

Domagoj Jurić, 0036464124;
Krešimir Klas, 0036471617;
Denis Malić, 0036472502;
Robert Tutić, 0036476816

SEMINARSKI RAD - SPVP



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

Sonar za slijepa



- Δ Svima zainteresiranima
- Δ Osnove programiranja
- Δ Arduino sustav i spajanje komponenti
- Δ Sonar, piezoelektrični senzori, signalizacija zvukom

7. June 2017

Sažetak

Sonar za slijepe omogućava slijepim osobama detekciju i izbjegavanje prepreke u razini glave pri normalnom hodu. Slijepim osobama osnovno pomagalo pri hodu je štap kojim nije praktično provjeravati prepreke iznad razine tla, dok za područje gornjeg tijela nema „standardne“ tehnologije zaštite. Temeljna ideja je omogućiti slijepim osobama detekciju prepreka u ovom području i to im na adekvatan način signalizirati. Prednost ovakvog sustava je naravno dodatna osobna zaštita, a mana je potreba za montiranjem samog sustava na osobu i potencijalna nepraktičnost. Ovakav sustav može se pokazati koristan slijepima i slabovidnima, dok svima drugima vjerojatno neće biti od pretežne koristi.

Sadržaj

1. UVOD.....	3
2. OPIS SUSTAVA.....	4
3. OSNOVNE KOMPONENTE SUSTAVA.....	6
3.1. Arduino Uno.....	6
3.2. Senzori.....	6
3.2.1. Sonar.....	6
3.2.2. Piezoelektrični senzori.....	7
4. REALIZACIJA SUSTAVA.....	8
4.1. Proračun brzine hoda.....	8
4.2. Signalizacija.....	10
5. ZAKLJUČAK.....	14
6. LITERATURA.....	15
7. POJMOVNIK.....	16

Ovaj seminarski rad je izrađen u okviru predmeta „Sustavi za praćenje i vođenje procesa“ na Zavodu za elektroničke sustave 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

Jedan od problema na koji nailaze slijepe osobe pri navigaciji u prostoru je nemogućnost, tj. manjak alata za detekciju i izbjegavanje prepreka koje se nalaze u razini gornjeg dijela tijela, odnosno glave. Pri hodu, slijepim osobama od pomoći je obično samo štap kojim detektiraju prepreke na tlu, no gornji dio tijela ostaje nezaštićen i podložan ozljedama.

Na tržištu postoje razne izvedbe sustava za pomoć slijepima u navigaciji i svakodnevnom životu, no situacija je često takva da se za proizvod traže nerealno visoke cijene ili je sustav signalizacije i upravljanja nepogodan za svakodnevnu jednostavnu upotrebu. Često su poteškoće pri rukovanju alatom posljedica inženjerovog nerazumijevanja potreba slijepih osoba, stoga smo pokušali razviti sustav kojim se jednostavno rukuje i koji koristi lako razumljivu signalizaciju, i naravno, po niskoj cijeni.

Sustav kao temeljnu senzorsku jedinicu za određivanje udaljenosti objekta koristi ultrazvučni senzor, tj. sonar, a tu je i par piezoelektričnih senzora koji se učvršćuju na potplate obuće i služe detekciji i proračunu brzine hoda koja je potrebna za određivanje minimalne udaljenosti kod koje treba krenuti signalizacija kako ne bi došlo do kolizije – veća brzina hoda znači da je potrebno ranije započeti signalizaciju kako bi se korisnik stigao zaustaviti.

Potpuna realizacija ovakvog sustava djelomično bi olakšala slijepim osobama navigaciju u prostoru i omogućila im manjak brige o ozljedama gornjeg dijela tijela pri normalnom hodu.

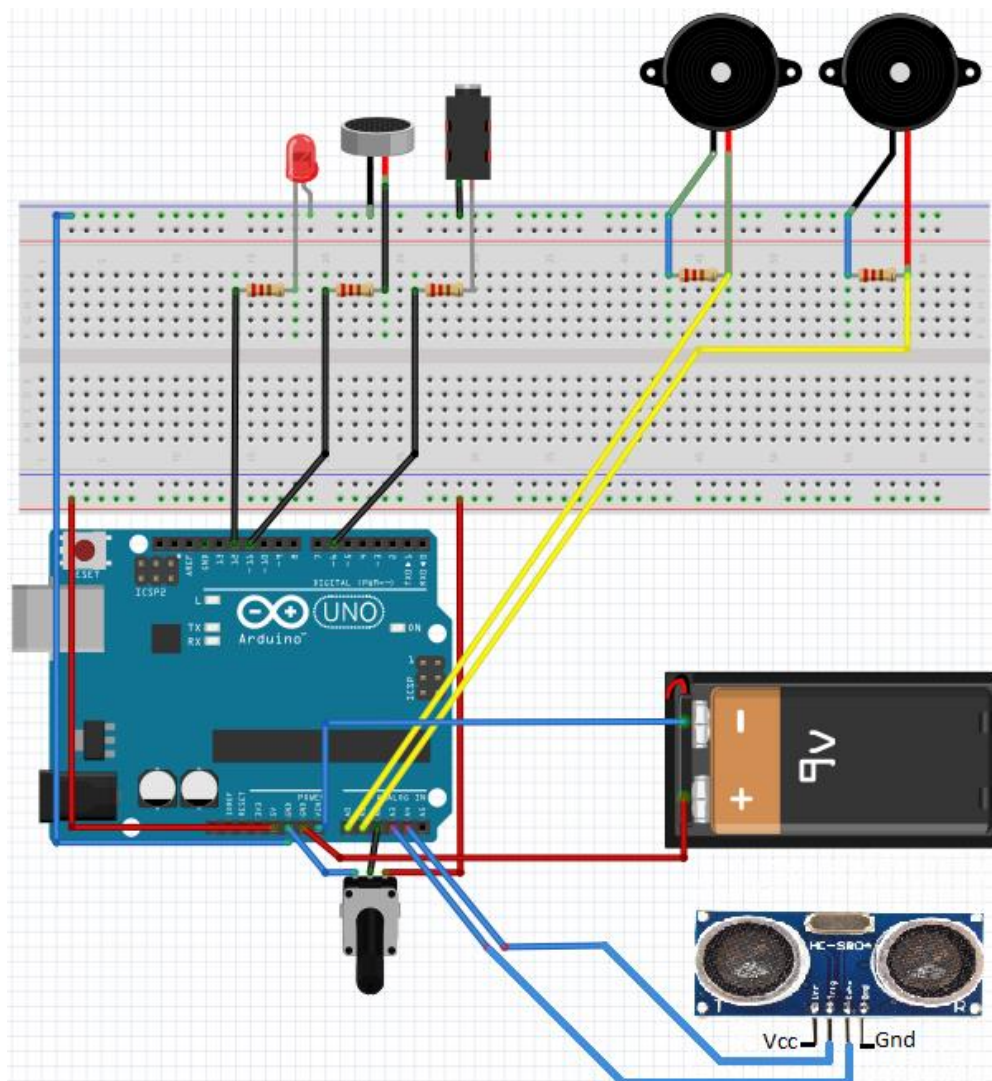
Nerješavanjem problema slijepim osobama ostaje koristiti konvencionalne metode navigacije ili tragati za sličnim rješenjima koja su u našim prostorima zapravo rijetka ili nedostupna.

2. Opis sustava

Sustav sonara sa slijepe obavlja tri glavne funkcije – prikupljanje informacija o brzini hoda, prikupljanje informacija o udaljenosti prepreke te pripadnu signalizaciju, ovisno i kombinaciji prethodne dvije funkcije.

Sustav se temelji na Arduino Uno platformi i sadrži sonar, dva piezoelektrična senzora, a za signalizaciju maleni zvučnik ili slušalice – na korisniku je da izabere koji način signalizacije želi koristiti, jednostavnim iskapčanjem ili ukapčanjem slušalica ili paljenjem/gašenjem zvučnika preko sklopke (sklopka nije prikazana na shemi).

Shematski prikaz spajanja sustava dan je na slici 1.



Slika 1 - shematski prikaz spajanja sustava

Osim ranije navedenih komponenti, na slici se nalaze i svjetleća dioda, korištena u svrhu nadzora sustava – slijepim osobama pri radu nije od koristi, ali je preko nje lakše nadzirati sustav – pri svakom okidanju piezoelektričnog senzora se mijenja stanje na diodi. Druga nespomenuta komponenta je potencijometar kojim se prilagođuje duljina koraka ovisno o korisniku.

3. Osnovne komponente sustava

Kao što je ranije rečeno, sustav se temelji na Arduino Uno mikrokontroleru, a podaci za obradu se prikupljaju sa dva piezoelektrična senzora i jednog sonara.

3.1. Arduino Uno

Arduino Uno je mikrokontroler koji se ovdje koristi kao centralna jedinica zadužena za prikupljanje i obradu podataka dobivenih sa senzora, kao i slanje signala za zvučnu signalizaciju korisniku. Na njega se spajaju piezoelektrični senzori, sonar, potencijometar, zvučnik s pripadnom sklopkom, utor za slušalice te svjetleća dioda. Elementi su spojeni preko odgovarajućih otpornika kako bi se izbjegla preopterećenja u slučaju izlazne jedinice (izlazna struja mikrokontrolera ograničena je na 20 mA), odnosno oštećenja mikrokontrolera u slučaju ulazne jedinice (piezo senzora).

3.2. Senzori

3.2.1. Sonar

Korišten je HC-SR04 ultrazvučni senzor čije službene specifikacije definiraju mogućnost detekcija udaljenosti od 2 cm do 4 m, a za napajanje mu je potrebno 5 V, 15 mA, što znači da ga je moguće napajati iz samog mikrokontrolera.

Potrebno je napomenuti da sama detekcija udaljenosti ovim sonarom nije pretjerano precizna – česta su odstupanja i do 30-ak cm.

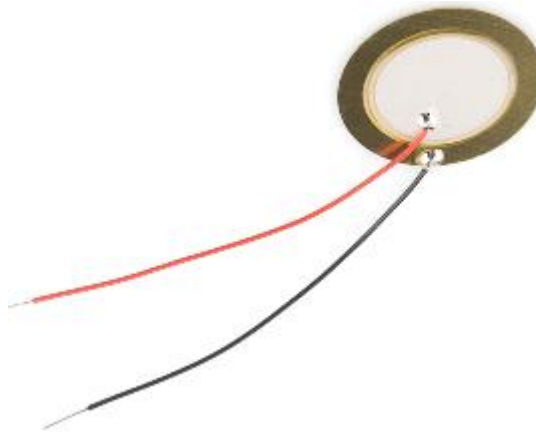


Slika 2 - HC-SR04 sonar

Sonar sadrži 4 priključka, dva za napajanje i po jedan za slanje i primanje ultrazvučnih impulsa.

3.2.2. Piezoelektrični senzori

Piezoelektrični senzor je naprava koja pretvara fizičko naprezanje u električni naboj. Korišteni su plosnati senzori bez kućišta radi jednostavnije montaže na obuću. Primjer ovakvog senzora dan je na slici 3. Pri spajanju je potrebno paziti na polaritet napona kojeg daje senzor pri pritisku. Također mu je potrebno u paralelu spojiti megaomski otpornik koji će služiti odvodu viška naboja.



Slika 3 - piezoelektrični senzor

Ovakvi senzori pokazuju se pogodnima za našu primjenu – prikupljanje informacija o brzini hoda, iako u pitanje dolazi njihova fizička izdržljivost pri dugotrajnom radu jer se nalaze na mjestu koje doživljava puno naprezanja.

4. Realizacija sustava

Piezoelektrični senzori montiraju se na potplate obuće, idealno na sam vrh (ispod prstiju) jer je tamo procijenjen najmanji stres osjetljivih piezo senzora, a ipak dovoljan za okidanje pri svakom koraku. Žice se od njih provlače do mikrokontrolera, koji se zajedno sa pločicom može staviti u džep, odakle se dalje provlače žice do ultrazvučnog senzora koji se učvršćuje za ovratnik. Ako se koriste slušalice, njih je potrebno također priključiti na odgovarajuće mjesto (3.5 mm utor). Ako se koristi zvučnik, potrebno ga je upaliti odgovarajućom sklopkom. Za napajanje se koristi 9 V baterija koja se prikapča direktno na Arduino. Ovisno o korisniku potrebno je podesiti potencijometar u svrhu točnijeg određivanja duljine koraka, odnosno brzine hoda i time adekvatnu signalizaciju. Postavljanje potencijometra u krajnji desni položaj – kratki koraci, krajnji lijevi – dugi koraci. Srednja duljina koraka uzeta je kao 71 cm, preko podataka dostupnih na [1]. U nastavku slijedi opis izvedenih funkcija za proračun brzine hoda i odgovarajuću signalizaciju.

4.1. Proračun brzine hoda

/Krešimir Klas/Program se sastoji od funkcije za inicijalizaciju sustava i glavne petlje koja se izvršava svakih 10 ms. Unutar funkcije za inicijalizaciju, inicijaliziraju se potrebni pinovi i strukture podataka. Zatim se počinje izvršavati glavna petlja. Zadaća glavne petlje je detekcija koraka, izračunavanje brzine kretanja korisnika, detekcija mogućih prepreka i zatim na temelju tih informacija upozoriti korisnika na moguću prepreku.

Kako bi se omogućilo jednostavnije prikupljanje informacija sa piezo senzora, implementirana je struktura "piezo" koja je definirana u datoteci "Sonar.h":

```
typedef struct _piezo_ {
    int pin;
    unsigned int dbLast;
} piezo;
```

U strukturi se pamti pin piezo senzora i podatak o vremenu zadnje detekcije potreban za debounce signala sa senzora. Ovakav objektno

orijentirani pristup olakšava inicijalizaciju i prikupljanje podataka s piezo senzora što dodatno dolazi do izražaja u slučaju potrebe proširenja koda. Nad tim strukturama za oba senzora se u glavnoj petlji poziva funkcija "detectStep":

```
void detectStep(piezo *p, void onStep()) {
    int val = analogRead(p->pin);
    unsigned int t = millis();
    if (val >= PIEZO_TRESH && (t - p->dbLast) > STEP_DEBOUNCE) {
        p->dbLast = t;
        onStep();
    }
}
```

Njena zadaća je da na temelju signala dobivenog iz piezo senzora i podatka o vremenu za debounce donese odluku o tome je li u trenutnoj iteraciji glavne petlje detektiran korak. Ako jest, tada se poziva funkcija „onStep“ koja će pozvati odgovarajuću funkciju („appendStep“) nad strukturom koja je zadužena za praćenje brzine kretanja korisnika. Ta struktura definirana je u datoteci „stepArr.h“:

```
typedef struct _steparr_ {
    unsigned long times[N_STEPS];
    int first;
    int length;
    int avgStepT;
    int lastStepT;
} steparr;
```

Ova struktura služi za izračunavanje prosječnog trajanja jednog koraka na temelju čega će se kasnije, uz podatak o duljini koraka korisnika koja se prilagođava pomoću potenciometra, izračunati brzina kretanja korisnika. Struktura pamti vremena posljednjih pet koraka te se kod dodavanja novog koraka u strukturu pozivom na funkciju „appendStep“, izračunava novo prosječno vrijeme koraka i taj podatak upisuje u polje „avgStepT“. Za pamćenje vremena posljednjih koraka koristi se „circular array“. Tako će se kod svakog novog upisa obrisati najstariji podatak i zamjeniti se novim. Ako struktura pak nije prikupila dovoljno podataka za izračunavanje prosječnog vremena koraka (tek je upisano manje od pet koraka), tada se za prosječno vrijeme postavlja 0. To će kod detekcije prepreka biti znak da korisnik još nije u punom hodu i korisnika se tada ne obavještava o detektiranim preprekama kako bi se izbjegla nepotrebna signalizacija kad, na primjer, korisnik stoji na mjestu.

Nakon izračunavanja prosječnog vremena koraka, u glavnoj petlji se na temelju podatka upisanog u tu strukturu osvježava brzina kretanja

korisnika. Tada se sa sonara prikuplja podatak o udaljenosti do prve prepreke. Za detektirane objekte koji su jako udaljeni od korisnika želi se preskočiti signalizacija jer oni, zbog toga što su još daleko od korisnika, ne predstavljaju prepreku. Za ocjenu objekata koji su preblizu i predstavljaju prepreku za korisnika koristi se sljedeća jednadžba:

```
safetyD = speed * (REFLEX_T + 2 * steps.lastStepT) / 1000;
```

Ona uzima u obzir to da će korisniku, nakon što se proizvede zvučni signal, trebati neko određeno vrijeme da odreagira i zaustavi se. Za reakciju je uzeto konzervativno trajanje refleksa od 400ms uz još dodatno vrijeme za dva koraka kako bi se korisnik mogao zaustaviti. Ako se neki objekt nalazi unutar udaljenosti izračunate gornjom jednadžbom, program radi signalizaciju zvučnim signalom. **/Krešimir Klas kraj/**

4.2. Signalizacija

/Denis Malić/ Signalizacija se vrši preko zvučnika i preko slušalica, programski odsječak se nalazi u nastavku, zatim njegovo objašnjenje. Korišteni zvučnik otpora od 8 ohma se spaja na Arduino preko otpora od 100 ohma. Detaljnije značajake zvučnika su: dimenzije: Ø28 x 4,9 mm, impedancija: 8 Ω (tolerancija ±15%), snaga: 500mW, max. snaga: 1W, rezonantna frekvencija: 400Hz (tolerancija ±20 Hz), jačina zvuka: 81 dB (tolerancija ±3 dB), radna temperatura: -10...40°C. Jačinom zvuka se upravlja upisivanjem broja iz intervala od 0 do 255 koji znače dio pune skale jačine zvuka. Zvučnik ima fiksne pragove razlike signaliziranja, neovisno o položaju potenciometra, tj. podešavanju duljine koraka (ili praktično inercije na proširenje dometa). U tu svrhu, korišteno je cjelobrojno dijeljenje gdje se rezultat uspoređuje sa pragovima određenim prema željenoj razlučivosti detekcije prepreke.

```
k = obstacle/20;

if (k<1) { //sve od [0, 20>cm
    analogWrite(SPEAKER_PIN, 70);
    delay(600);
    analogWrite(SPEAKER_PIN, 0);
    delay(30);}
else if(k==1){ //sve od [20,40>cm
    analogWrite(SPEAKER_PIN, 60);
    delay(50);
    analogWrite(SPEAKER_PIN, 0);
    delay(50);
```

```
    analogWrite(SPEAKER_PIN, 60);
        delay(50);
    analogWrite(SPEAKER_PIN, 0);
        delay(50);}

    else if(k==2){ //sve od [40,60>cm
    analogWrite(SPEAKER_PIN, 50);
        delay(50);
    analogWrite(SPEAKER_PIN, 0);
        delay(100);
    analogWrite(SPEAKER_PIN, 50);
        delay(50);
    analogWrite(SPEAKER_PIN, 0);
        delay(100);}

    else if(k==3){ //sve od [60,80>cm
    analogWrite(SPEAKER_PIN, 30);
        delay(40);
    analogWrite(SPEAKER_PIN, 0);
        delay(150);
    analogWrite(SPEAKER_PIN, 30);
        delay(40);
    analogWrite(SPEAKER_PIN, 0);
        delay(150);}

    else if (k==4){ //sve od [80,100>cm
    analogWrite(SPEAKER_PIN, 30);
        delay(30);
    analogWrite(SPEAKER_PIN, 0);
        delay(250);
    analogWrite(SPEAKER_PIN, 30);
        delay(30);
    analogWrite(SPEAKER_PIN, 0);
        delay(250);
        }
    else if(k<=15) //sve od [100,300>cm
    {analogWrite(SPEAKER_PIN, 20);
        delay(20);
    analogWrite(SPEAKER_PIN, 0);
        delay(600);}

    Serial.print("Udaljenost iznosi: ");
    Serial.print(obstacle);
    Serial.println("cm");
}
}

delay(10);
}
```

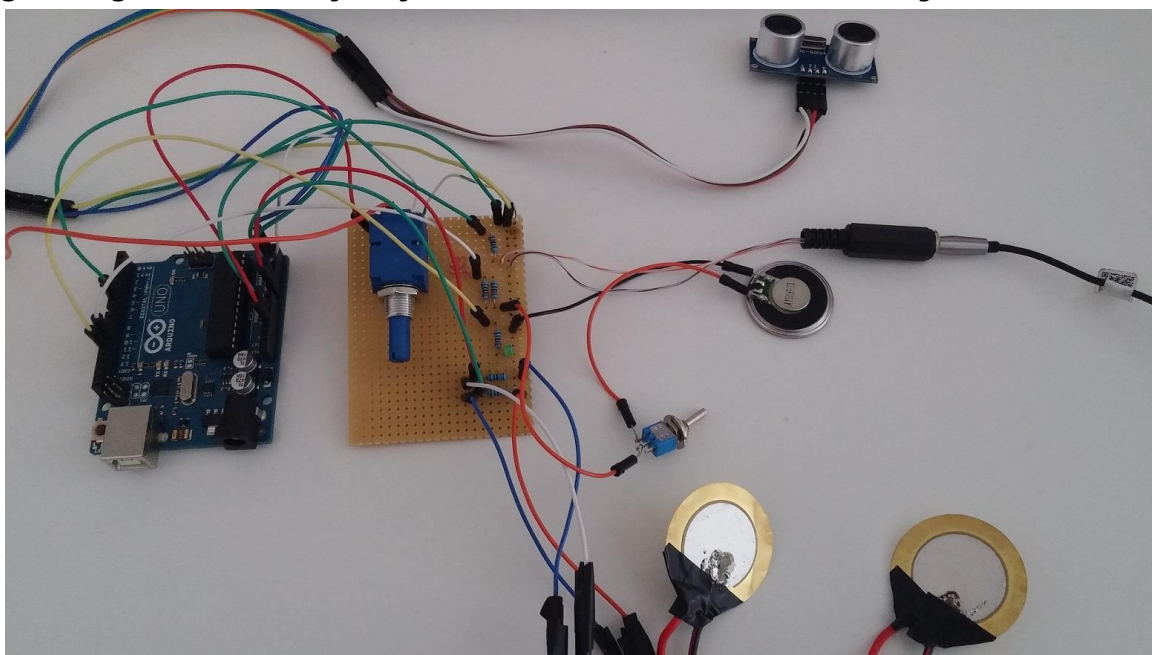
Nadalje, nakon spajanja zvučnika, bilo je potrebno spojiti piezo senzore. Oni su spojeni sa produljenim žicama, duljine 1.6m od piezo senzora do Arduina (žice imaju otpor 0.03 ohma), trebalo je isprobati da li sustav radi i kako radi. Priručno je isproban rad, uz podešavanje konstanti koje se nalaze u parameters.h. Ovisno o aplikaciji piezo sensorima treba podesiti granicu odluke (treshhold) i duljinu istitravanja (debouncing). Zato je granica odluke postavljena na iznos 100, a duljina istitravanja na 800, kao dio skale maksimalnog iznosa 1023. Ovo se u praksi pokazuje bitnim jer registrirana jačina udarca po piezo senzoru odlučuje kada je nešto korak, a kada to nije. Za lakšu kontrolu koda, uvid u odluku donesenu pri izvršavanju na Arduinu, spojena je zelena LED dioda preko otpornika od 220 ohma. Duljina istitravanja govori o tome koliko dugo traje korak. U istoj datoteci zaglavlja se mogu mijenjati i ostali parametri koji praktično mijenjaju način izvršavanja koda na pločici. Neki rezultati u ovoj fazi su: pri položaju potenciometra u krajnji desni položaj (najkraći korak), prepreka udaljena 1.4-1.7m ne ulazi u domet neovisno o frekvenciji lupkanja po piezo sensorima (brzini koračanja); pri potenciometru u krajnjem lijevom položaju, zvučnik se oglašio već nakon prvog udarca u piezo za prepreku udaljenu 1.4-1.7m; pri potenciometru u sredini, nakon 5 brzih koraka se oglašava zvučnik za istu prepreku. Nakon ove faze potrebno je sustav sa svim njegovim dijelovima učiniti upotrebljivim tako da se omogući korisniku lako postavljanje na tijelo i testiranje ili korištenje. Također, postoji prostor za daljnje poboljšanje sustava, npr. omogućavanjem spajanja slušalica. **/Denis Malić kraj/**

/Robert Tutić/3.5 milimetarski utor za slušalice spaja se na Arduino preko odgovarajućih otpornika, imajući u vidu da izlazni *pinovi* na mikrokontroleru maksimalno pružaju 20 mA. Obzirom da slušalice unose otpor od oko 30 do 70 Ω , a izlazni napon iznosi 5 V, jednostavnom računicom dobiva se minimalni iznos serijskog otpornika od 220 Ω . Međutim, ovakvim minimalnim otporom na izlazu slušalica dobiva se vrlo glasan zvuk, pa nije zgorega dodati još nekoliko stotina Ω serijskog otpora, što je i učinjeno u konačnoj verziji sustava. Kako bi se olakšala kontrola izbora signalizacije, tj. kako nije potrebno imati aktivna oba izvora signalizacije, dodana je sklopka kojom se može isključiti zvučnik. Programski dio signalizacije sa dodanom funkcionalnosti za slušalice građen je povrh signalizacije na zvučnik, pa će biti prikazan samo kratki odsječak:

```
if (k<1) { //sve od [0, 20>cm
    analogWrite(SPEAKER_PIN, 70);
    NewTone(HEADPHONE_PIN,1000);
    delay(600);
    analogWrite(SPEAKER_PIN, 0);
    noNewTone(HEADPHONE_PIN);
    delay(30);
}
```

Inače Arduino omogućava korištenje gotove funkcije tone() za generaciju zvuka, međutim kako su se za korištenje sonara koristile gotove funkcije koje koriste timer modul (isti koji je potreban za funkciju tone()) mikrokontrolera javlja se konflikt, pa je bilo potrebno uključiti alternativnu izvedbu funkcije, dostupnu na [2] pod nazivom NewTone kojoj se kao argumenti predaju redni broj pina te željena frekvencija.

Sustav je ovdje u teorijskom smislu gotov, potrebno ga je još bilo fizički prilagoditi kako bi se mogao postaviti na čovjeka. U tu svrhu cijeli sustav je preseljen na kompaktnu perforiranu pločicu kako bi mogao koliko-toliko stati u džep bez raspadanja te su prilagođene duljine žica. Slika gotovog sustava vidljiva je na slici 4. **/Robert Tutić kraj/**



Slika 4 - prikaz realiziranog sustava

5. Zaključak

Realiziran je funkcionalni sustav koji se može smatrati prototipom za daljnji razvoj. Sustav definitivno omogućava izbjegavanje prepreka koje se nalaze u području gornjeg dijela tijela, međutim sama fizička izvedba je pomalo nezgrapna, imajući u vidu da je sustav namijenjen slijepim osobama i rukovanje treba biti jednostavno. Slijepim osobama koje žele iskusiti u kojem smjeru je moguće dalje razvijati ovakav sustav ovo može biti od koristi, no za svakodnevnu upotrebu potreban je daljnji razvoj sustava.

Daljnji razvoj sustava poželjan je na manjem fizičkom otisku samog sustava – primjerice korištenjem bežične komunikacije između modula. Unaprjeđenja su moguća i u senzorskom području – za brzinu hoda korišteni su piezoelektrični senzori koji se nalaze na samim potplatama obuće i tako proživljavaju velika naprezanja, stoga postoji ideja korištenja npr. akcelerometra kojim bi se mjerile malene promjene u ubrzanju osobe koju ona dobiva pri svakom koraku, ili korištenjem GPS sustava. Korišteni sonar se pokazuje vrlo neprecizan, pa je za preciznije određivanje udaljenosti potrebna nabavka kvalitetnije jedinice. Također, unaprjeđenja su moguća (i potrebna) u sustavu signalizacije – zapravo je nepoželjno imati signalizaciju pištanjem jer se slijepim osobama ionako već dovoljno stvari signalizira na taj način (semafori) i teško je pratiti sve izvore takve signalizacije, a i nepogodno je stalno imati slušalice u uhu. Unaprjeđenje može biti u smislu korištenja slušalica koje se ne stavljaju direktno u uho nego u područje glave iznad uha preko kojeg se također mogu čuti zvukovi ili korištenja ne-zvučne signalizacije.

6. Literatura

- [1] Pachi, Aikaterini; Ji, Tianjian. Frequency and velocity of people walking, 2005. URL: [https://www.istructe.org/journal/volumes/volume-83-\(published-in-2005\)/issues/issue-3/articles/frequency-and-velocity-of-people-walking](https://www.istructe.org/journal/volumes/volume-83-(published-in-2005)/issues/issue-3/articles/frequency-and-velocity-of-people-walking) (2017-06-05)
- [2] Eckel, Tim. NewTone Library for Arduino, 2016. URL: <https://bitbucket.org/teckel12/arduino-new-tone/wiki/Home> (2017-06-05)

7. Pojmovnik

Pojam	Kratko objašnjenje	Više informacija potražite na
Arduino	Arduino razvojna platforma	http://www.arduino.cc/
Piezoelektricitet	Naboj koji se stvara uslijed mehaničkog naprezanja	https://en.wikipedia.org/wiki/Piezoelectricity
Sonar	Metoda korištenja zvuka u svrhu navigacije, detekcije objekata ili komunikacije	https://en.wikipedia.org/wiki/Sonar
Pin	Metalni konektor koji služi prijenosu signala/struje s jednog uređaja na drugi	https://en.wikipedia.org/wiki/Lead_(electronics)
Mikrokontroler	Maleno računalo na jednom integriranom krugu	https://en.wikipedia.org/wiki/Microcontroller
Akcelerometar	Naprava za mjerenje ubrzanja	https://en.wikipedia.org/wiki/Accelerometer
Timer	Sklop za mjerenje vremena	https://en.wikipedia.org/wiki/Timer#Electronic_timers
Potenciometar	Otpornik promjenjivog otpora	https://en.wikipedia.org/wiki/Potentiometer