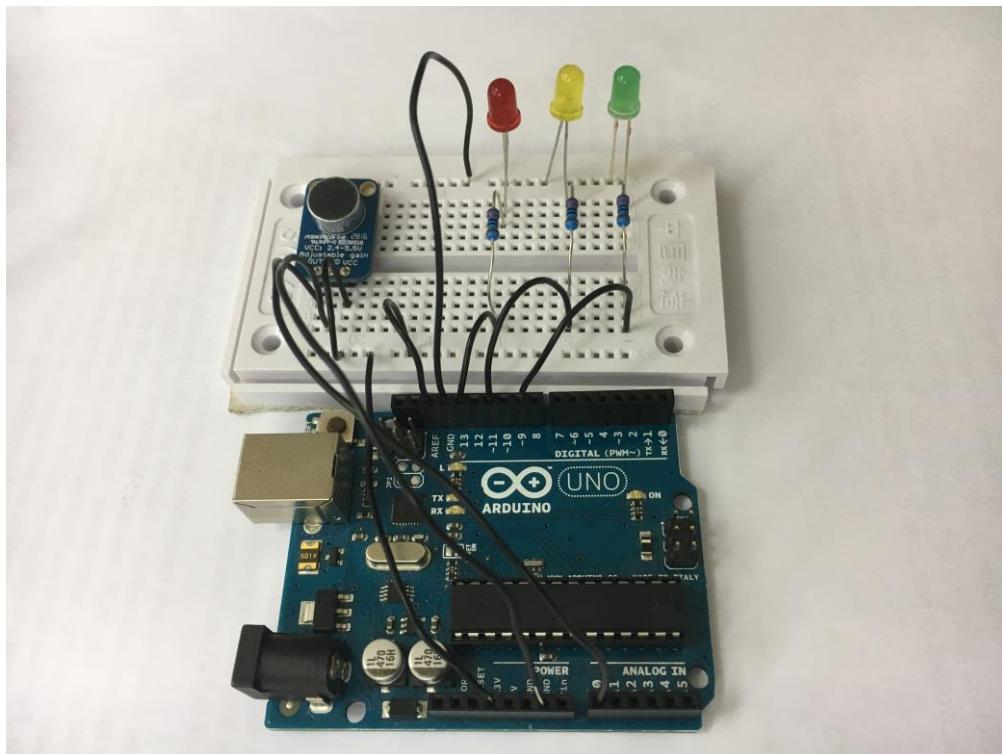
Slika 13: Crvena LED dioda

### 1.5.4. Ostale komponente

Od ostalih komponenata korišten je protoboard, žice te otpornici od  $220\ \Omega$ .

### 1.6. Izgled sustava

Potrebno je spojiti komponente prema sljedećoj slici. Mikrofon se spaja na analogni ulaz Arduina A0. Napajanje i referentni napon za analogno-digitalni pretvornik vučemo iz pina 3.3 V. Na digitalni izlaz 13 spaja se crvena LED dioda, na izlaz 11 žuta, te na izlaz 9 zelena.



Slika 14: Senzorski sustav za detekciju buke

### 1.7. Programska realizacija sustava

U prvom djelu programskog koda inicijalizirane su varijable te definirane neke konstante. Napravljene su dvije pretprocesorske funkcije za postavljanje i brisanje bitova kako bi se pojednostavio upis u registre za postavljanje analogno-digitalnog pretvornika. Postavljeni su izlazni digitalni pinovi za upravljanje LED diodama. Analogno-digitalni konverter postavljen je u takozvani *free-running mode*.

Izabran je takav način rada zbog toga što se na taj način omogućava očitavanje signala konstantnom brzinom, neovisno o ostatku procesa, što nije nužno slučaj kod analogRead() funkcije. S obzirom na to da se radi o očitavanju signala zvuka, to je neophodno za dobar rad algoritma. Kao referentni napon za analogno-digitalni pretvornik korišten je 3.3 V napon iz pločice koji je interno linearno stabiliziran. Takt je postavljen na 38 kHz, što je dovoljno za uzorkovanje većine audio frekvencijskog područja.

```
// konstante
#define AmpMax (1024 / 2)
#define MicSamples (1024*2)

int flag = 0;

// macros
#define cbi(sfr, bit) (_SFR_BYTE(sfr)
&= ~_BV(bit)) // bit clear
#define sbi(sfr, bit) (_SFR_BYTE(sfr)
|= _BV(bit)) // bit set

int cnt = 0; // brojac za prosjecnu
razinu zvuka
int dBsum = 0; // za prosjecnu razinu
zvuka
float dBavg; // dBavg = dBsum / cnt

void setup()
{
    pinMode(13, OUTPUT); // crvena
LEDica
    pinMode(11, OUTPUT); // zuta LEDica
    pinMode(9, OUTPUT); // zelena LEDica
    palizelenu();

    // ADC free running mode
    ADCSRA = 0xe0+7; // ADC enable, ADC
starz, ADC auto trigger, divider
    ADMUX = 0x0;
    analogReference(EXTERNAL); // 3.3V
referentni napon za ADC

    // namjestanje takta clocka
    sbi(ADCSRA, ADPS2);
    cbi(ADCSRA, ADPS1);
    sbi(ADCSRA, ADPS0);

    // serial
    Serial.begin(9600);
    while (!Serial);
}
```

U drugom dijelu koda napravljene su funkcije koje pale određenu LED diodu, odnosno gase žutu diodu.

```
void palizelenu() // paljenje zelene LEDice
{
    digitalWrite(13,LOW);
    digitalWrite(9, HIGH);
}

void palicrvenu() // paljenje crvene LEDice
{
    digitalWrite(9,LOW);
    digitalWrite(13, HIGH);
}
void palizutu() // paljenje zute LEDice
{

    digitalWrite(11, HIGH);
}
void gasizutu() // gasenje zute LEDice
{
    digitalWrite(11, LOW);
}
```

U glavnom dijelu koda nalazi se algoritam koji računa prosječnu jačinu zvuka te na temelju toga pali određenu LED diodu. U programu MjeriBuku prvo se očitava vrijednost s analogno-digitalnog pretvornika. Zatim se koristeći dobivene vrijednosti računa efektivna vrijednost ulaznog napona. Pomoću RMS vrijednosti te koristeći eksperimentalno dobivenu konstantu (dobivena umjeravanjem s mobitelom) računa vrijednost jačine zvuka u decibelima.

Kada jačina zvuka pređe određenu referentnu vrijednost (eksperimentalno dobivena vrijednost 52), u stvarnom vremenu se pali žuta LED dioda.

Sam algoritam za ispitivanje buke sastoji se od dva dijela; prvi dio mjeri prosječnu vrijednost signala tokom pola sekunde, dok drugi mjeri prosječnu vrijednost signala u slučaju da se pojavio neki signal iznad referentne razine te to mjerjenje provodi oko 2.5 sekunde. Ukoliko je tokom te 2.5 sekunde prosječna razina buke bila iznad referentne razine, pali se crvena LED dioda koja ostaje upaljena za vrijeme trajanja te kraće vijeme nakon završetka buke kao signalizacija izvoru buke. U slučaju kad buke nema, upaljena je zelena LED dioda. Upravljanje spomenutim procesima provodi se pomoću zastavice.

```
void loop()
{
    MjeriBuku();
}

void MjeriBuku()
{

    long soundVolRMS = 0;

    for (int i = 0; i < MicSamples; i++)
    {

        while (!(ADCSRA & _BV(ADIF))); // cekanje ADC-a
        sbi(ADCSRA, ADIF); // reset ADC
        byte m = ADCL; // fetch ADC data
        byte j = ADCH;
        int k = ((int)j << 8) | m;
```

```

int amp = abs(k - AmpMax);

    soundVolRMS += ((long)amp*amp);
}

soundVolRMS /= MicSamples;
float soundVolRMSfl = sqrt(soundVolRMS);

float dB = 20.0*log10(soundVolRMSfl/0.0198);

if (dB > 52) // pali zutu LEDicu ako je
signal veci od 52
    palizutu();
else gasizutu();

dBsum += dB; // suma signala za racunanje
prosjeka
cnt++; //

if (dB >= 52 & flag == 0) // ako je signal
bucan, postavi zastavicu i resetiraj brojac
{
    flag = 1;
    cnt = 1;
    dBsum = dB;
}

if (cnt == 10 & flag == 0) // racunaj prosjek
za nekriticne signale
{
    flag = 0;
    dBavg = dBsum / cnt;
    Serial.println ("AVERAGE");
    Serial.println(dBavg);
    cnt = 0;
    dBsum = 0;

    if (dBavg < 52)
        palizelenu();
    else
        palicrvenu();
}

else if (cnt == 40 & flag == 1) // prosjek
za kriticne signale
{
    dBavg = dBsum / cnt;
    if (dBavg >= 52)
        palicrvenu();
    else
        palizelenu();
    flag = 0;
    cnt = 0;
    dBsum = 0;
}

Serial.println(String(dB,3) + "% dB: ");
ispis
}

```

## 5. Zaključak

Ovakav bi projekt bio sasvim primjenjiv, primjerice, u Fakultetskoj knjižnici, gdje unatoč pisanim upozorenjima vlada relativno velika buka. Takvim reduciranjem buke poboljšala bi se kvaliteta učenja studenata.

Projekt može biti unaprijeđen nekom od već spomenutih metoda za lokaciju izvora buke, ali i nekim drugim dodacima, primjerice LCD zaslonom koji ispisuje vrijednost razine buke. Nažalost, spajanje analognih ulaza koje je potrebno istovremeno i precizno iščitavati nadilazi mogućnosti korištenog Arduina Uno.

## 6. Literatura

- [1] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Zvuk>
- [2] <http://eecs.ucf.edu/seniordesign/fa2009sp2010/q13/files/ATD%20NewUpdate.pdf>
- [3] <http://infoteh.etf.unssa.rs.ba/zbornik/2011/radovi/A/A-12.pdf>
- [4] [http://docs.engineeringtoolbox.com/documents/938/background\\_noise\\_voice\\_level.png](http://docs.engineeringtoolbox.com/documents/938/background_noise_voice_level.png)
- [5] <http://circuitcellar.com/ee-tips/triangulation-trilateration-or-multilateration-ee-tip-125/>
- [6] <https://gis.stackexchange.com/questions/17344/differences-between-triangulation-and-trilateration>
- [7] <https://en.wikipedia.org/wiki/Arduino>
- [8] <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/MAX4465-MAX4469.pdf>
- [9] <https://forum.arduino.cc/>